



**Universidad
Católica de
Santa María**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Modelo de simulación para la optimización del proceso productivo en una
empresa productora de mermeladas**

Tesis presentada por:

Campos Rivera, Daniela Milagros

ORCID: 0009-0004-2968-8731

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Dr. Murillo Quispe, Efrain Rafael

ORCID: 0000-0002-7610-8443

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA INDUSTRIAL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 09 de Enero del 2026

Dictamen: 012177-C-EPH-2026

Visto el borrador del expediente 012177, presentado por:

2019176192 - CAMPOS RIVERA DANIELA MILAGROS

Titulado:

**MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA
EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADAS**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

**40697050 - NIETO PEÑA VANESSA GLADYS
DICTAMINADOR**



**29653773 - CARRASCO BOCANGEL JULIO CESAR
DICTAMINADOR**



**29648840 - CHURA QUISPE FRANZ
DICTAMINADOR**



Modelo de simulación para la optimización del proceso productivo en una empresa productora de mermeladas

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

[idoc.pub](#)

Fuente de Internet

1%

2

[Submitted to Universidad Católica San Pablo](#)

Trabajo del estudiante

1%

3

[Submitted to Universidad Católica de Santa María](#)

Trabajo del estudiante

1%

4

[repositorioacademico.upc.edu.pe](#)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

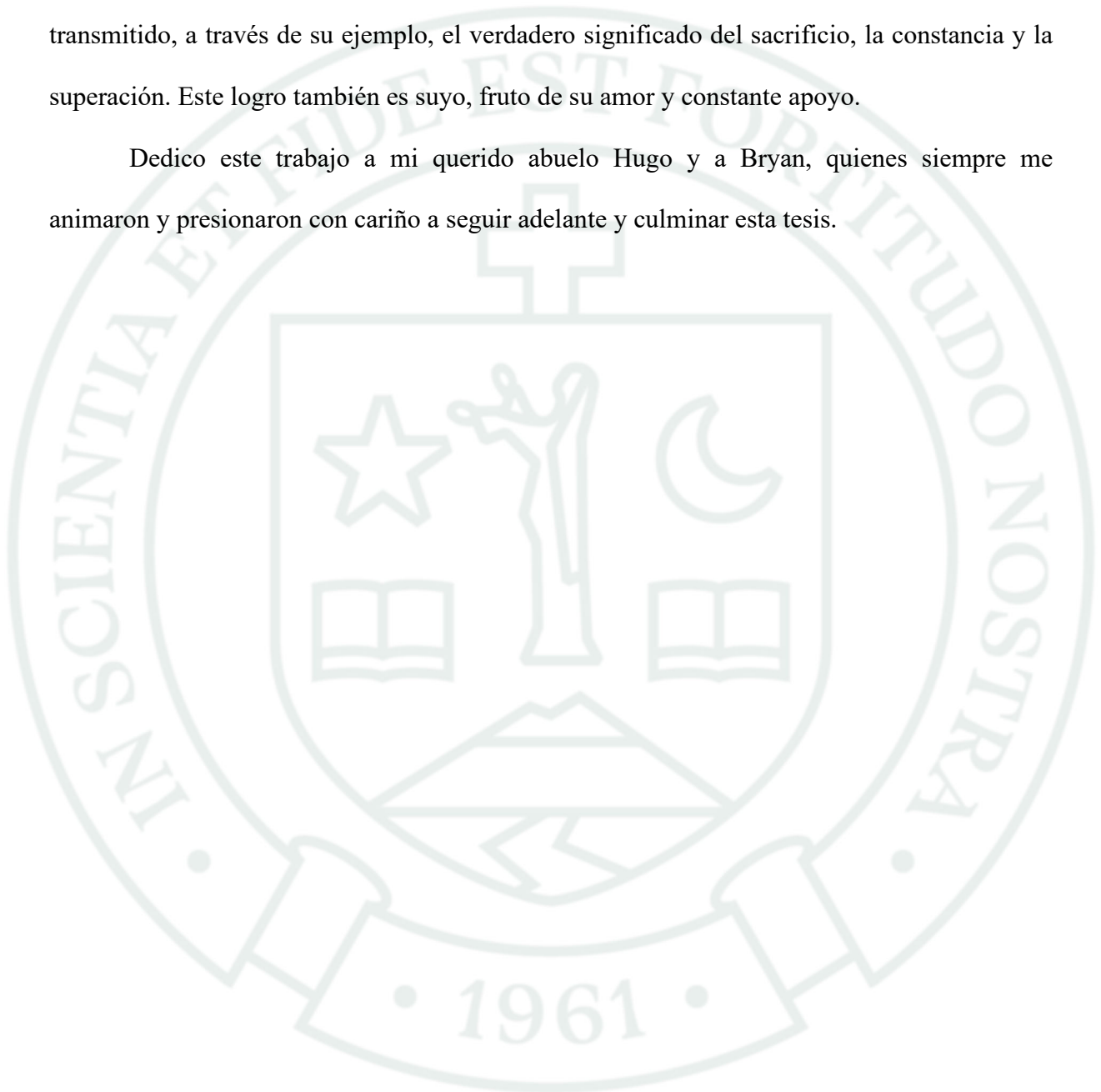
Apagado

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado fortaleza en los momentos de incertidumbre y guiarme con sabiduría y amor hasta la culminación de esta meta.

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi apoyo constante y me han transmitido, a través de su ejemplo, el verdadero significado del sacrificio, la constancia y la superación. Este logro también es suyo, fruto de su amor y constante apoyo.

Dedico este trabajo a mi querido abuelo Hugo y a Bryan, quienes siempre me animaron y presionaron con cariño a seguir adelante y culminar esta tesis.

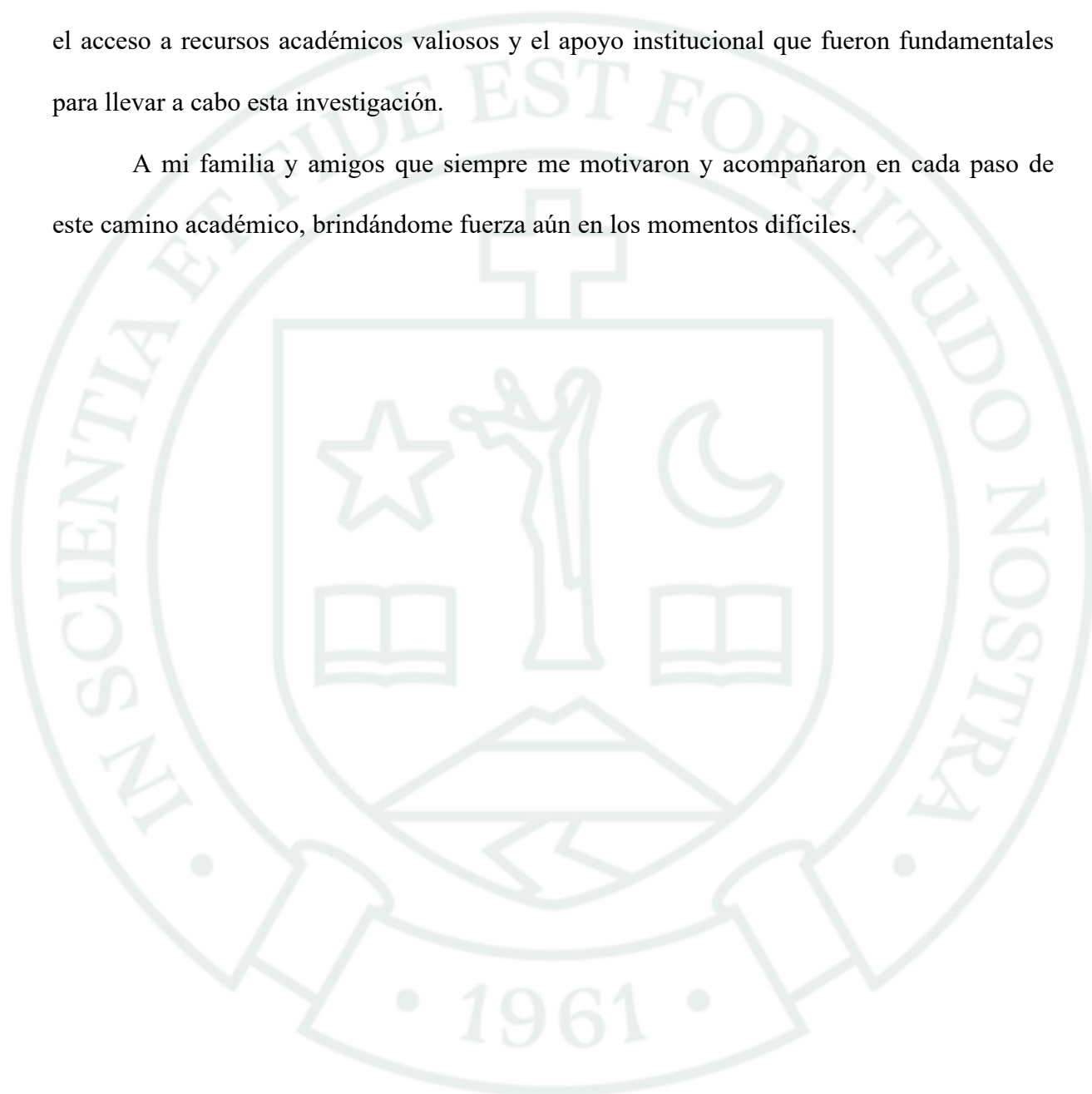


AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud y agradecimiento al Dr. Efraín Murillo Quispe por su asesoría y su soporte para la ejecución del presente estudio.

Agradezco a la Universidad, por brindarme un ambiente propicio para el aprendizaje, el acceso a recursos académicos valiosos y el apoyo institucional que fueron fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

A mi familia y amigos que siempre me motivaron y acompañaron en cada paso de este camino académico, brindándome fuerza aún en los momentos difíciles.



RESUMEN

La presente investigación tuvo como fin desarrollar un modelo de simulación para la optimización del proceso productivo en una empresa productora de mermeladas, con el fin de identificar cuellos de botella, evaluar alternativas de mejora y determinar su impacto operativo y económico. Para ello, se aplicó una metodología, de alcance descriptivo y explicativo y de diseño no experimental.

El diagnóstico inicial permitió observar limitaciones en el sistema productivo, destacando tiempos de espera elevados como 450.07 minutos en pasteurizado, 184.00 minutos en llenado y sellado, y 124.70 minutos en etiquetado, además de un bajo nivel de atención al cliente con 46 clientes atendidos, 90 clientes perdidos, 64 cajas enviadas, 5 lotes reprocesados y 4 bolsas a reetiquetar. Tras la implementación simulada de las mejoras tales como ciclo PHVA, SMED y Kanban, los resultados mostraron incrementos en la eficiencia del sistema. Con la metodología PHVA, los clientes atendidos aumentaron a 56; con SMED, a 56; y con Kanban, a 54. En cuanto a las tres mejoras en su conjunto, se observó que se logrará atender a 99 clientes, reduciendo a 33 clientes los no atendidos.

La evaluación económica demostró la viabilidad del proyecto al obtener un VAN de S/.233,037.85, una TIR del 57%, un B/C de 2.67 y un periodo de recuperación de 1.94 años, confirmando que las mejoras propuestas no solo optimizan el desempeño operativo, sino que generan un beneficio económico sostenible para la empresa.

Palabras clave: Simulación, mejora continua, mermelada.

ABSTRACT

The overall objective of this research was to develop a simulation model to optimize the production process in a jam manufacturing company, in order to identify bottlenecks, evaluate improvement alternatives, and determine their operational and economic impact. A descriptive and explanatory methodology with a non-experimental design was applied.

The initial diagnosis revealed limitations in the production system, highlighting long waiting times, such as 450.07 minutes for pasteurization, 184.00 minutes for filling and sealing, and 124.70 minutes for labeling. In addition, a low level of customer service was observed: 46 customers served, 90 lost customers, 64 boxes shipped, 5 batches reprocessed, and 4 bags requiring relabeling. After the simulated implementation of improvements such as the PDCA cycle, SMED, and Kanban, the results showed an increase in system efficiency. Using the PDCA methodology, the number of customers served increased to 56. With SMED, it also increased to 56, and with Kanban, to 54. Considering the three improvements combined, it was observed that 99 customers would be served, reducing the number of unserved customers to 33.

The economic evaluation demonstrated the project's viability, with a net present value (NPV) of S/.233,037.85, an internal rate of return (IRR) of 57%, a C/B ratio of 2.67, and a payback period of 1.94 years. This confirms that the proposed improvements not only optimize operational performance but also generate a sustainable economic benefit for the company.

Keywords: Simulation, continuous improvement, jam.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO..... 3

1.1.Enunciado del problema..... 3

1.2.Descripción del problema..... 3

1.3.Formulación del problema 5

1.3.1.Problema General 5

1.3.2.Problemas específicos..... 5

1.4. Objetivos de la investigación..... 6

1.4.1.Objetivo general 6

1.4.2.Objetivos específicos..... 6

1.5. Justificación de la investigación 6

1.5.1.Justificación Práctica 6

1.6. Delimitación 8

1.6.1.Delimitación conceptual 8

1.6.2.Delimitación espacial 8

1.6.3.Delimitación temporal	8
1.7.Hipótesis.....	9
1.8.Variables.....	9
1.9.Metodología de la investigación	10
1.9.1Método de investigación.....	10
1.9.2.Alcance de investigación.....	11
1.9.3.Diseño de investigación.....	11
1.10.Técnicas e instrumentos	11
1.10.1.Técnicas.....	11
1.10.2.Instrumentos	12
1.11.Técnicas de procesamiento y análisis de Datos	12
CAPÍTULO II.....	16
2.MARCO TEÓRICO.....	16
2.1.Antecedentes de la investigación	16
2.1.1.Antecedentes Internacionales	16
2.1.2.Antecedentes Nacionales.....	18
2.1.3.Antecedentes Locales	21
2.2.Bases teóricas	22
2.2.1.Conceptos base sobre sistemas y simulación	22
2.2.2.Herramientas de Simulación Arena.....	39
2.2.3.Conceptos básicos sobre sistemas productivos e inventarios.....	46

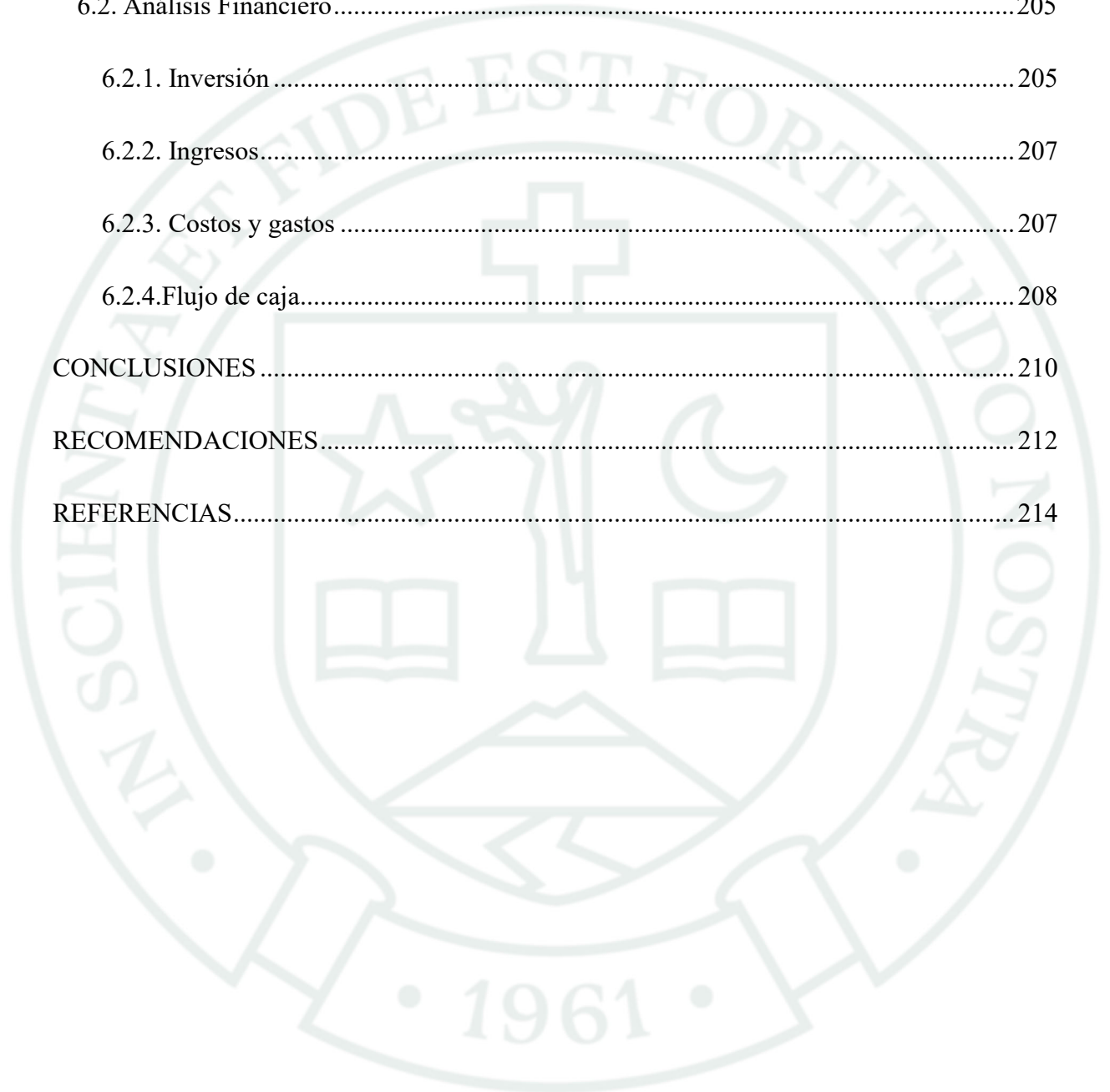
2.2.4. Métodos y análisis de resultados	53
2.2.5. Métodos estadísticos.....	54
CAPÍTULO III.....	58
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	58
3.1. Presentación de la empresa	58
3.1.1. Generalidades	58
3.1.2. Misión y Visión	58
3.1.2. Organigrama de la Empresa	58
3.1.3. Trabajadores Actuales	59
3.1.4. Principales Productos Ofertados por la Empresa	60
3.1.5. Servicios prestados por la empresa.....	61
3.2. Inventario Actual de la Empresa	62
3.2.1. Materia prima	62
3.3. Productos terminados	63
3.4. Maquinaria y Equipos	65
3.4.1. Maquinaria.....	65
3.4.2. Utensilios y enseres	72
3.5. Distribución de Planta Actual	75
3.5.1. Áreas de la Planta de Producción	75
3.5.2. Layout de la Empresa	78
3.5.3. Vista 3D de la planta de producción.....	80

3.6. Proceso Productivo de “Mermeladas de Papaya Arequipeña”.....	81
3.6.1.Descripción General del Proceso Productivo Actual	81
3.6.2.Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)	86
3.6.3.Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)	88
3.6.4.Diagrama de Análisis del Proceso Detallado	91
3.6.5.Diagrama de recorrido	95
3.7. Sistema de Inventarios y Almacén de Productos Terminados.....	96
3.7.1.Política de Control de Inventarios	96
3.7.2.Descripción del Proceso de Atención de Pedidos	97
3.7.3. Diagrama BPMN del proceso atención de pedidos.....	99
3.7.4. Flujograma del proceso productivo y de gestión de inventarios	100
3.8. Mapa de Procesos	101
3.9. Análisis FODA	102
3.9.1.Análisis PESTEL.....	102
3.9.2.Matriz EFE	104
3.9.3.Análisis AMOFHIT.....	106
3.9.4.Matriz EFI.....	108
3.9.5.FODA	109
3.10. Diagrama de Ishikawa	111
CAPÍTULO IV.....	115
4. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	115

4.1. Justificación de la selección del Software Arena	115
4.2. Variables exógenas del sistema	117
4.3. Plan de Recopilación de la Información.....	118
4.3.1.Cantidad de datos que recolectar	118
4.3.2.Fuentes de Información	120
4.3.3.Herramientas utilizadas para la toma de datos	121
4.4. Análisis de Datos de Entrada.....	122
4.4.1.Análisis de distribución de tiempos.....	123
4.4.2.Porcentajes y Probabilidades	131
4.4.3.Entidades	132
4.4.4.Recursos.....	133
4.3.5.Variables Endógenas	135
4.3.6. Supuestos.....	139
4.5. Modelo de Simulación.....	142
4.6. Cálculo del Número de Réplicas	148
4.6.1.Análisis 10 Réplicas	148
4.6.2.Análisis 75 Réplicas	149
4.6.3.Análisis 145 Réplicas	150
4.7. Prueba de Hipótesis.....	153
4.7.1.Prueba de Hipótesis para el Indicador R1	155
4.7.2.Prueba de Hipótesis para el Indicador R2	156

4.7.3. Conclusión de validación del modelo de simulación	157
4.8. Regla de decisión en relación a los intervalos de confianza.....	157
4.9. Análisis de resultados	159
4.10. Principales problemas identificados	164
CAPÍTULO V	168
5. Propuesta de mejora.....	168
5.1. Optimización del flujo productivo mediante el ciclo PHVA.....	169
5.1.1. Planear	169
5.1.2. Hacer.....	171
5.1.3. Verificar.....	178
5.1.4. Actuar	179
5.1.5. Simulación de Propuesta 1	180
5.2. Aplicación de SMED.....	183
5.2.1. Consideraciones preliminares para uso de SMED	185
5.2.2. Aplicación de SMED para pasteurizado.....	186
5.2.3. Aplicación de SMED para cocción	189
5.2.4. Simulación de Propuesta 2	191
5.3. Aplicación de la metodología Kanban.....	193
5.3.1. Simulación de Propuesta 3	196
5.4. Análisis de mejoras en conjunto.....	199
5.5. Plan de Capacitación.....	201

CAPÍTULO VI.....	203
6.ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	203
6.1. Análisis técnico de indicadores.....	203
6.2. Análisis Financiero.....	205
6.2.1. Inversión.....	205
6.2.2. Ingresos.....	207
6.2.3. Costos y gastos.....	207
6.2.4. Flujo de caja.....	208
CONCLUSIONES.....	210
RECOMENDACIONES.....	212
REFERENCIAS.....	214

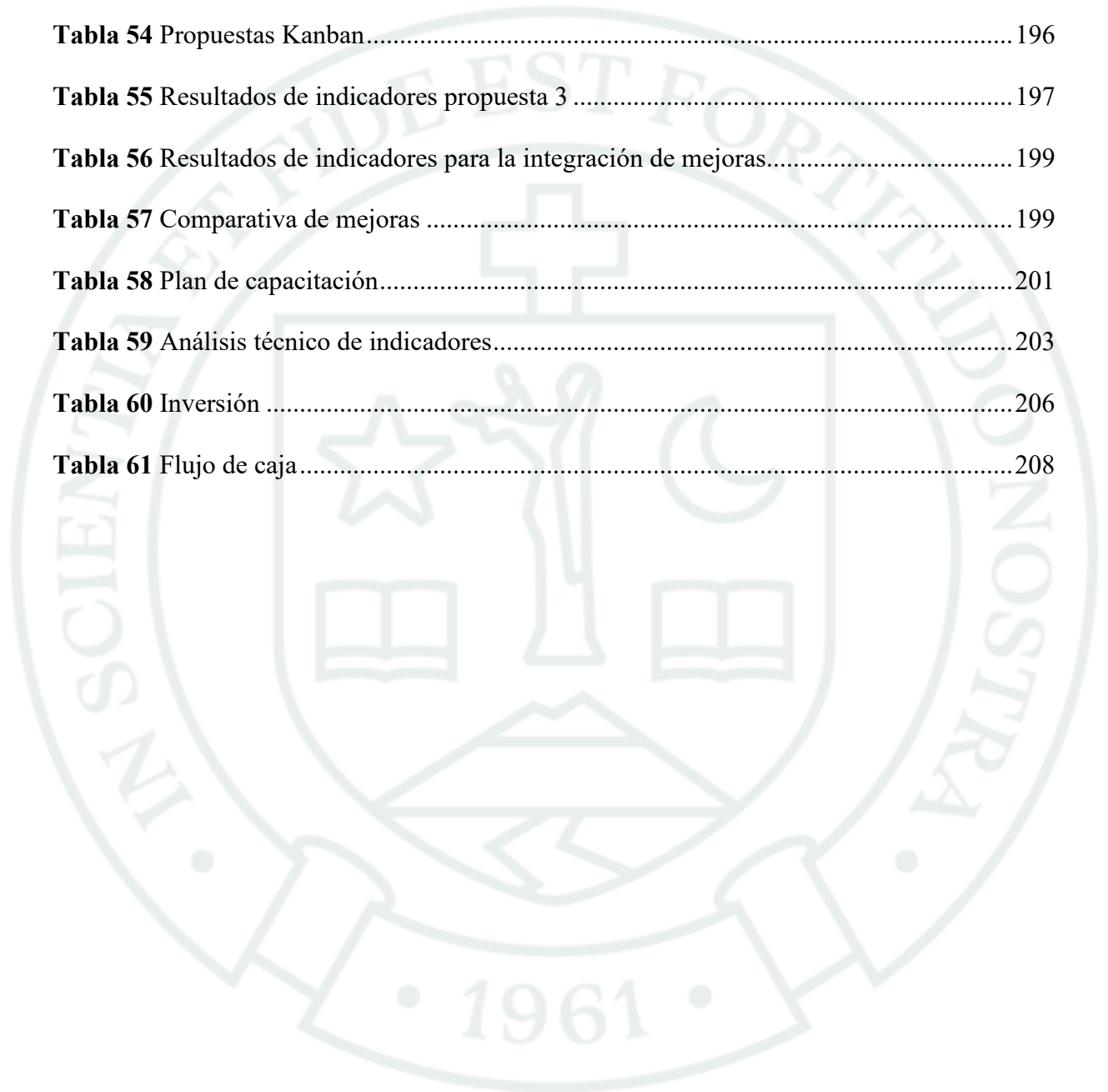


ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	9
Tabla 2	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	13
Tabla 3	Clasificación de modelos	28
Tabla 4	Tipos de simulación según su naturaleza	34
Tabla 5	Módulos lógicos básicos del software Arena.....	41
Tabla 6	Módulo de datos básicos software Arena	42
Tabla 7	Módulos lógicos avanzados del software Arena.....	43
Tabla 8	Modulo de datos avanzado del software Arena	45
Tabla 9	Tipo de inventarios	49
Tabla 10	Trabajadores actuales.....	59
Tabla 11	Listado de productos y precios	60
Tabla 12	Materia prima - Empresa	62
Tabla 13	Producto terminado -Mermelada	64
Tabla 14	Ficha técnica paila de cocción	65
Tabla 15	Ficha técnica de pulpeadora.....	66
Tabla 16	Ficha técnica de balanza de recepción	67
Tabla 17	Ficha técnica de balanza de envasado.....	68
Tabla 18	Ficha técnica de selladora	69
Tabla 19	Ficha técnica codificador fechador eléctrico	70
Tabla 20	Ficha técnica de autoclave	71
Tabla 21	Ficha técnica balanza mecánica de dos platos	72
Tabla 22	Análisis PESTEL	102
Tabla 23	MEFE.....	104
Tabla 24	Análisis AMOFHIT	106

Tabla 25 Matriz EFI.....	108
Tabla 26 Matriz FODA	110
Tabla 27 Matriz comparativa de selección del software de simulación	116
Tabla 28 Herramientas utilizadas para la toma de datos.....	121
Tabla 29 Muestra piloto de 30 datos variable Y1	123
Tabla 30 Cálculo de tamaño de muestra variable Y1	124
Tabla 31 Muestra tomada variable Y1	125
Tabla 32 Distribución de probabilidad variable Y1.....	127
Tabla 33 Prueba de bondad de ajuste / Chi cuadrado variable Y1	128
Tabla 34 Prueba de bondad de ajuste / K-S variable Y1	128
Tabla 35 Pruebas estadísticas.....	128
Tabla 36 Distribuciones para las Variables Exógenas	129
Tabla 37 Porcentajes para las variables exógenas tipo “Z”	132
Tabla 38 Recursos Humanos.....	133
Tabla 39 Recursos Inanimados	134
Tabla 40 Intervalos de confianza	158
Tabla 41 Tiempo en cola.....	160
Tabla 42 Indicadores actuales	163
Tabla 43 Planear.....	170
Tabla 44 Detalle de compra de autoclave	172
Tabla 45 SIPOC para etiquetado.....	175
Tabla 46 Tablero de indicadores.....	177
Tabla 47 Resultados de indicadores propuesta 1	181
Tabla 48 Resumen de tiempos de espera en procesos críticos.....	186
Tabla 49 Tiempos de preparación actual de autoclave	187

Tabla 50 Propuestas SMED para autoclave.....	187
Tabla 51 Tiempos de preparación actual de cocción.....	189
Tabla 52 Propuestas SMED para cocción.....	190
Tabla 53 Resultados de indicadores propuesta 2.....	192
Tabla 54 Propuestas Kanban.....	196
Tabla 55 Resultados de indicadores propuesta 3.....	197
Tabla 56 Resultados de indicadores para la integración de mejoras.....	199
Tabla 57 Comparativa de mejoras.....	199
Tabla 58 Plan de capacitación.....	201
Tabla 59 Análisis técnico de indicadores.....	203
Tabla 60 Inversión.....	206
Tabla 61 Flujo de caja.....	208



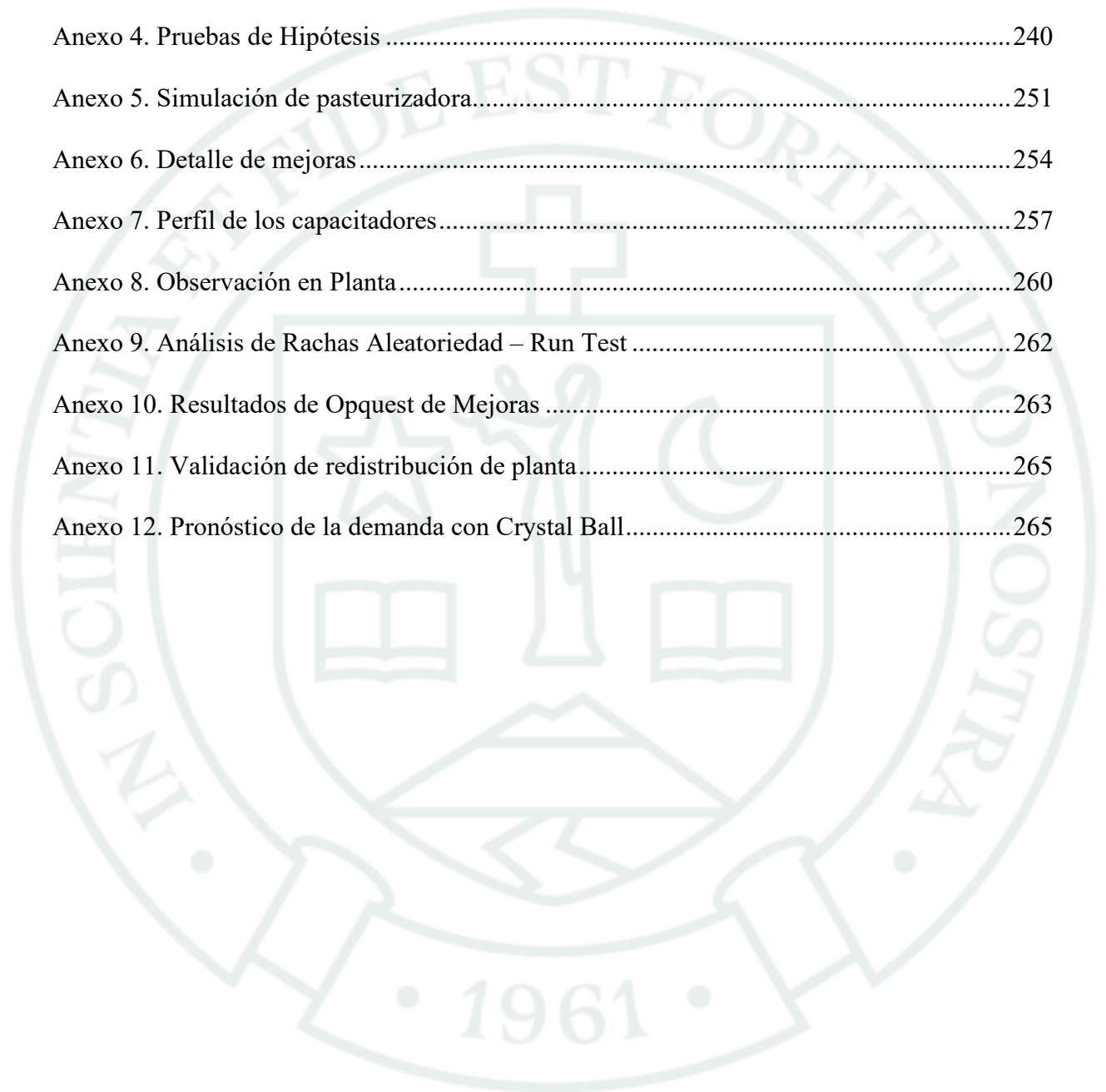
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos de un Sistema.....	23
Figura 2 Ejemplo de elementos de un sistema de producto.....	26
Figura 3 Sistema Mixto.....	27
Figura 4 Maneras de estudiar un modelo.....	28
Figura 5 Etapas de estudio de simulación.....	33
Figura 6 Simulación de eventos discretos.....	36
Figura 7 Sistema de administración de operaciones.....	46
Figura 8 Sistemas de producción y proceso de producción.....	47
Figura 9 Inventarios en la cadena de suministro.....	49
Figura 10 Modelo $\langle Q,r \rangle$ Caso venta pendiente.....	51
Figura 11 Organigrama de la Empresa	59
Figura 12 Características y usos del producto seleccionado Papaya Arequipeña	61
Figura 13 Vista 3D de la planta de producción	80
Figura 14 Diagrama de recorrido del proceso	95
Figura 15 Diagrama BPMN del Proceso	99
Figura 16 Flujograma del Proceso Productivo y Gestión de Inventarios	100
Figura 17 Mapa de procesos	101
Figura 18 Diagrama de Ishikawa.....	112
Figura 19 Flujograma del diseño del modelo de simulación.....	115
Figura 20 Distribución de probabilidad variable Y1	126
Figura 21 Error cuadrático variable Y1	127
Figura 22 Fit all - variable 1	127
Figura 23 Create para llegada de frutas	142
Figura 24 Decide para reprocesos de lote de mermelada	143

Figura 25 Process para descarga y selección de MP	143
Figura 26 Batch para lavado	144
Figura 27 Separate para lavado.....	144
Figura 28 Dispose final.....	145
Figura 29 Modelo de Simulación.....	146
Figura 30 Animación del Proceso Productivo	147
Figura 31 Análisis con 10 réplicas.....	149
Figura 32 Análisis con 75 réplicas.....	149
Figura 33 Análisis con 145 réplicas.....	150
Figura 34 Resultados de los Indicadores para 10 Réplicas.....	151
Figura 35 Resultados de los Indicadores para 75 Réplicas.....	152
Figura 36 Resultados de los Indicadores para 145 Réplicas.....	153
Figura 37 Resultados para el Indicador R1	155
Figura 38 Resultados para el Indicador R2.....	156
Figura 39 Intervalos de confianza para cantidad bolsas a reetiquetar	159
Figura 40 Configuraciones para propuesta 1	181
Figura 41 Configuraciones para propuesta 2	191
Figura 42 Configuraciones para propuesta 3	197

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de Tiempos.....	223
Anexo 2. Resultados del Input Analyzer	225
Anexo 3. Buenas prácticas de manufactura para etiquetado.....	237
Anexo 4. Pruebas de Hipótesis	240
Anexo 5. Simulación de pasteurizadora.....	251
Anexo 6. Detalle de mejoras.....	254
Anexo 7. Perfil de los capacitadores.....	257
Anexo 8. Observación en Planta.....	260
Anexo 9. Análisis de Rachas Aleatoriedad – Run Test	262
Anexo 10. Resultados de Opquest de Mejoras	263
Anexo 11. Validación de redistribución de planta.....	265
Anexo 12. Pronóstico de la demanda con Crystal Ball.....	265



INTRODUCCIÓN

Este estudio busca desarrollar un modelo de simulación que permita optimizar el proceso de producción de una empresa dedicada a la fabricación de mermeladas, considerando los problemas de cuellos de botella, demoras excesivas y disminución de clientes por limitaciones en etapas como pasteurizado, cocción, etiquetado y sellado. Por su parte, el uso de la simulación permite reproducir el comportamiento del sistema actual, identificar sus principales ineficiencias y evaluar escenarios de mejora sin interrumpir la operación real. A través de metodologías de ingeniería industrial como PHVA, SMED y Kanban, se plantearon propuestas orientadas a reducir los tiempos improductivos, mejorar el flujo de producción y aumentar la capacidad de atención de la demanda. Los resultados obtenidos demuestran incrementos significativos en productividad, reducción de reprocesos y mejoras económicas que evidencian la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

El Capítulo I desarrolla el planteamiento teórico, describiendo el problema, los objetivos, la justificación y la metodología de investigación. El Capítulo II presenta el marco teórico, que incluye antecedentes y conceptos esenciales sobre simulación, sistemas productivos e inventarios. El Capítulo III detalla el sistema actual de la empresa, su proceso productivo, maquinaria, distribución de planta y el diagnóstico de sus principales limitaciones. El Capítulo IV expone el diseño del modelo de simulación, el análisis estadístico de los datos y la validación del modelo mediante Arena. El Capítulo V presenta las propuestas de mejora referente a PHVA, SMED y Kanban, su aplicación al proceso productivo y los resultados obtenidos mediante simulación. Finalmente, el Capítulo VI desarrolla el análisis técnico y económico, demostrando que las mejoras incrementan la eficiencia del sistema y generan beneficios económicos que justifican la inversión.



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Enunciado del problema

La empresa objeto de estudio es una empresa productora de mermeladas, en la que se han detectado diversos problemas en el proceso productivo, entre ellos cuellos de botella, altos costos derivados de reprocesos y desperdicios, así como una demanda insatisfecha y costos de oportunidad ocasionados por la falta de productos para atender pedidos de los clientes, lo cual afecta directamente la capacidad de producción, además de impactar negativamente en la satisfacción del consumidor y su compromiso con la empresa.

1.2. Descripción del problema

Se ha considerado conveniente analizar el proceso productivo actual de la empresa productora de mermeladas, en donde se presentan algunos cuellos de botella debido a diversas razones como los tiempos ociosos, tiempos de espera prolongados asociados a las operaciones propias del proceso como la cocción y enfriamiento del producto, estimándose de manera preliminar tiempos de espera que podrían superar las 6 horas en etapas críticas como el pasteurizado y aproximarse a 2 horas en procesos como llenado y etiquetado, así como limitaciones en cuanto a la capacidad de producción que siempre se evidencian en cualquier empresa (maquinaria, equipos y personal), lo que evidenciaría una capacidad de atención cercana a 50 pedidos frente a una demanda no atendida que podría aproximarse a 90 pedidos en determinados periodos.

Adicionalmente en el proceso productivo expuesto, en la etapa de “Cocción”, se han encontrado desechos de lotes que no cumplen con los estándares de calidad, observándose preliminarmente la generación de entre 4 a 5 lotes defectuosos en ciertos periodos, lo cual impacta en la eficiencia del sistema.

Se considera que la etapa de “Cocción” es una de las que más importancia tiene sobre la calidad final de la mermelada ya que una cocción controlada y de corta duración favorece la conservación del color natural de la fruta, mientras que una cocción excesiva origina el oscurecimiento de la mermelada debido a la transformación térmica de los azúcares.

Asimismo, existe la necesidad de reproceso cuando en la “Estandarización” de la mermelada (en donde se regula el dulzor, acidez y se adicionan los conservantes y estabilizantes) se detectan también inconsistencias con los parámetros previamente fijados para el producto terminado, lo que podría representar alrededor del 10% de las operaciones en dicha etapa, generando retrabajos que afectan la continuidad del flujo productivo.

Adicionalmente en el proceso productivo, se tiene un control de calidad del producto terminado en donde se evalúa que el proceso de “Enfriado” haya sido realizado de manera correcta ya que mediante este se asegura la pasteurización y sellado al vacío, ambos factores son muy importantes para asegurar la conservación e inocuidad del producto; por lo que también se necesita de un reproceso cuando se encuentran fallas en la inspección detectando que este no ha sido llevado a cabo de la manera correcta, identificándose preliminarmente hasta 3 a 4 unidades que requieren ajustes como reetiquetado.

Agregado a todo lo anteriormente expuesto, también se ha visto por conveniente analizar los niveles de inventario ya que esta influye en los niveles de producción, costos de oportunidad y de almacenamiento. Actualmente se tiene que se detiene el proceso productivo en la planta cuando se alcanza un nivel de stock de productos terminados igual a “R” y se reinicia de nuevo cuando después de atender los pedidos de diversos clientes se llega a un nivel “r”, pudiendo haber momentos en los que no se tiene stock del producto terminado requerido por el cliente, lo que le lleva a la empresa a incurrir en un costo por no poder atender la cantidad demandada, reflejándose en una demanda insatisfecha que podría situarse alrededor del 55% en determinados periodos.

Asociado a la problemática identificada en cuanto al control de inventarios, se ha identificado que no siempre existe un encuadre entre el inventario físico de la empresa y lo ingresado en el sistema, este desajuste contribuye en los problemas de planificación, exceso o escasez de inventarios (derivando a la pérdida de ventas) y también en la generación de errores en los informes y análisis importantes para la toma de decisiones informadas y la evaluación del rendimiento empresarial.

La organización analizada ha conseguido que sus procesos y políticas sean eficientes más no efectivos, lo cual se evidenciaría en los elevados tiempos de espera, la presencia de reprocesos y una limitada capacidad de respuesta frente a la demanda existente. Con ello, se pretende apoyar a los procesos decisorios que permitan enfrentar y resolver las diversas dificultades presentes en el área de producción y en el almacén de productos terminados.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cómo optimizar el proceso productivo en la empresa productora de mermeladas utilizando un modelo de simulación?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se puede analizar el proceso productivo de mermeladas mediante un diagnóstico realizado a través del desarrollo de la simulación del sistema actual utilizando el software Arena?
- ¿Qué escenarios de mejora pueden proponerse para disminuir los cuellos de botella y los costos asociados a reprocesos, desechos y costos de oportunidad en la atención de pedidos de los clientes por faltantes?
- ¿Cómo evaluar la aplicación del modelo de simulación y las propuestas de mejora planteadas en el proceso productivo de mermeladas?

1.4.Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo de simulación para la optimización del proceso productivo en una empresa productora de mermeladas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el proceso productivo de mermeladas mediante un diagnóstico a través del desarrollo de la simulación del sistema actual mediante el software Arena.
- Proponer escenarios de mejora diferentes que permitan disminuir los cuellos de botella y los costos asociados a reprocesos, desechos y costos de oportunidad en la atención de pedidos de los clientes por faltantes.
- Modelar el sistema propuesto mediante el Software Arena.
- Realizar la evaluación de la aplicación del modelo de simulación y de las propuestas de mejora planteadas.

1.5.Justificación de la investigación

El diseño e implementación de un modelo de simulación para optimizar el proceso productivo de mermeladas en la empresa se justifica desde diferentes perspectivas tales como la justificación práctica, teórica y metodológica, las mismas que sustentan la relevancia y pertinencia del estudio, el cual busca contribuir al mejoramiento de la eficiencia operativa, el desempeño económico y la viabilidad a largo plazo de la organización, así como al fortalecimiento del conocimiento científico en el ámbito de la ingeniería industrial.

1.5.1. Justificación Práctica

1.5.1.1. Justificación Técnica.

El presente estudio permitirá evaluar diversos escenarios y configuraciones del proceso productivo, proporcionando una visión más clara de los impactos y resultados potenciales de las mejoras planteadas sin la necesidad de realizar pruebas reales que podrían

ser costosas o interrumpir las operaciones; además, el modelo de simulación propuesto facilitará la identificación de restricciones operativas, retrasos y congestiones, así como de ineficiencias relacionadas con la asignación de recursos humanos, maquinaria y materias primas. Ante ello, a través del uso del software Arena, se podrán analizar diferentes alternativas de operación y determinar configuraciones óptimas que minimicen costos, maximicen la productividad y mejoren la eficiencia global del sistema productivo de mermeladas.

1.5.1.2. Justificación Económica.

Desde una perspectiva económica, la investigación pretende demostrar que la simulación es una herramienta eficaz para reducir costos de reproceso, desperdicio y costos de oportunidad asociados a la falta de productos terminados, ya que la aplicación del modelo hará posible mejorar la gestión de existencias y perfeccionar la programación de las actividades de producción, contribuyendo así a una mayor rentabilidad y aprovechamiento de los recursos disponibles. Asimismo, al incrementar la capacidad de respuesta frente a la demanda, la empresa podrá mejorar su nivel de servicio y satisfacción del cliente, evidenciándose en una experiencia de consumo más positiva con mayores ingresos y sostenibilidad económica a largo plazo.

1.5.1.3. Justificación Social.

El estudio se justifica socialmente porque la optimización de los flujos de trabajo y la disminución de quiebres en el inventario inciden de forma directa en la experiencia del cliente y su lealtad, garantizando productos de calidad y entregas oportunas; además, el uso más eficiente de recursos como materias primas, energía y materiales de empaque fomenta prácticas sostenibles, alineadas con los principios de responsabilidad social empresarial y cuidado del medio ambiente, por lo que el estudio promoverá una producción más responsable, que aporte valor a la organización, a la comunidad y al entorno.

1.5.1.4. Justificación académica y profesional.

Desde el punto de vista académico y profesional, este trabajo representa una oportunidad para aplicar los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos durante la formación en Ingeniería Industrial en un contexto empresarial real, permitiendo así fortalecer competencias en investigación aplicada, análisis de datos, modelamiento y simulación de procesos, así como en la lectura y análisis de los datos para la formulación de decisiones, siendo además el presente estudio un aporte formativo y profesional, ya que demuestra la capacidad para abordar y resolver problemas complejos de manera sistemática, basada en evidencia y orientada a la mejora continua.

1.6. Delimitación

1.6.1. Delimitación conceptual

Conceptualmente, la investigación se basa en los principios de la ingeniería industrial y se fundamenta en teorías relacionadas con la simulación de sistemas y la optimización de procesos.

1.6.2. Delimitación espacial

Se desarrolló en una empresa productora de mermeladas ubicada en el distrito de Cayma, provincia y departamento de Arequipa.

1.6.3. Delimitación temporal

El periodo de estudio comprende el año 2025, abarcando la recopilación de información histórica del año 2024 y la simulación proyectada del proceso productivo para el año 2025, realizándose durante este lapso de tiempo de enero a septiembre de 2025 las etapas de diagnóstico del sistema actual, modelamiento, validación y análisis de escenarios de mejora mediante el software de simulación.

1.7.Hipótesis

Mediante el desarrollo de un modelo de simulación es posible optimizar el proceso productivo en una empresa productora de mermeladas.

1.8.Variables

En la presente investigación, la variable independiente es el modelo de simulación, el cual se aplicará como herramienta analítica para evaluar, reproducir y mejorar el comportamiento del sistema productivo. Por su parte, la variable dependiente corresponde al fortalecimiento del sistema de producción de la organización productora de mermeladas, expresada en términos de eficiencia operativa, reducción de tiempos y eliminación de cuellos de botella y mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. A continuación, se presenta en la tabla 1 la operacionalización de variables:

Tabla 1
Operacionalización de variables

Variable General	Indicadores	Nivel de Medición
Modelo de Simulación	Validación del modelo (revisión del modelo para comprobar que este representa fielmente el sistema implementado)	Nominal
	Flexibilidad del modelo para adaptarse a diferentes condiciones o escenarios	Ordinal
Proceso Productivo de Mermeladas	Tiempo de ciclo	Razón
	Tiempo promedio de espera	Razón
	Desechos del proceso productivo:	
	• Cantidad de lotes de mermelada de papaya desechados	Razón
	• Cantidad de bolsas de mermelada de papaya desechadas	
Reprocesos del proceso productivo:	Razón	

Variable General	Indicadores	Nivel de Medición
	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de lotes de mermelada de papaya reprocesados • Cantidad de bolsas de mermelada de papaya reprocesadas por mal etiquetado y/o sellado 	
	Longitud de cola promedio	Razón
	Demanda insatisfecha (cantidad de pedidos no atendidos por falta de existencias)	Razón
	Costo de oportunidad en la atención de pedidos por faltantes	Razón

Nota. Elaboración propia.

1.9. Metodología de la investigación

La metodología es el conjunto de procedimientos que orientan el desarrollo del estudio y permiten alcanzar los objetivos planteados; ante lo cual, en la presente investigación se aplicará el método cuantitativo, dado que busca analizar de manera objetiva los resultados obtenidos a partir de la simulación del proceso productivo, utilizando datos medibles y verificables, contando a su vez con un alcance descriptivo y explicativo y un diseño no experimental, tal como se detalla a continuación:

1.9.1. Método de investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el método cuantitativo se caracteriza por basarse en la medición precisa y el análisis de datos con el propósito de responder preguntas de investigación o comprobar hipótesis, lo que garantiza un alto grado de objetividad en los resultados; ante ello, el presente estudio se sustenta en el método cuantitativo, ya que busca analizar de manera objetiva el comportamiento del proceso productivo mediante la recolección de datos numéricos y su posterior análisis estadístico, permitiendo así describir, medir y evaluar las variables involucradas en el sistema productivo, de modo que los resultados obtenidos sean verificables y replicables.

1.9.2. Alcance de investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el alcance de un estudio puede ser exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo, dependiendo del nivel de profundidad con que se aborde el fenómeno. En el caso de la presente investigación, el estudio tiene un alcance descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque se realiza un diagnóstico detallado del proceso productivo actual, identificando sus actividades, recursos, tiempos y restricciones y, es explicativo porque busca determinar cómo la aplicación del modelo de simulación influye en la optimización del proceso productivo, permitiendo explicar la relación entre las variables analizadas y proponer mejoras sustentadas en las teorías abordadas.

1.9.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación se considera no experimental y de tipo transversal. Es no experimental porque no se manipulan deliberadamente las variables independientes, sino que se observan y analizan tal como ocurren en su contexto real (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Asimismo, es transversal porque la recolección de datos y el análisis se realizan en un solo periodo de tiempo determinado, correspondiente al año 2025. El estudio se centra en el desarrollo de un modelo de simulación del proceso productivo, su validación y el análisis de escenarios de mejora, permitiendo así comparar el desempeño del sistema actual con los resultados de las propuestas simuladas, para identificar la alternativa más eficiente en términos de tiempos, costos y utilización de recursos.

1.10. Técnicas e instrumentos

1.10.1. Técnicas

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), las técnicas de recolección de datos comprenden los procedimientos sistemáticos y organizados que permiten obtener información confiable sobre los fenómenos estudiados. Para esta investigación se aplicaron las siguientes técnicas:

- **Análisis de registros documentales:** Esta técnica consistió en la recopilación y análisis de documentos internos de la empresa, tales como reportes de producción, controles de calidad, tiempos de operación, niveles de desperdicio y volúmenes de salida de producto terminado, permitiendo así dicha información, determinar los parámetros reales del sistema productivo para la construcción del modelo de simulación.
- **Observación directa estructurada:** Mediante esta técnica se registraron las actividades y tiempos de cada etapa del proceso de elaboración de mermeladas, efectuándose dicha observación dentro del área de producción.

1.10.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos son los medios que permiten aplicar de manera práctica las técnicas seleccionadas que, en el caso del presente, los instrumentos empleados fueron los siguientes:

- **Registros documentales de la empresa:** Incluyen los formatos internos de control de producción, reportes de calidad, hojas de tiempos y volúmenes procesados, que sirvieron como fuente primaria de información cuantitativa.
- **Ficha de observación:** Instrumento diseñado para registrar de forma ordenada los tiempos de operación, secuencia de actividades, utilización de recursos y observaciones relevantes del proceso productivo, permitiendo así estandarizar la información recolectada y facilitar su posterior análisis en la simulación.

1.11. Técnicas de procesamiento y análisis de Datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se refieren a los métodos y herramientas utilizados para organizar, limpiar, transformar, interpretar y presentar datos de manera que se puedan extraer patrones, tendencias y poder finalmente conclusiones significativas.

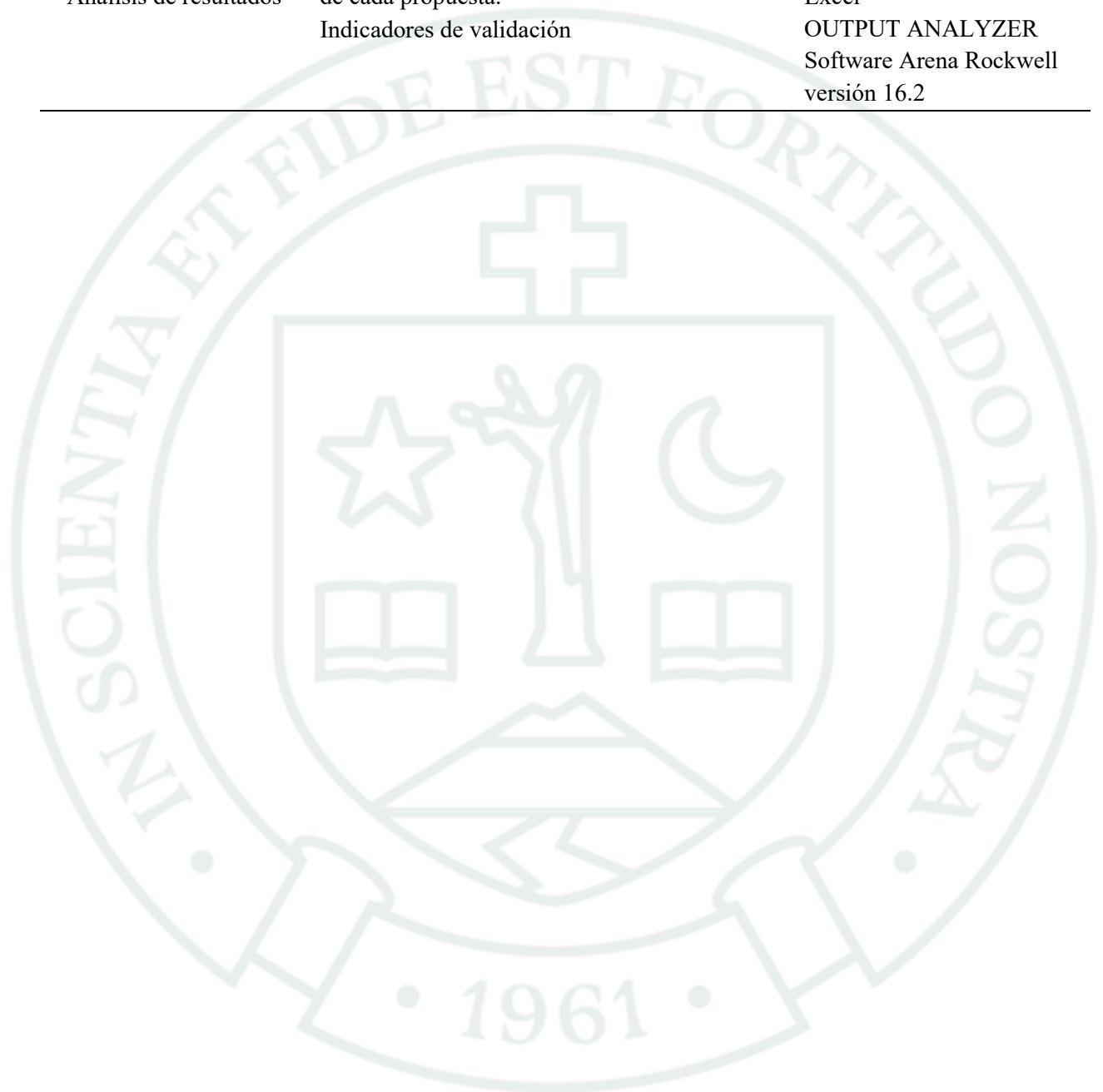
A continuación, se detalla de mejor manera las técnicas de procesamiento y análisis de datos a utilizar en cada una de las fases planteadas:

Tabla 2

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Etapa	Técnica de procesamiento y análisis de datos	Herramienta utilizada
Caracterización del proceso y descripción del sistema y gestión de inventario actual	Organigrama de la empresa Flujograma del Proceso Productivo y de Gestión de Inventarios de mermelada de papaya Diagrama BPMN del Proceso de Atención de Pedidos, Generación de Órdenes de Producción y Actualización del Inventario DOP DAP DAP Detallado Flowsheet del proceso productivo y de gestión de Inventarios	Microsoft Visio
Análisis de datos de entrada	Análisis de tiempos de cada variable Análisis estadístico de cada variable (estadística general, error cuadrático, fit all) Cálculo de tamaño de muestra para cada variable (media, desviación estándar. Factor de corrección, varianza) Distribución para cada variable Prueba de bondad de ajuste (Prueba Chi y Prueba Kolmogoroy – Smirnov) Porcentaje y probabilidades de las variables exógenas	INPUT ANALIZER (Software Arena Rockwell versión 16.2) Excel
Desarrollo del modelo de simulación y validación	Modelo de simulación del proceso actual Resultados de porcentajes y probabilidades de las variables exógenas Indicadores de variables endógenas Parámetros de validación del modelo: Nivel de confianza, P probabilidad de error, error máximo permitido Indicadores de validación del modelo Cálculo de número de replicas Prueba de hipótesis	OUTPUT ANALYZER (Software Arena Rockwell versión 16.2) Excel
Propuesta de mejora y	Modelos de simulación de escenarios	OUTPUT ANALYZER

Etapas	Técnica de procesamiento y análisis de datos	Herramienta utilizada
simulación de escenarios hipotéticos	hipotéticos Indicadores por analizar según cada escenario	(Software Arena Rockwell versión 16.2) Excel
Análisis de resultados	Cuadro resumen de comparación de escenarios de cada propuesta. Indicadores de validación	OPTQUET Excel OUTPUT ANALYZER Software Arena Rockwell versión 16.2



CAPÍTULO II



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Calvo-Rivera et al. (2025), en su estudio “Una simulación de sistemas para mejorar el proceso de pelado de ajos en la industria de salsas”, tuvieron como propósito optimizar el proceso productivo de una empresa de salsas, identificando restricciones que afectaban su rendimiento a través del software de simulación Arena, en el que elaboraron un modelo del sistema productivo basado en datos de 18 procesos clave, analizados mediante Input Analyzer para determinar las distribuciones estadísticas de cada etapa. Entre los resultados se detectó que el pelado manual del ajo representaba el principal cuello de botella, con una duración promedio de 90 minutos por bulto, lo cual provocaba demoras, exceso de inventarios y pérdidas económicas, reflejando que la empresa producía 3.000 salsas en dos días, dejando 8 bultos sin procesar y generando inventarios residuales de materias primas; ante lo cual, se propusieron dos alternativas de mejora: el uso de una máquina industrial con un tiempo promedio de 10 minutos por ciclo y una peladora semiautomática con 45 minutos por ciclo. Se concluyó que la simulación de sistemas es una herramienta eficaz para identificar cuellos de botella y elevar la productividad en la industria alimentaria.

Mendoza-Salguero et al. (2022), en su artículo titulado “Análisis de restricciones a través del software Arena. Caso empresa de fabricación de calzado”, tuvieron como objetivo identificar las restricciones presentes en el proceso de ensamblaje de calzado en una empresa de Barranquilla, con el fin de desarrollar alternativas de mejora continua orientadas a la productividad. Para ello, desarrollaron un modelo digital del proceso mediante el software Arena, realizando 10 réplicas de simulación durante un periodo de 30 días, considerando una jornada laboral de 8 horas diarias durante 6 días a la semana, contando con una metodología

que se basó en la simulación de eventos discretos aplicada al análisis de procesos, evaluando el nivel de utilización de los operarios y los tiempos promedio de espera en cada etapa del ensamblaje. Los resultados dieron a conocer que los operarios permanecían ocupados más del 90% del tiempo, lo cual indicó la existencia de cuellos de botella que limitaban el flujo eficiente de producción; a partir de lo cual, se recomendó la incorporación de un nuevo operador en la sección crítica, lo que permitiría reducir significativamente los tiempos de espera promedio y mejorar la capacidad de respuesta del sistema, concluyendo que la simulación de procesos es una herramienta efectiva para la identificación y eliminación de restricciones dentro de sistemas productivos, posibilitando la implementación de estrategias de mejora continua orientadas al incremento de la eficiencia operativa y la productividad global de la empresa de calzado.

Morales et al. (2021), en su artículo “Utilización de simulación de eventos discretos para analizar una propuesta de mejora en los costos de almacenamiento”, propusieron la implementación de un modelo computacional basado en simulación de eventos discretos con el fin de examinar estrategias para reducir los gastos de almacenamiento en una empresa del sector de tecnología móvil, con una metodología que consistió en seleccionar los tres productos de mayor rotación y modelar el sistema en el software Arena utilizando información histórica de demanda y pedidos previos. Los resultados de las simulaciones evidenciaron que ajustar las cantidades solicitadas contribuía a reducir los costos operativos y mejorar la disponibilidad del inventario; asimismo, se determinó que los desabastecimientos se concentraban en los dos primeros productos, lo que justificó la implementación de la propuesta 1 como la alternativa más eficiente y menos invasiva, manteniendo la estabilidad en las relaciones con proveedores y clientes, concluyendo que la aplicación de técnicas de simulación permite optimizar la logística y la toma de decisiones en gestión de inventarios.

Zaibidi et al. (2020), en su investigación titulada “A simulation approach for performance measures of food manufacturing process”, llevaron a cabo un estudio en Malasia enfocado en las pequeñas y medianas empresas del sector alimentario, con el propósito de evaluar el rendimiento del proceso productivo de pasta de camarón mediante la aplicación de un modelo de simulación de eventos discretos, desarrollándose el modelo en cuatro fases de la línea de producción, estimándose que el tiempo promedio total del proceso para fabricar 2000 unidades era de 235.13 minutos, mientras que el tiempo medio de espera dentro del sistema operativo fue de 9.21 minutos. Los resultados del modelo permitieron identificar el proceso de empaque como el principal cuello de botella, evidenciando además que algunos recursos no eran aprovechados en su totalidad, lo cual afectaba la eficiencia global del sistema, concluyéndose que Arena es una herramienta eficaz para diagnosticar limitaciones operativas y optimizar la capacidad productiva en las PYMES del sector alimentario.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Oscátegui y Flores (2025), en su tesis “Modelo de control de tiempos improductivos en el proceso de carguío y acarreo mediante el uso de software de simulación Arena en una unidad minera superficial del centro del Perú”, tuvieron como propósito optimizar la eficiencia del proceso de carguío y acarreo de mineral, el cual representa cerca del 60% de los costos operativos en la minería a tajo abierto. Ante ello, mediante el uso del software Arena, se modelaron las operaciones para identificar los principales tiempos improductivos, hallándose que el acarreo concentraba el 35,87% del tiempo total del ciclo; además, con la aplicación de mejoras como la ampliación del área de carga y el incremento de accesos al botadero, el tiempo de ciclo disminuyó de 20,22 a 19,25 minutos, lo que implicó una ganancia de 57 segundos por ciclo y un aumento en la producción de 9.273,93 toneladas métricas transportadas, equivalente a 450,85 toneladas adicionales respecto al modelo inicial,

concluyendo que la simulación mediante Arena es una herramienta eficaz para reducir demoras, optimizar recursos y mejorar la productividad minera.

Alegría (2024), realizó la investigación “Implementación de una metodología integradora de simulación de procesos para abordar interferencias operacionales en el carguío y acarreo en la Unidad Minera Cerro Lindo 2023”, la cual tuvo como finalidad analizar el impacto de las interferencias operacionales sobre la eficiencia del sistema de carguío y acarreo en operaciones mineras a cielo abierto, empleando para ello una simulación mediante el software Arena v16.2, recopilando información de campo sobre tiempos de ciclo, esperas y fallas en equipos, con el objetivo de evaluar escenarios y determinar estrategias de mitigación. Los resultados evidenciaron que los retrasos en la llegada de insumos y las averías mecánicas generaban pérdidas significativas de eficiencia que, tras implementar medidas correctivas, el tiempo promedio de ciclo se redujo de 30 a 27 minutos, equivalente a una mejora del 10%, mientras que la utilización de los equipos aumentó del 85% al 92%. La simulación también evidenció un aumento de la producción promedio de 55 a 60 toneladas por hora, la disponibilidad de equipos del 90% al 95%, y una disminución en la tasa de fallas del 10% al 8%, concluyendo que el modelo propuesto es efectivo para optimizar la eficiencia y productividad en el proceso minero de Cerro Lindo.

Renteria (2023), en su trabajo titulado “Simulación del proceso productivo de pegamento gris en la empresa Corporación Arellano Perú SAC para aumentar su productividad”, desarrolló una investigación aplicada con el propósito de incrementar la eficiencia del proceso de producción de pegamento para mayólica gris en la empresa Corporación Arellano Perú SAC. El estudio identificó cuellos de botella en las etapas de pesado y mezclado, con tiempos de espera de 2 y 5 minutos, los cuales impedían cumplir con la demanda del mercado y ocasionaban pérdidas económicas y; ante esta problemática, se elaboró un diagnóstico detallado del flujo productivo y se diseñó un modelo de simulación

mediante el software ProModel, con el fin de evaluar distintos escenarios de mejora. Los resultados de la simulación mostraron un incremento notable en la productividad, alcanzando una producción de 10 bolsas por minuto y una media diaria de 82,73 bolsas de pegamento gris, además de una reducción de los tiempos totales en 15,52% respecto al proceso original, concluyendo así que la aplicación de herramientas de simulación industrial permite optimizar los recursos, reducir demoras y aumentar la eficiencia global del sistema productivo, fortaleciendo la competitividad de la empresa.

Cruz (2022), en su “Propuesta de un modelo de simulación del sistema productivo de néctar para mejorar la productividad de una empresa de néctares”, tuvo como objetivo incrementar la eficiencia del proceso de producción de néctares mediante el diseño de un modelo de simulación en ProModel, iniciando el modelo con la selección del producto de mayor demanda y un diagnóstico integral del sistema productivo, identificando deficiencias como tiempos de producción elevados, ausencia de estandarización de operaciones, escasez de personal calificado y baja productividad. Se detectó que la fase de estandarización representaba el mayor cuello de botella dentro del proceso y, a partir de los análisis de tiempos en cada área, se propuso un rediseño que incluyó la combinación de las etapas de etiquetado y empaquetado para optimizar los flujos de trabajo. Los resultados obtenidos a través de la simulación evidenciaron una reducción del tiempo de producción en 42,31% y un incremento de la productividad diaria en 16,71%, alcanzando además una eficiencia de línea del 39% y una utilidad neta adicional de 0,2585 soles por cada sol invertido, concluyéndose que la simulación de procesos es eficaz para mejorar el control operativo, optimizar los recursos humanos y elevar la rentabilidad en la industria alimentaria.

Gutiérrez (2022), en su investigación titulada “Diseño del sistema productivo de una empresa de confecciones para aumentar la productividad apoyado por un modelo de simulación”, consideró como fin mejorar la productividad del proceso de confección de

camisas de manga corta en un taller textil de la ciudad de Chiclayo. La metodología se inició con un diagnóstico integral del proceso, donde se identificaron como principales causas de la baja eficiencia la inadecuada distribución de maquinarias, los tiempos no estandarizados y la existencia de periodos ociosos y, posteriormente, se modeló el sistema productivo mediante el software ProModel, utilizando un horizonte de una hora de simulación para analizar el desempeño del proceso actual y las mejoras propuestas, incluyendo un nuevo diseño del layout, la estandarización de los tiempos de operación y el balanceo de línea de producción, evidenciando los resultados un incremento de la productividad entre 42% y 50%, concluyendo así que la simulación permitió identificar ineficiencias críticas y proponer soluciones efectivas para optimizar el flujo operativo y mejorar el rendimiento global del sistema de confección.

2.1.3. Antecedentes Locales

Alegre (2024), en su tesis titulada “Simulación con software Arena para la optimización de sistemas de producción en una empresa del sector calzado de Arequipa”, desarrolló una investigación enfocada en mejorar la productividad de pequeñas y medianas empresas del rubro del calzado, tomando como referencia una fábrica local afectada por la disminución de su producción tras la pandemia de COVID-19. Con el propósito de solucionar los problemas de baja eficiencia y limitaciones operativas, se propuso la simulación del proceso productivo actual mediante el software Arena, complementada con un modelo visual 2D y la aplicación de la metodología del ciclo de Deming; asimismo, se realizó un análisis beneficio-costos para evaluar la viabilidad económica de las propuestas. Los resultados demostraron un incremento del 22% en la producción de pares de zapatos y una mejora del 21% en la utilidad económica, alcanzando una relación beneficio-costos de 1,37, lo que confirma como conclusión que la simulación trae consigo rentabilidad y efectividad de la ya que permite optimizar la capacidad productiva como fue en el caso del sector calzado.

2.2. Bases teóricas

El presente apartado tiene por objetivo exponer conceptos y términos básicos que se han visto por necesario comprender y justificar para el correcto entendimiento del trabajo de investigación, entre ellos definiciones relevantes sobre simulación y modelamiento de sistemas, herramientas de software utilizadas y antecedentes de modelos simulados anteriores similares al modelo presentado. Cabe resaltar que se ha recopilado información de diversas fuentes, logrando explicar los conceptos más importantes y relevantes y proveyendo una base sólida sobre la cual fundamentar nuestro modelo de simulación y futuras propuestas de optimización.

2.2.1. Conceptos base sobre sistemas y simulación

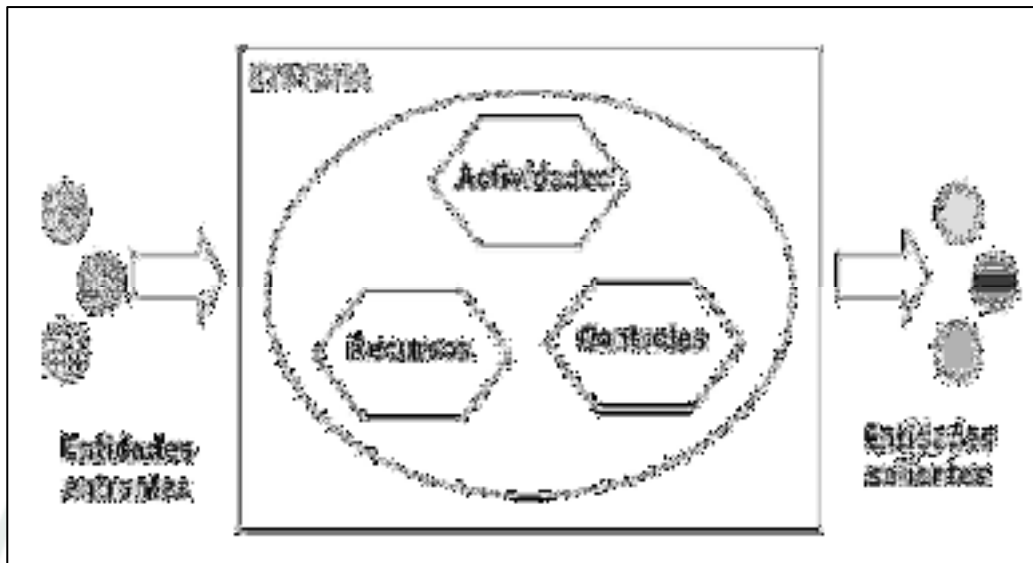
2.2.1.1. Sistema.

Un sistema puede entenderse como un conjunto de componentes que interactúan entre sí con el fin de alcanzar uno o varios objetivos comunes. Para ello, opera a partir de entradas como datos, información, energía, materia u organismos, las cuales son transformadas para generar salidas del mismo tipo, orientadas al logro de una meta específica. Asimismo, un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que, de manera organizada, reciben insumos, los procesan y producen resultados dirigidos a un propósito común (Fábregas et al., 2003).

Torres (2016) señala que un sistema está conformado por elementos que permiten ejecutar un proceso, lo que implica no solo la existencia del proceso en sí, sino también la disponibilidad de recursos y mecanismos de control que hacen posible su desarrollo. A continuación, en la Tabla 2 se presentan los principales elementos que conforman un sistema.

Figura 1

Elementos de un Sistema



Nota. Extraído de Torres (2016).

2.2.1.2.Elementos.

2.2.1.2.1. Entidad.

Las entidades se refieren a los ítems, tales como objetos, personas u otros elementos, que se desplazan dentro de un sistema con el fin de ser procesados o recibir un servicio. Estas suelen caracterizarse por atributos como costo, orden, prioridad, estado y otros factores relevantes para su gestión (Torres, 2016). Este tipo de elemento puede clasificarse en tres categorías: entidades humanas o animadas, que incluyen clientes de tiendas, supermercados o pacientes de una clínica; entidades inanimadas, como productos, piezas, órdenes u otros documentos; y entidades intangibles, tales como llamadas telefónicas, correos electrónicos o proyectos (Torres, 2016).

2.2.1.2.2. Recursos.

Estos elementos corresponden a los medios que permiten ejecutar las actividades desarrolladas dentro del sistema, ya que brindan soporte mediante máquinas, equipos, personal y, en general, las facilidades necesarias para la realización de los procesos (Torres,

2016). De acuerdo con Torres (2016), algunos ejemplos de este tipo de elemento se clasifican en: humanos o animados, como clientes de una tienda o supermercado y pacientes de una clínica; inanimados, como productos, piezas, órdenes u otros documentos; e intangibles, tales como llamadas telefónicas, correos electrónicos o proyectos.

2.2.1.2.3. Atributos.

Los atributos corresponden a las propiedades particulares de cada entidad, de modo que cada entidad posee sus propios valores. A diferencia de las variables, para conocer el valor de un atributo es necesario examinar directamente a la entidad que lo contiene (Fábregas et al., 2003).

Para su correcta definición, los atributos deben contar con un nombre, como por ejemplo peso, número de orden o color, y asignarse a un valor numérico que tenga significado para quien analiza el sistema (Fábregas et al., 2003).

Un ejemplo de ello es el atributo denominado “Color”, el cual puede asumir los valores uno, dos o tres para representar los colores amarillo, azul y rojo, respectivamente (Fábregas et al., 2003).

2.2.1.2.4. Variables Globales.

Las variables representan características globales del sistema, lo que significa que su valor es el mismo en cualquier parte del modelo. Estas pueden ser predefinidas por el programa o establecidas por el usuario, y se identifican mediante un nombre, como por ejemplo pedido, junto con un valor numérico que describe un determinado estado del sistema (Fábregas et al., 2003). Un ejemplo es el número de clientes en cola, el cual puede tomar valores como cero, uno, dos o tres, donde cada uno de ellos refleja un estado específico del sistema. De manera similar, el nivel de inventario en un sistema logístico puede asumir valores por encima o por debajo del punto de reorden, lo que permite distinguir dos estados

relevantes, aunque estén representados por distintos valores numéricos de la variable (Fábregas et al., 2003).

2.2.1.2.5. *Actividades.*

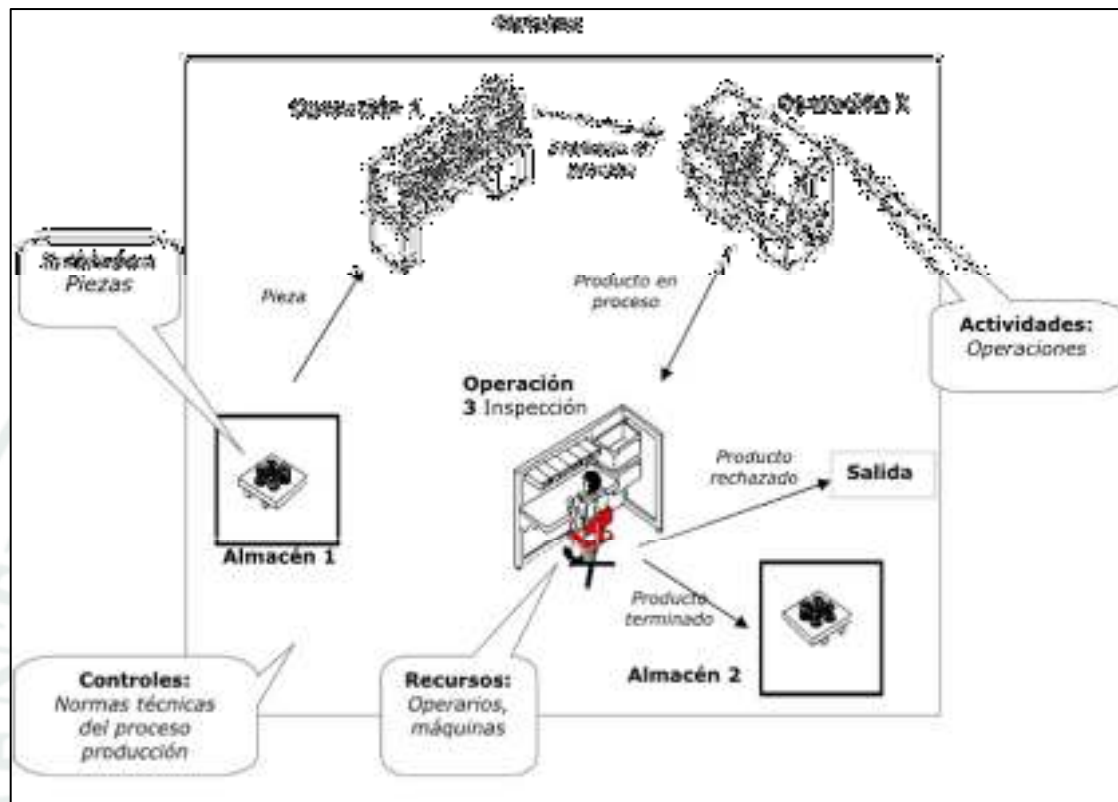
Las actividades corresponden a las acciones que se desarrollan dentro de un sistema y que pueden participar de forma directa o indirecta en el procesamiento de las entidades. Es importante señalar que estas actividades poseen una duración determinada y, por lo general, implican el uso de recursos para su ejecución (Torres, 2016). De acuerdo con Torres (2016), las actividades pueden clasificarse en tres tipos: procesos de entidades, como el corte de una pieza o la atención a un cliente; movimientos de entidades y recursos, como el transporte de lotes de producción mediante una carretilla o un montacargas; y actividades de ajuste, mantenimiento y reparación de recursos, orientadas a asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y medios de trabajo.

2.2.1.2.6. *Controles.*

Los controles regulan la forma, el momento y el lugar en que se ejecutan las actividades, además de establecer las acciones que deben adoptarse cuando ocurre un determinado evento o se cumple una condición específica (Torres, 2016). Algunos ejemplos de este tipo de elemento incluyen el inicio y término de las actividades, la priorización y secuenciación de tareas, así como los programas de producción y de mantenimiento. A continuación, en la Figura 2 se presenta un ejemplo de los elementos que conforman un sistema productivo.

Figura 2

Ejemplo de elementos de un sistema de producto



Nota. Extraído de Torres (2016).

2.2.1.3. Tipos de sistemas.

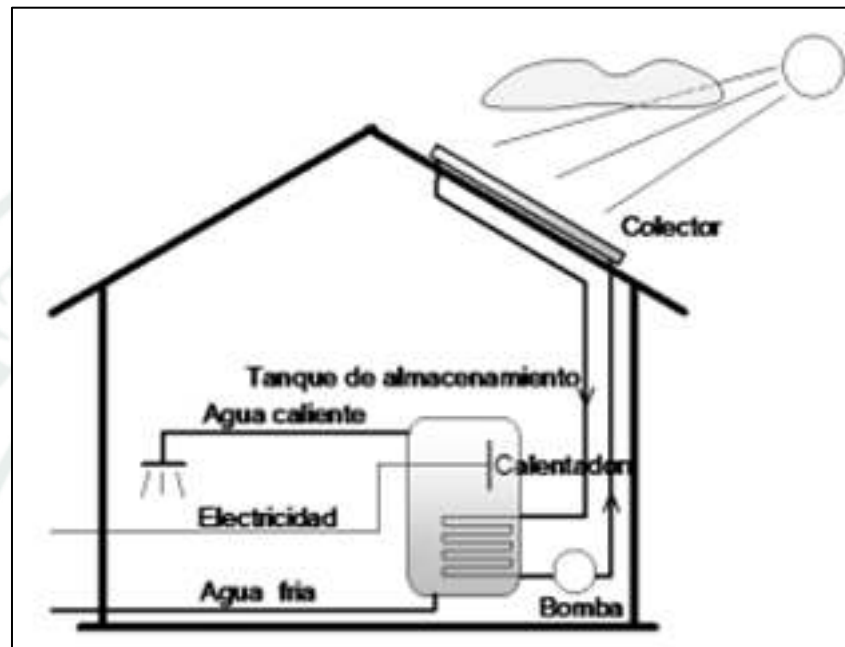
Los sistemas pueden agruparse en siete grandes categorías: naturales y artificiales; determinísticos y probabilísticos; sociales, hombre-máquina y mecánicos; abiertos y cerrados; permanentes y temporales; estables e inestables; y adaptativos y no adaptativos (Fábregas et al., 2003).

Asimismo, Fritzon (2015) indica que un sistema puede tener un origen natural, como por ejemplo el universo, puede ser artificial, como un transbordador espacial, o puede ser una mezcla de ambos. Por ejemplo, en la siguiente imagen se puede observar una casa que posee un sistema de agua caliente por radiación solar, es un sistema artificial. Es decir, está fabricado por los seres humanos. Si incluimos el sol y las nubes en el sistema, se transforma en una combinación de componentes naturales y artificiales.

A continuación, se presenta en la figura 3 un ejemplo de sistema mixto:

Figura 3

Sistema Mixto



Nota. Extraído de Fritzson (2015).

2.2.1.4. Complejidad de un sistema.

La complejidad de un sistema se origina principalmente debido a la cantidad y variedad de entidades, actividades, recursos y controles que lo conforman. Como resultado, el sistema se vuelve difícil de analizar (Torres, 2016). Esta complejidad depende de dos factores:

- **Interdependencia:** Esto significa que cada elemento dentro del sistema afecta a otros elementos (por ejemplo, el tiempo muerto que se produce en el sistema cuando una máquina falla y se llama al personal de mantenimiento para que lo repare) (Torres, 2016).
- **Variabilidad:** La presencia de variabilidad en el comportamiento de los elementos del sistema genera incertidumbre. Esta variabilidad es intrínseca a cualquier sistema que involucre tanto a personas como a máquinas. (por ejemplo, existe incertidumbre en

cuanto a las fluctuaciones de la demanda o el comportamiento aleatorio de las fallas en los equipos) (Torres, 2016).

2.2.1.5. Modelo.

Un modelo en simulación de sistemas es una representación lógica-matemática de un sistema real que reproduce sus condiciones y comportamiento operacional y dinámico para estudiarlo y probarlo con el objetivo de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones. Estos modelos son construcciones basadas en los datos introducidos en la simulación; mientras más información sea introducida en el sistema, más exacto será el modelo. Se evidencia en la figura 4, las maneras de estudiar un modelo:

Figura 4

Maneras de estudiar un modelo



Nota. Modelo Propuesto según Law y Kelton (1991).

2.2.1.5.1. Clasificación de los modelos.

A continuación, se presenta la clasificación de modelos en la tabla 3:

Tabla 3

Clasificación de modelos

Clasificación del Modelo	Descripción
Modelos Determinísticos	Estos modelos asumen que todas las variables del sistema están definidas de manera precisa y sin incertidumbre. Se basan en ecuaciones matemáticas que representan las relaciones entre las variables y

Clasificación del Modelo	Descripción
Modelos Estocásticos	proporcionan resultados exactos. Sin embargo, no pueden capturar la variabilidad y la aleatoriedad presentes en muchos sistemas del mundo real.
Modelos Discretos	Estos modelos incorporan la aleatoriedad y la incertidumbre en la simulación. Utilizan técnicas estadísticas para modelar variables que son inherentemente variables aleatorias, como tiempos de llegada, tasas de falla, demanda de clientes, etc. Los resultados de la simulación son probabilísticos y proporcionan una comprensión de los posibles resultados en lugar de valores exactos.
Modelos Continuos	Estos modelos representan sistemas donde los eventos ocurren en puntos discretos en el tiempo. Por lo general, se basan en simulaciones por eventos discretos, donde los cambios en el estado del sistema ocurren solo cuando ocurren eventos específicos. Los modelos discretos son útiles cuando se quiere analizar el impacto de eventos individuales o la interacción entre eventos en el tiempo.
Modelos de Sistemas de Colas	Estos modelos representan sistemas donde los eventos ocurren continuamente en el tiempo. Se basan en simulaciones de tiempo continuo y utilizan ecuaciones diferenciales para modelar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo. Son especialmente útiles para analizar sistemas dinámicos y procesos que cambian de manera continua.
Modelos de Agentes	Estos modelos se utilizan para simular sistemas en los que los clientes llegan, esperan en una cola y luego son atendidos por un servidor. Son ampliamente utilizados en áreas como la planificación de la capacidad, el diseño de colas de espera, el análisis de cuellos de botella y la optimización de recursos. Los modelos de sistemas de colas consideran factores como la tasa de llegada de clientes, la capacidad de servicio y las reglas de enrutamiento para analizar el rendimiento y la eficiencia del sistema.
	Estos modelos representan sistemas complejos en los que los agentes individuales interactúan entre sí y toman decisiones basadas en su entorno y en el comportamiento de otros agentes. Los modelos de agentes son útiles para estudiar fenómenos emergentes y la dinámica de sistemas sociales, económicos y biológicos. Estos modelos a menudo se implementan utilizando algoritmos de inteligencia artificial y pueden simular comportamientos complejos y no lineales.

Nota. Elaboración propia con base en Fábregas et al. (2003).

2.2.1.5.2. *Características de los modelos.*

- **Validez:** La validez del modelo es fundamental, ya que debe representar de manera precisa el comportamiento y las interacciones del sistema real que se está simulando. Un modelo válido asegura que las conclusiones y predicciones obtenidas a partir de la simulación sean aplicables y confiables (Fábregas et al., 2003).
- **Precisión:** La precisión del modelo se refiere a su capacidad para generar resultados cercanos a la realidad. Un modelo preciso tiene en cuenta tanto los datos de entrada como los algoritmos utilizados para garantizar que las simulaciones reflejen de manera fiel el sistema real. La precisión es esencial para tomar decisiones informadas basadas en los resultados de la simulación (Fábregas et al., 2003).
- **Verificabilidad y validación:** La verificabilidad y la validación son características críticas de un modelo de simulación. La verificabilidad se refiere a la capacidad de comprobar y demostrar que el modelo se ha implementado correctamente, mientras que la validación implica la comparación y validación de los resultados de la simulación con datos reales o con otros modelos establecidos. Ambas características aseguran la confiabilidad del modelo y proporcionan una base sólida para su uso en el análisis y la toma de decisiones (Fábregas et al., 2003).

2.2.1.5.3. *Variables del modelo.*

a) **Variables Exógenas**

Estas son las variables independientes o de entrada en el modelo, están predeterminadas y deben proporcionarse independientemente del sistema que se está modelando (Ríos, 2015).

b) **Variables Endógenas**

Son variables dependientes del sistema o de salida, son resultado de la interacción de las variables exógenas y de estado (Ríos, 2015).

c) Variables de Estado

Describe el estado de un sistema o uno de sus componentes al principio o al final del periodo de tiempo (Ríos, 2015).

2.2.1.6.Simulación.

La simulación es la práctica de realizar experimentos en modelos en lugar de en sistemas reales. Se define como un experimento realizado en un modelo, y aunque el modelo no tiene que ser necesariamente matemático o basado en computadoras, nos enfocaremos en modelos matemáticos en este texto. Algunos ejemplos de simulaciones incluyen procesos industriales, comportamiento de vehículos y redes de computadoras. Es importante destacar que la simulación consta de dos partes separadas: la descripción del experimento y del modelo, aunque están interconectadas (Ríos, 2015).

2.2.1.6.1. Estudio de la simulación

La simulación consiste en realizar experimentos en modelos en lugar de sistemas reales. Se utiliza en diversos campos, como procesos industriales, comportamiento de vehículos y redes de computadoras. En el caso de los procesos industriales, la simulación busca comprender su comportamiento y mejorar su eficiencia. En el ámbito de los vehículos, se utiliza para proporcionar entrenamiento a los pilotos. En las redes de computadoras, permite analizar su rendimiento y optimizar su capacidad de respuesta.

La simulación se compone de dos partes: la descripción del experimento y el modelo utilizado, ambos son esenciales para lograr resultados precisos y útiles. (Ríos, 2015)

2.2.1.6.2. Etapas de un estudio de simulación

a) Definir el problema, los objetivos y los requerimientos

En esta etapa se identifica y define claramente el problema que se va a abordar mediante la simulación. Se establecen los objetivos, se determina qué aspectos del sistema

real se van a modelar y se definen las métricas de rendimiento que se utilizarán para evaluar los resultados de la simulación (Torres, 2016).

b) Diseño del modelo conceptual

En esta etapa se desarrolla el modelo conceptual del sistema, que es una representación abstracta y simplificada del sistema real. Se seleccionan las variables relevantes, se establecen las relaciones y se definen las reglas de comportamiento (Torres, 2016).

c) Obtención y análisis estadístico de los datos

En esta etapa se recopilan los datos necesarios para parametrizar el modelo. Se pueden utilizar datos históricos, mediciones reales o expertos en el tema para obtener los valores adecuados de las variables y parámetros del modelo (Torres, 2016).

d) Construcción del modelo de simulación

En esta etapa se traduce el modelo conceptual en un modelo ejecutable. Esto implica convertir el modelo en un programa de computadora o utilizar herramientas de simulación existentes. Se definen las estructuras de datos, las reglas de comportamiento y los algoritmos necesarios para simular el sistema (Torres, 2016).

e) Verificación del modelo

La verificación del modelo en el proceso de simulación implica asegurarse de que el modelo implementado sea correcto, es decir, que refleje de manera precisa el comportamiento y las características del sistema real que se está simulando. Esta etapa tiene como objetivo validar la estructura y el funcionamiento interno del modelo, así como verificar que los resultados obtenidos sean consistentes y confiables (Torres, 2016).

f) Validación del modelo

En esta etapa se verifica que el modelo implementado sea una representación precisa y confiable del sistema real. Se realiza una comparación entre los resultados de la simulación y los datos reales disponibles para comprobar que el modelo se ajusta adecuadamente a la realidad (Torres, 2016).

g) Experimento de Simulación, Ejecución y análisis Estadístico

En esta etapa se llevan a cabo los experimentos de simulación propiamente dichos. Se ejecuta el modelo con diferentes configuraciones, condiciones de entrada y parámetros para analizar el comportamiento del sistema y evaluar el rendimiento en función de las métricas definidas (Torres, 2016).

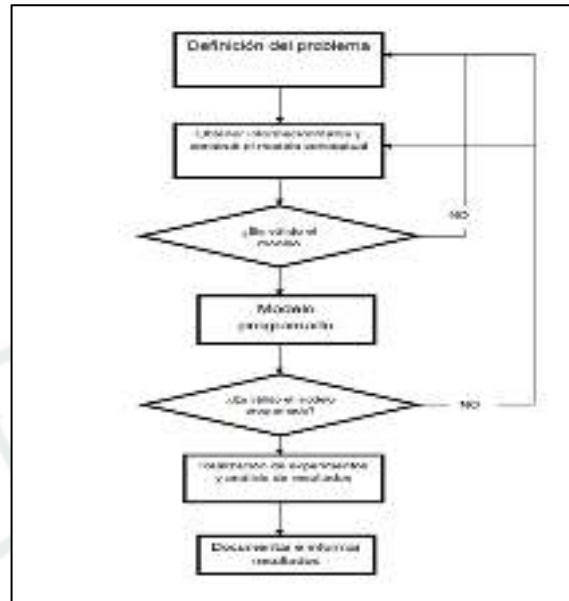
h) Entrega de Documentación y presentación de resultados

En esta etapa se analizan los resultados obtenidos de la simulación. Se examinan las salidas del modelo, se comparan con los objetivos establecidos y se realizan interpretaciones y conclusiones relevantes para el problema planteado. Por otro lado, se documentan todas las etapas anteriores del proceso de simulación, incluyendo la descripción del problema, el modelo conceptual, los datos utilizados, el modelo implementado, los resultados obtenidos y las conclusiones. Además, se presentan los hallazgos y recomendaciones de manera clara y concisa para su comunicación a los interesados (Torres, 2016).

Se presenta en la figura 5 las etapas de estudio de simulación:

Figura 5

Etapas de estudio de simulación



Nota. Extraído de Ríos (2015).

2.2.1.6.3. Tipos de simulación según su naturaleza

Los tipos de simulación según su naturaleza, se exponen en la tabla 4:

Tabla 4

Tipos de simulación según su naturaleza

Tipo de Simulación	Descripción
Simulación física	Reproduce el comportamiento de sistemas físicos reales. Utiliza modelos físicos y experimentos para simular fenómenos como la mecánica de fluidos, la física de partículas, la dinámica de estructuras, entre otros.
Simulación computacional	Emplea modelos matemáticos y algoritmos para simular sistemas complejos. Es especialmente útil cuando la simulación física es costosa o impracticable. Se utiliza en campos como la meteorología, la economía, la biología, la ingeniería de software y otros.
Simulación estocástica	Incorpora elementos de aleatoriedad en la simulación para modelar la incertidumbre y el comportamiento probabilístico de los sistemas. Se utiliza para analizar sistemas donde existen variables aleatorias, como en los procesos de toma de decisiones, la gestión de inventarios y la simulación financiera.
Simulación discreta	Modela sistemas donde los eventos ocurren en momentos discretos en el tiempo. Los elementos en el sistema interactúan y cambian de estado en pasos discretos. Se utiliza para simular sistemas como

Tipo de Simulación	Descripción
Simulación continua	colas de espera, procesos de producción, redes de computadoras y logística. Se enfoca en sistemas donde los eventos ocurren en tiempo continuo. Se utiliza para simular fenómenos como el flujo de tráfico, la propagación de enfermedades, la evolución de poblaciones y otros procesos dinámicos.
Simulación basada en agentes	Modela sistemas complejos mediante la interacción y comportamiento de agentes individuales. Se utiliza para simular fenómenos sociales, económicos y biológicos, como la simulación de ciudades, mercados financieros y ecosistemas.

Nota. Obtenido de Fábregas (2007).

2.2.1.6.4. Simulación de eventos discretos.

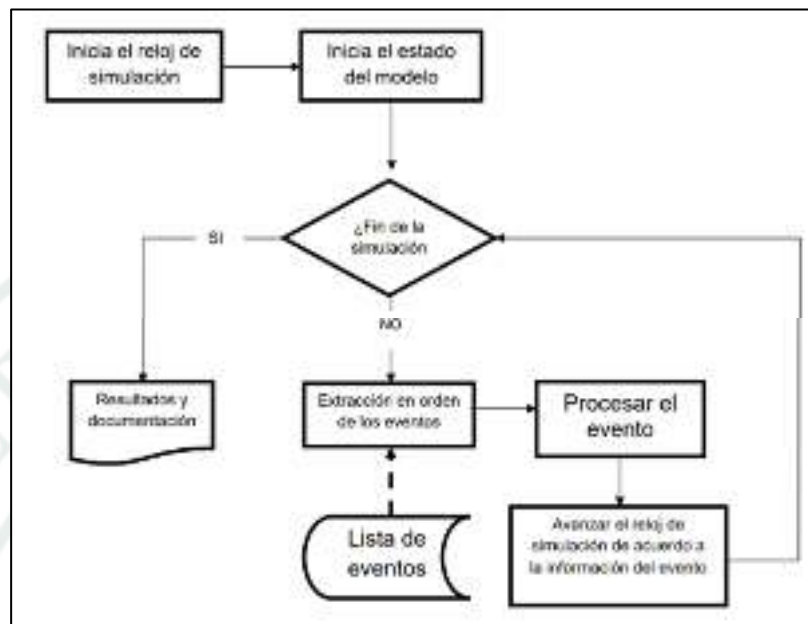
La simulación discreta es un tipo de simulación en la que los eventos ocurren en momentos discretos de tiempo, se actualizan los valores de las variables del modelo en esos puntos específicos. En este tipo de simulación, hay un intervalo de tiempo variable entre la ocurrencia de un evento y el siguiente, el tiempo suele ser la variable independiente, mientras que las otras variables dependen del tiempo y se modifican en consecuencia (Víctor, 2015).

En la simulación discreta, las variables dependientes del sistema cambian discretamente en momentos específicos de tiempo durante la simulación. Por lo general, se utilizan entradas estocásticas en lugar de programar eventos en horarios fijos. La simulación comienza cuando se inicia un reloj de simulación y avanza a medida que los eventos ocurren. Los valores de entrada se almacenan y se leen en el software de simulación, que controla la salida del modelo en función del tiempo o de una condición predeterminada. El motor de simulación de eventos sigue una serie de pasos para realizar la simulación (Víctor, 2015).

Se adjunta en la figura 6 el proceso de simulación de eventos discretos:

Figura 6

Simulación de eventos discretos



Nota. Obtenido de Víctor (2015).

2.2.1.6.5. Razones para simular.

La dinámica de un sistema a veces tiene una escala de tiempo que no es compatible con la del experimentador. Por ejemplo, los cambios en el desarrollo del universo que llevan millones de años en observarse pueden ser observados rápidamente en una simulación por computadora del universo. En una simulación, todas las variables del sistema pueden ser estudiadas y controladas, incluso aquellas que son inaccesibles en el sistema real. La simulación permite una fácil manipulación de los modelos de un sistema. Es posible ajustar los parámetros del modelo, incluso fuera del rango admisible en un sistema físico específico. Por ejemplo, en una simulación por computadora, la masa de un cuerpo se puede aumentar de 40 a 500 kg con solo presionar una tecla, mientras que en el sistema físico este cambio podría ser difícil de realizar. La simulación también permite la supresión de perturbaciones que podrían ser inevitables en las medidas del sistema real. Esto nos permite aislar efectos específicos y mejorar nuestra comprensión sobre ellos. Además, las simulaciones pueden

suprimir efectos de segundo orden, como pequeñas no linealidades o detalles de componentes del sistema. La eliminación de estos efectos secundarios nos ayuda a comprender mejor los efectos principales. (Ríos, 2015)

2.2.1.6.6. *Ventajas y desventajas de la simulación*

Ventajas

- Menor costo en comparación con modificaciones en el sistema real.
- Posibilidad de realizar una gran cantidad de experimentos en el modelo virtual, permitiendo analizar diversos escenarios y tomar decisiones informadas.
- Ayuda a comprender el comportamiento del sistema y estudiar los efectos interactivos de los componentes individuales o variables.

Desventajas

- Desarrollar un buen modelo de simulación puede llevar mucho tiempo y ser complicado.
- La simulación no produce soluciones óptimas para problemas de análisis cuantitativo. Los resultados pueden variar según el escenario especificado mediante ensayo y error.
- Cada modelo de simulación es único y las soluciones e inferencias generalmente no se pueden aplicar a otros problemas.

2.2.1.6.7. *Errores típicos y peligros de la simulación.*

En ocasiones, es fácil enamorarse del modelo y perder de vista su verdadero propósito como representación del sistema real dentro de un marco experimental. Es importante recordar que el modelo no es el sistema real y solo refleja una parte limitada de él bajo ciertas condiciones. Un ejemplo de esto se observa en la introducción de zorros en Australia para controlar la población de conejos. Se asumió que los zorros cazarían a los conejos, como

ocurre en muchas otras partes del mundo, pero desafortunadamente, los zorros encontraron que era mucho más fácil cazar la fauna nativa, ignorando en gran medida a los conejos. Otro error común es forzar la realidad a encajar dentro de las restricciones impuestas por el modelo, lo que se conoce como el efecto Procrustes. Esto se ve reflejado en la conformación de nuestras sociedades siguiendo teorías económicas de moda que tienen una visión simplista de la realidad y pasan por alto otros aspectos importantes de la conducta humana, la sociedad y la naturaleza. Al limitarnos a un enfoque estrecho y restringido, perdemos de vista la complejidad y diversidad de la realidad, lo cual puede tener consecuencias negativas. (Fritzson, 2015).

2.2.1.7. Optimización.

La optimización es un proceso matemático orientado a encontrar la mejor solución posible dentro de un conjunto de alternativas, ya sea maximizando o minimizando una función objetivo bajo determinadas restricciones (Bazaraa et al., 2013).

2.2.1.8. Productividad.

La productividad se define como la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para generarlos; es decir, mide la eficiencia con la que una organización convierte insumos en resultados. Es un indicador clave del desempeño de los sistemas productivos (OECD, 2020).

2.2.1.9. Calidad.

La calidad es el grado en el que un producto o servicio cumple con los requisitos especificados y satisface las expectativas del cliente. Incluye atributos como confiabilidad, desempeño y conformidad con estándares definidos (ISO, 2015).

2.2.1.10. Modelo matemático.

Un modelo matemático es una representación formal de un sistema real mediante ecuaciones, funciones o expresiones matemáticas que permiten describir, analizar o predecir su comportamiento bajo distintas condiciones (Giordano et al., 2014).

2.2.2. Herramientas de Simulación Arena

2.2.2.1. Arena Rockwell.

2.2.2.1.1. *Reseña Histórica.*

Arena, desarrollado por Rockwell Automation, es un software líder en el campo de la simulación de sistemas y procesos. Su historia se remonta a la década de 1970, cuando fue creado originalmente como un conjunto de herramientas de simulación de procesos llamado "SIMAN" por Jerry Banks y Tom Schriber en la Universidad de Clemson. El objetivo principal de SIMAN era proporcionar una plataforma flexible y poderosa para modelar y analizar sistemas de producción y logística (Fábregas et al., 2003).

En 1984, SIMAN fue adquirido por la empresa de automatización industrial Rockwell Automation y se convirtió en parte de su división de software. En ese momento, se le cambió el nombre a Arena, que representa un entorno de simulación interactiva. Arena se convirtió rápidamente en una herramienta popular en la industria y en la academia debido a su capacidad para modelar una amplia gama de sistemas complejos y permitir a los usuarios simular y optimizar su rendimiento. El software utiliza una interfaz gráfica intuitiva y ofrece una amplia gama de capacidades de modelado y análisis, lo que lo hace accesible tanto para expertos en simulación como para aquellos nuevos en el campo (Fábregas et al., 2003).

A lo largo de los años, Arena ha evolucionado y se ha mantenido al día con los avances tecnológicos y las demandas cambiantes de la simulación de sistemas. Se han agregado características adicionales, como la simulación en tiempo real, la optimización

basada en objetivos y la capacidad de modelar sistemas de múltiples dominios (Fábregas et al., 2003).

2.2.2.1.2. ¿Qué es Arena?

Es una plataforma que proporciona un entorno de trabajo unificado para la construcción de modelos de simulación en diversos ámbitos, integrando en una interfaz intuitiva todas las herramientas necesarias para el desarrollo eficaz de una simulación, como animaciones, análisis de datos de entrada y salida, y verificación del modelo (Fábregas et al., 2003).

2.2.2.1.3. Paneles del Software Arena.

Los paneles se utilizan de acuerdo con el objetivo y el grado de complejidad del sistema que se desea representar, donde cada uno de ellos está conformado por módulos lógicos y módulos de datos, los cuales permiten estructurar, configurar y analizar el modelo de simulación (Fábregas et al., 2003).









2.2.2.1.4. Panel de Procesos básicos.

El panel de procesos básicos corresponde a un conjunto de herramientas que permite construir diagramas de flujo de baja complejidad, donde estos paneles de modelamiento se organizan en módulos lógicos y módulos de datos; ante lo cual, los módulos lógicos intervienen directamente en el funcionamiento del modelo, ya que modifican atributos y el estado del sistema a medida que las entidades se desplazan por él; mientras que, los módulos de datos no forman parte de la ventana principal del modelo, sino que se presentan como hojas de trabajo, cuya función es definir los valores iniciales y las propiedades de los distintos elementos que integran el modelo (Fábregas et al., 2003).

2.2.2.1.5. Módulos Lógicos.

A continuación, se describen los principales módulos de Arena en la tabla 5:

Tabla 5*Módulos lógicos básicos del software Arena*

Módulo	Definición
Create 	<p>Las entidades que serán procesadas dentro del sistema simulado se crean en este módulo, el cual se considera el punto inicial para la construcción del modelo; no obstante, dependiendo de las características del sistema a representar, pueden requerirse múltiples fuentes de entrada de entidades. En este módulo también se define el atributo denominado Entity Type, el cual permite clasificar y distinguir a cada entidad dentro del modelo de simulación.</p>
Dispose 	<p>Este módulo tiene como finalidad retirar una entidad del modelo y se ubica al final de la secuencia de instrucciones, cuando se considera que la entidad ha alcanzado el punto de salida del sistema simulado, registrando y recopilando las estadísticas asociadas a cada entidad.</p>
Process 	<p>En este módulo las entidades son sometidas a un proceso que implica el uso de un recurso, una demora por el tiempo de operación y la liberación posterior del recurso, pudiendo además especificarse el tipo de costo al que corresponde dicho tiempo.</p>
Decide 	<p>Facilita la asignación del flujo de las entidades de acuerdo con un criterio de decisión, que puede fundamentarse en una condición, una probabilidad o una expresión matemática.</p>
Batch 	<p>Permite conformar lotes o agrupaciones de entidades con un tamaño previamente establecido, los cuales pueden ser de carácter permanente o temporal y estar formados por entidades de un mismo tipo o de diferentes tipos; además, al momento de crear el lote, se genera una nueva entidad que representa al conjunto agrupado.</p>
Separate 	<p>Desagrega los lotes que han sido formados de manera temporal, cumpliendo la función inversa al módulo Batch; además, este módulo también puede emplearse para generar copias de una misma entidad.</p>
Assign 	<p>Su función es modificar el valor de un atributo, una variable, un nivel, una secuencia u otro parámetro del sistema, por lo que en un solo módulo Assign es posible realizar múltiples asignaciones de manera simultánea.</p>
Record 	<p>Se emplea para almacenar y analizar estadísticas del sistema simulado, así como para contabilizar eventos o entidades.</p>

Nota. Obtenido de Fábregas et al. (2003).

2.2.2.1.6. *Módulos Datos.*

Respecto a los módulos de datos, se cuenta con los siguientes tal como se expone en la tabla 6:

Tabla 6

Módulo de datos básicos software Arena

Módulo	Definición
Entity	En esta hoja de trabajo se establecen, según las distintas categorías, el atributo Entity Type, la animación inicial asignada a la entidad y los costos iniciales correspondientes.
Queue	En este módulo se establecen los nombres de las distintas colas y el tipo de regla de atención o liberación que siguen, como FIFO, LIFO, entre otras.
Resource	Aquí se establecen los recursos utilizados, junto con sus parámetros principales, como la capacidad, los costos asociados y el comportamiento ante fallas.
Variables	Aquí se asignan los valores iniciales de las variables empleadas y se indican las dimensiones correspondientes a los arreglos.
Schedule	Aquí se configura el horario de funcionamiento mediante el cual se programa la capacidad del recurso.
Sets	Se emplea cuando es necesario crear conjuntos repetitivos de recursos, figuras, colas, contadores, estadísticas u otros elementos, con el propósito de facilitar el modelamiento de un sistema específico.

Nota. Extraído de Fábregas et al. (2003).

2.2.2.1.7. *Panel de Procesos Avanzados.*

El panel de procesos avanzados está conformado por un conjunto de módulos con funciones especializadas que proporcionan un mayor nivel de detalle y control sobre el flujo de las entidades dentro del modelo, posibilitando así la interacción con archivos externos, tanto para lectura como para escritura, así como trabajar con hojas de cálculo y archivos de texto. Además, permite generar estadísticas y, ampliar y complementar las funcionalidades del panel de procesos básicos (Fábregas et al., 2003).

2.2.2.1.8. *Módulos de Lógicos.*

En cuanto a los módulos lógicos se poseen los siguientes como se expone en la tabla

7:

Tabla 7

Módulos lógicos avanzados del software Arena

Módulo	Definición
Delay	Este módulo mantiene retenidas a las entidades que ingresan durante un tiempo previamente definido, almacenándose conforme van llegando y pueden ser demoradas de manera simultánea; además, posteriormente, son liberadas de forma progresiva a medida que se cumple su tiempo de permanencia.
Dropoff	Este módulo permite extraer una cantidad determinada de entidades de un grupo previamente conformado mediante el módulo <i>Pick up</i> , a partir de una posición específica, donde una entidad portadora que representa a un conjunto de entidades, en el cual cada una ocupa una posición definida, como en una fila, puede ingresar a este módulo y liberar parcial o totalmente su carga de entidades, de acuerdo con las condiciones establecidas por el analista.
Hold	Este módulo cumple tres funciones que influyen en el flujo de las entidades dentro del modelo. En primer lugar, permite retener entidades hasta recibir una señal, enviada por un módulo <i>Signal</i> , que ordena liberar todas o una parte de ellas; en segundo lugar, posibilita mantener entidades en espera y liberarlas únicamente cuando una condición del sistema se evalúa como verdadera; finalmente, este módulo puede retener entidades de forma indefinida, manteniéndolas en una cola hasta que sean retiradas mediante alguna lógica externa.
Match	Este módulo permite sincronizar dos o más tipos de entidades, manteniéndolas en colas independientes y liberando de manera simultánea una unidad de cada tipo cuando todas se encuentran disponibles; además, si falta algún tipo de entidad, las demás permanecen en espera hasta que dicho tipo llegue, momento en el cual se libera una entidad de cada categoría al mismo tiempo.
Pick up	Este módulo permite leer información desde archivos externos y transferir sus valores a las variables utilizadas en el modelo; asimismo, posibilita escribir los valores de atributos o variables en archivos externos, con el fin de que puedan ser analizados posteriormente en otros programas.

Módulo	Definición
Readwrite	Mediante este módulo se pueden leer datos provenientes de archivos externos y transferirlos a las variables utilizadas en el modelo, así como escribir información del modelo en archivos externos para su análisis posterior.
Release	Su función es liberar recursos, tarea que normalmente forma parte del módulo Process, pero que puede gestionarse de manera independiente para un control más detallado del uso de los recursos.
Remove	Su finalidad es extraer una entidad que ocupa una posición específica dentro de una cola determinada, siendo este módulo activado por una entidad lógica y su salida está compuesta, por un lado, por dicha entidad lógica y, por otro, por la entidad que ha sido retirada de la cola.
Seize	Mediante este módulo una entidad puede tomar posesión o reservar un recurso específico, encargándose únicamente de asignar el recurso a la entidad solicitante, sin generar ningún tiempo de demora. Si el recurso se encuentra ocupado, la entidad deberá esperar en una cola hasta que esté disponible; además, el panel de procesos avanzados posee módulos especializados para el control detallado de las operaciones con recursos, los cuales son Seize, Delay y Release.
Search	Este módulo se utiliza para localizar una condición específica dentro de un lote, una cola o un grupo de entidades, donde el resultado de la búsqueda se almacena en una variable denominada J, la cual indica la posición que ocupa, dentro del conjunto, la entidad que cumple con la condición establecida; por su parte, cuando no se encuentra ninguna entidad que satisfaga dicha condición, la variable J toma el valor de cero.
Signal	Este módulo tiene la función de enviar una señal de un tipo específico a todos los módulos Wait que se encuentren a la espera de dicha señal, con el fin de liberar las entidades que permanecen retenidas; por su parte, la señal se emite en el momento en que una entidad atraviesa el módulo Signal.
Store	Este módulo establece el inicio de un almacenamiento con fines de animación y control, permitiendo fijar visualmente a una entidad en una ubicación determinada mientras ejecuta operaciones lógicas; también, la liberación de esta animación se realiza a través del módulo Unstore.
Unstore	Se utiliza para liberar la animación de una entidad que ha sido fijada o almacenada en una ubicación mediante el módulo Store.

Nota. Extraído de Fábregas et al. (2003).

2.2.2.1.9. Módulos Datos.

Con relación a los módulos de datos, existen los que se describen a continuación en la tabla 8:

Tabla 8

Modulo de datos avanzado del software Arena

Módulo	Definición
Advanced set	El módulo Advanced Set permite definir y manejar conjuntos o arreglos de elementos más complejos, como grupos de colas, secuencias y, en general, cualquier tipo de componente del modelo.
Expression	Almacena expresiones que pueden ser utilizadas o invocadas desde cualquier parte del modelo, donde utilidad de estas expresiones radica en que pueden incluir operaciones matemáticas, como sumas o productos, así como distribuciones de probabilidad, tales como la normal o la exponencial.
Failure	En este módulo se establecen las características asociadas a las fallas o paradas de un recurso; también, se especifican aspectos como el tipo de falla, ya sea por conteo o por tiempo, el tiempo requerido para la reparación y las unidades correspondientes al proceso de mantenimiento, entre otros parámetros.
File	En este módulo de datos se especifican los archivos que serán utilizados dentro del modelo.
Stateset	En este módulo se crean grupos de estados de recursos definidos por el usuario, o se modifican los nombres de los estados predeterminados y automáticos del sistema.
Statistic	Este módulo permite definir estadísticas personalizadas sobre las entidades o las variables del modelo. Asimismo, ofrece la opción de exportar las estadísticas recopiladas a un archivo en un formato especial que puede ser analizado mediante la herramienta Output Analyzer.
Storage	Define las ubicaciones en las que se fija la animación de las entidades o los almacenamientos.

Nota. Extraído de Fábregas et al. (2003).

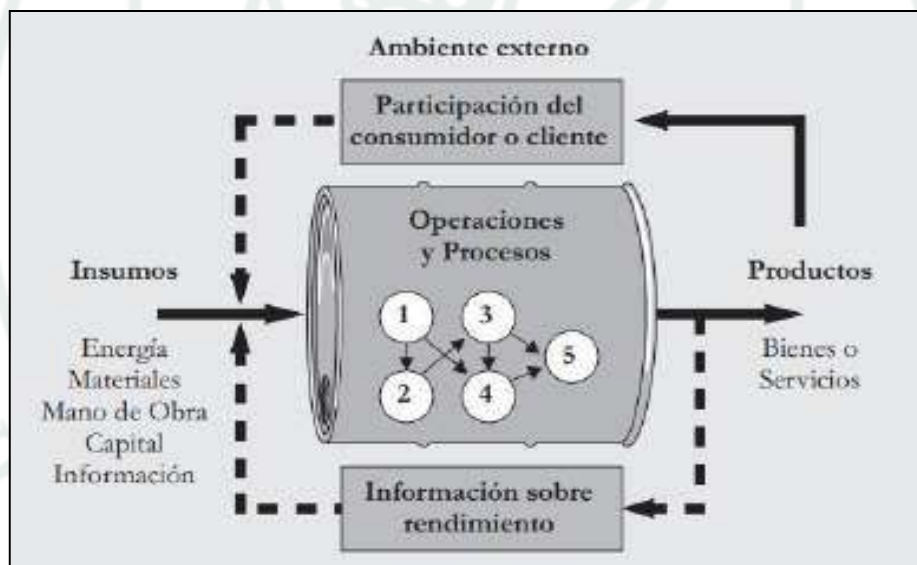
2.2.3. Conceptos básicos sobre sistemas productivos e inventarios

2.2.3.1. Sistema Productivo

Un sistema de producción comprende componentes como insumos, procesos, productos y el intercambio de información, que lo enlazan con los clientes y el entorno externo. Se trata de un conjunto de elementos interconectados que trabajan en conjunto para alcanzar objetivos específicos. Además, es necesario destacar que estos sistemas suelen estar interrelacionados con otros en lo que se conoce como cadena de valor. Referente al proceso del sistema de administración de operaciones, se adjunta el mismo en la figura 7:

Figura 7

Sistema de administración de operaciones

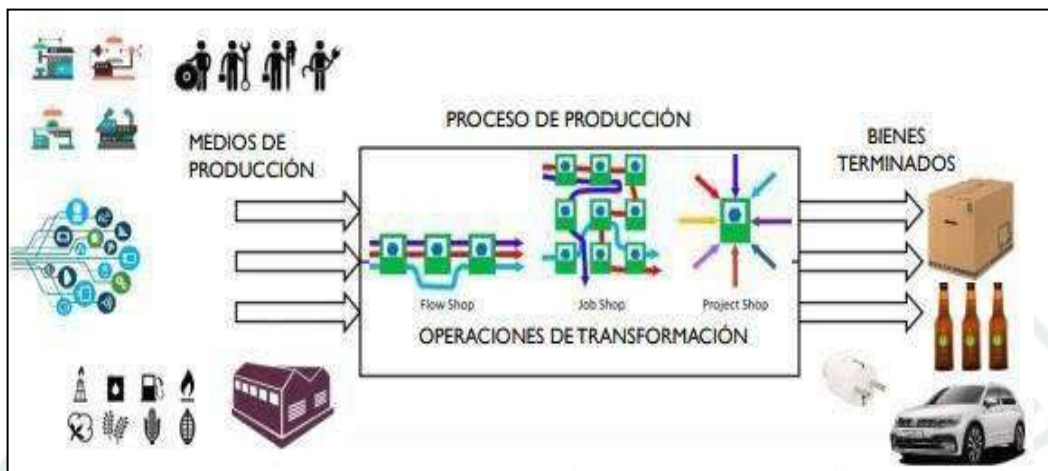


Nota. Obtenido de Paz y Gómez (s.f.).

Asimismo, un ejemplo de sistemas de producción y proceso de producción se adjuntan en la figura 8:

Figura 8

Sistemas de producción y proceso de producción



Nota. Obtenido de Navarro y Ripoll (s.f.).

2.2.3.2. Tipos de sistemas según la cantidad de productos que se sirven.

- **Sistema productivo por proyectos**

Un sistema de producción en proyectos se emplea por lo general cuando en el proceso productivo se obtiene uno o pocos productos con un largo periodo de fabricación, la organización solo tiende a producir después de haber percibido un encargo o pedido de sus productos (Navarro & Ripoll, s.f.)

- **Sistema productivo por Lotes**

Un sistema productivo por lotes es un sistema de producción donde se elabora una cantidad acotada de productos que tienen características parecidas, donde los productos a fabricar van separados en lotes a medida que avanzan por el proceso de producción (Navarro & Ripoll, s.f.)

- **Sistema productivo Continuo**

Un sistema productivo continuo es una forma de organizar el flujo de materiales en la empresa que consiste en que dicho flujo sea constante sin pausa y sin que se produzcan ningún tipo de transición entre unas operaciones u otras, se enfoca a situaciones de

fabricación, en las cuales las instalaciones se adaptan a ciertos itinerarios y flujo de operación que siguen una escala no afectada por interrupciones (Navarro & Ripoll, s.f.)

2.2.3.3. Cuello de botella en un proceso productivo.

Un cuello de botella, también conocido como bottleneck, puede entenderse como cualquier recurso cuya capacidad resulta menor que la demanda que recibe, lo que representa una restricción clara dentro del sistema y limita el nivel de producción alcanzable (Jacobs & Chase, 2014).

En este sentido, el cuello de botella corresponde al componente del sistema, ya sea un nodo o una conexión, que impide que se logre un mayor desempeño a partir de cierto nivel, el cual está condicionado por su capacidad física, así como por las reglas organizativas y las prácticas operativas vigentes (Jacobs & Chase, 2014).

Asimismo, son aquellos procesos que ejercen una influencia directa sobre el rendimiento global del sistema, de modo que, cuanto mayor es dicha influencia, más crítico resulta el cuello de botella para el funcionamiento del proceso (Roser & Nakano, 2015).

2.2.3.4. Inventarios.

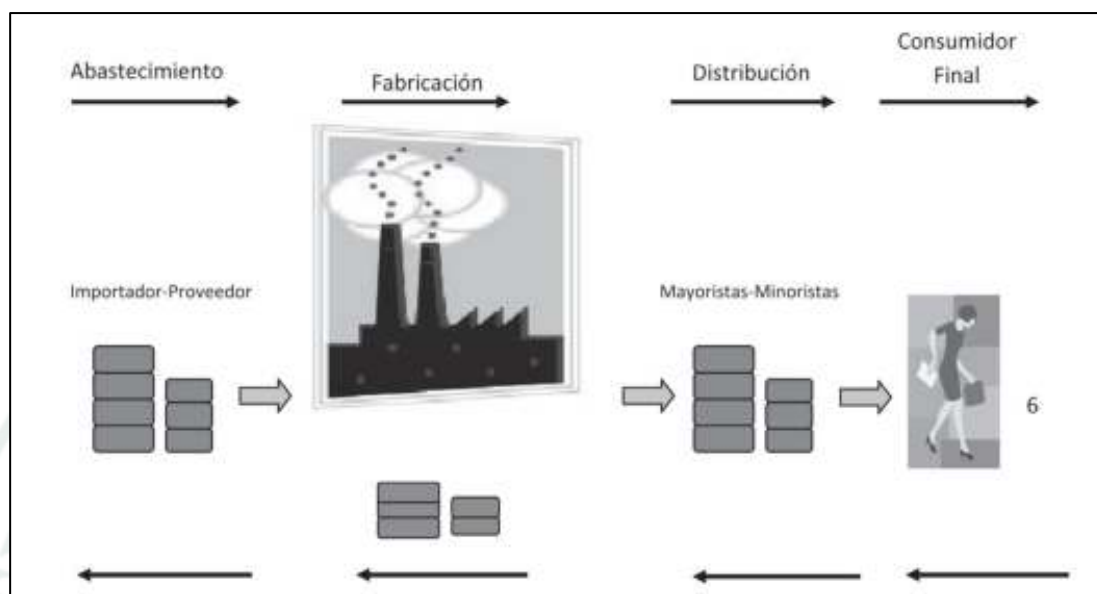
Inventario es una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo, para satisfacer una demanda futura (Sipper & Bulfin, 1997).

El inventario en una empresa está conformado por la materia prima, insumos o productos en proceso necesarios para la fabricación y posterior comercialización en productos terminados (Duran, 2012).

El proceso de los inventarios en la cadena de suministro se evidencia en la figura 9:

Figura 9

Inventarios en la cadena de suministro



Nota. Obtenido de Duran (2012).

2.2.3.5. Tipos de Inventarios

Existen diversos inventarios, los cuales dependen de la naturaleza de la empresa y del criterio que se considere, como los siguientes expuestos en la tabla 9:

Tabla 9

Tipo de inventarios

Criterio	Definición	Categorías de inventario
Según su función	Se organiza de acuerdo con el papel que cumple cada inventario dentro de la operación de la empresa.	Insumos o materias primas Artículos en proceso Productos finales
Según la finalidad	Se clasifica según el motivo por el cual la empresa mantiene existencias.	Inventario de resguardo o seguridad Inventario operativo o de movimiento Inventario estratégico o especulativo

Criterio	Definición	Categorías de inventario
Según su vida útil	Se agrupa según el tiempo que puede conservarse sin deterioro.	Bienes perecibles Bienes no perecibles
Según su procedencia	Se ordena de acuerdo con el origen de los productos almacenados.	De origen nacional De origen importado
Según su valor económico (Pareto)	Se clasifica en función de su importancia monetaria dentro del total del inventario.	Categoría A Categoría B Categoría C
Según el tipo de producto	Se agrupa según la naturaleza física y la velocidad de rotación de los artículos almacenados.	Licores Whisky Ron Vino Cerveza

Nota. Elaboración propia en base a Duran (2012).

2.2.3.6. Sistema de Inventario.

Un sistema de inventarios establece la estructura organizativa y las políticas operativas necesarias para mantener y controlar los productos en stock. Este sistema gestiona la ordenación y recepción de los artículos, determinando los tiempos óptimos para realizar los pedidos y rastreando su seguimiento (Chase et al., 2009).

2.2.3.7. Niveles de Inventario.

El nivel de inventario representa la cantidad de existencias disponibles en toda la red logística o de distribución de una empresa, abarcando los productos almacenados en almacenes, centros logísticos y tiendas físicas.

Examinar el nivel de inventario es esencial en la gestión eficiente de existencias: los niveles óptimos de inventario son aquellos que maximizan la rentabilidad de las operaciones sin incurrir en costos innecesarios de almacenamiento. Por lo tanto, el encargado de la logística debe tener un conocimiento detallado de la cantidad de existencias requeridas para satisfacer los pedidos pendientes en cada referencia.

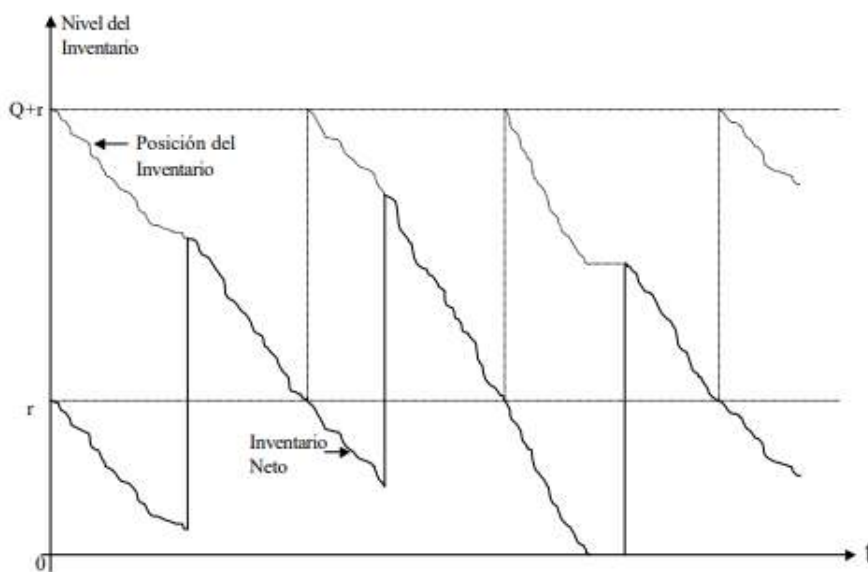
2.2.3.8. Política de Control de Inventarios Productos Terminados (r, R).

Debido a los supuestos del modelo $\langle Q, r \rangle$, se permite hacer un pedido justo cuando el nivel de inventario alcanza el punto de reorden r . En este modelo, se asume que en cualquier momento puede llegar una demanda de más de una unidad, lo que posibilita realizar un pedido cuando el nivel de inventario es menor que r . Por ejemplo, si el nivel de inventario es 32 y el punto de reorden es 30, y llega un pedido de 5 unidades, se realizaría un pedido cuando el nivel de inventario es 28 en lugar de esperar hasta alcanzar el nivel de reorden de 30. Sin embargo, bajo esta política $\langle Q, r \rangle$, no se minimiza el costo anual. Por lo tanto, se debe aplicar una política $\langle R, r \rangle$ (Peregrina, 2000).

La política $\langle R, r \rangle$ implica hacer un pedido cuando el nivel de inventario es igual o menor que r , y la cantidad a pedir será aquella que permita llevar el nivel de inventario a R . Las ecuaciones para los casos de venta pendiente y pérdida de venta son las mismas que las del modelo $\langle Q, r \rangle$ (Peregrina, 2000). Dicho modelo gráfico se adjunta en la figura 10:

Figura 10

Modelo $\langle Q, r \rangle$ Caso venta pendiente



Nota. Obtenido de Peregrina (2000).

2.2.3.9. Costos de Inventarios.

Dentro de los costos de inventarios se involucran tres tipos de costos, como los siguientes:

- Costo de mantenimiento o manejo: Están representando por todos los costos que involucra mantener la existencia de un artículo de inventario durante un periodo específico. Son costos variables por unidad (Peregrina, 2000).
- Costos de pedido: Están relacionados con los costos administrativos necesarios en la solicitud de los pedidos inventarios (Peregrina, 2000).
- Costos totales: Se define como la suma del costo de faltante (pedido) y el costo de mantener un inventario (Peregrina, 2000).
- Costo de Oportunidad o Costos por Faltantes (Peregrina, 2000).

2.2.3.10. Costos de Oportunidad o Costos por Faltantes.

El tipo de costos al que te refieres se denomina "costos por falta de existencias" o "costos de escasez". Estos costos se producen cuando la demanda supera el nivel de inventario disponible, lo que resulta en la pérdida de ingresos debido a la incapacidad de satisfacer a los clientes. Además de la pérdida de ingresos, la falta de existencias puede generar una mala imagen para la empresa, lo que podría resultar en la pérdida de clientes e incluso poner en riesgo la viabilidad del negocio. Es esencial para las empresas gestionar sus inventarios de manera eficiente para minimizar estos costos y garantizar la satisfacción del cliente (Rojas De Gante, 2013)

En el contexto de las aplicaciones técnicas, el término "faltante" se refiere a un fenómeno específico en el que los pedidos llegan después de que el inventario se ha agotado por completo. Esto significa que la empresa se encuentra sin inventario disponible para satisfacer la demanda de los clientes en el momento en que llega un pedido pendiente. Es decir, el faltante ocurre cuando no hay existencias disponibles para cubrir una solicitud de producto.

2.2.3.11. Costos por Fallos Internos.

Según Padrón (2015) algunos de los costos por fallos internos son los siguientes:

- **Desechos de productos:** Gastos asociados a los productos que se descartan debido a que no pueden ser reparados.
- **Reprocesos:** Gastos generados, tanto en términos de materiales como de personal, al volver a procesar un producto o repetir un servicio que ha resultado defectuoso.
- **Reinspecciones:** Gastos relacionados con la necesidad de inspeccionar nuevamente un producto o servicio después de haber sido procesado.
- **Accidentes:** Gastos ocasionados por no cumplir con las normativas de seguridad establecidas.
- **Costos financieros:** Gastos derivados del aumento del inventario en previsión de productos defectuosos.

2.2.4. Métodos y análisis de resultados

2.2.4.1.DAP.

El Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) es una herramienta utilizada para representar de forma detallada las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos en un proceso, permitiendo identificar actividades que no agregan valor y oportunidades de mejora (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

2.2.4.2.DOP.

El Diagrama Operacional del Proceso (DOP) describe de manera secuencial y detallada las operaciones e inspecciones necesarias para transformar insumos en productos, facilitando el análisis del flujo operativo y la estandarización de procesos (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

2.2.4.3.Layout.

El layout o distribución de planta es la organización física de equipos, áreas y flujos dentro de una instalación con el objetivo de minimizar desplazamientos y aumentar la eficiencia productiva (García-Díaz & Smith, 2013).

2.2.4.4.FlowShet.

Un FlowSheet es un diagrama que representa de forma gráfica la secuencia lógica de actividades, decisiones y operaciones de un proceso, siendo fundamental para documentar y analizar sistemas productivos (US EPA, 2017).

2.2.4.5.Ishikawa.

El Diagrama de Ishikawa es una herramienta visual utilizada para identificar, clasificar y organizar las causas potenciales de un problema en categorías como métodos, mano de obra, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente (ASQ, 2020).

2.2.4.6.OptQuest for Arena.

OptQuest es un optimizador integrado al software Arena que emplea algoritmos metaheurísticos para determinar automáticamente la combinación óptima de variables en un modelo de simulación, considerando restricciones y objetivos definidos por el usuario (Rockwell Automation, 2021).

2.2.4.7.Software Arena.

Arena es un software especializado en simulación de eventos discretos utilizado para modelar procesos, analizar su desempeño y evaluar escenarios alternativos mediante experimentación virtual. Facilita la toma de decisiones en sistemas productivos, logísticos y de servicios (Rockwell Automation, 2021).

2.2.5. Métodos estadísticos

2.2.5.1.Input Analyzer.

El Input Analyzer es una herramienta de Arena utilizada para ajustar distribuciones de probabilidad a datos reales mediante pruebas estadísticas, gráficos comparativos y estimación de parámetros (Rockwell Automation, 2021).

2.2.5.2.Tamaño de muestra.

El tamaño de muestra se define como la cantidad mínima de observaciones necesarias para garantizar precisión estadística, determinada según variabilidad, nivel de confianza y margen de error (National Institute of Standards and Technology [NIST], 2013).

2.2.5.3.Pruebas de bondad de ajuste Chi Cuadrado y Kolmogórov-Smirnov.

La prueba Chi Cuadrado evalúa si las frecuencias observadas se ajustan a una distribución teórica. La prueba Kolmogorov–Smirnov compara la distribución empírica de los datos con una distribución teórica mediante la máxima diferencia entre ambas curvas (NIST, 2012).

2.2.5.4.Output Analyzer.

El Output Analyzer es una herramienta de Arena que permite analizar los resultados de la simulación mediante intervalos de confianza, comparaciones estadísticas y análisis de escenarios (Rockwell Automation, 2021).

2.2.5.5.Determinación del número de réplicas.

El número de réplicas es la cantidad de ejecuciones independientes requeridas para obtener estimaciones confiables del desempeño del sistema, calculado a partir de la varianza, nivel de confianza y error permisible (Banks et al., 2014).

2.2.5.6.Validación mediante el intervalo de confianza y el estadístico de la prueba.

La validación mediante intervalos de confianza consiste en comparar las salidas del modelo con datos reales, verificando si el valor real se encuentra dentro del rango estimado; mientras que el estadístico de prueba permite cuantificar la diferencia entre el modelo y la realidad para aceptar o rechazar la validez del modelo (Montgomery, 2013).





CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

3.1. Presentación de la empresa

3.1.1. Generalidades

- **Actividad Comercial:** Elaboración y distribución de productos alimentarios
- **Departamento:** Arequipa, Perú
- **Tipo Empresa:** MYPE

3.1.2. Misión y Visión

a) Misión

Ser una empresa dedicada a la elaboración, distribución y exportación de mermeladas de calidad extra para satisfacer las necesidades de los consumidores.

b) Visión

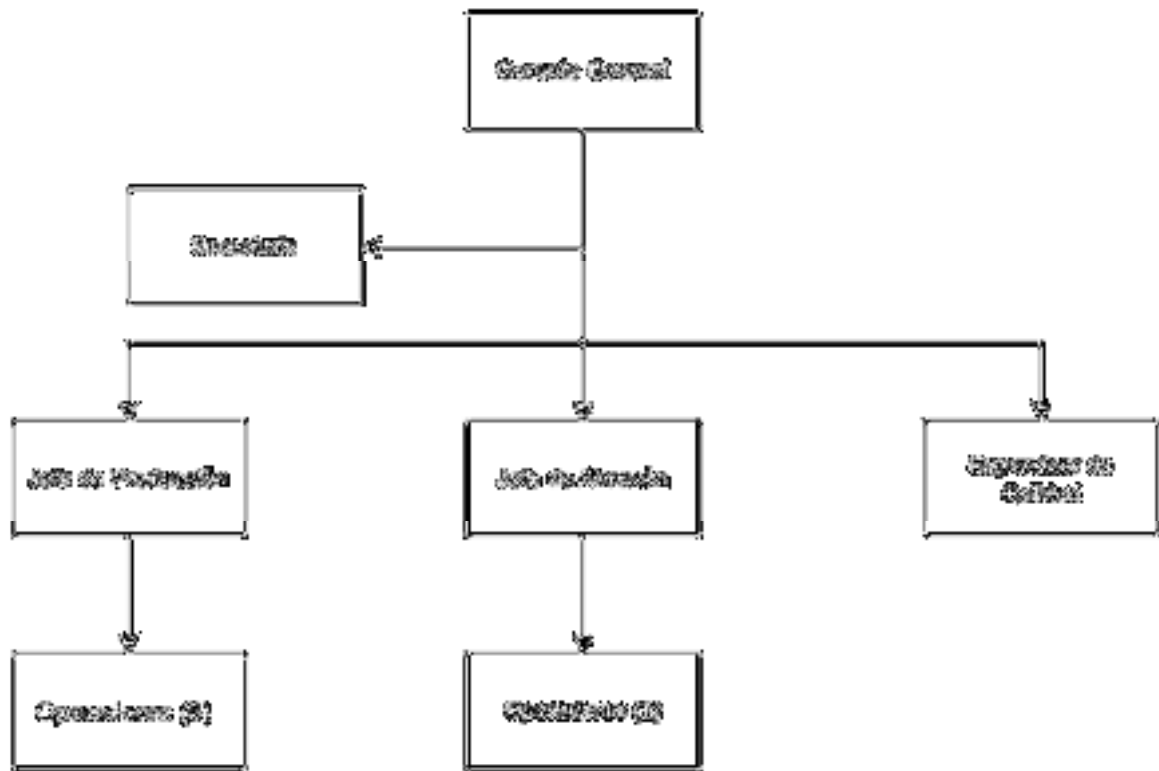
Ser la marca elegida en los hogares, proporcionando calidad de vida y excelencia en el servicio, con una constante innovación

3.1.2. Organigrama de la Empresa

En la actualidad, la empresa cuenta con 11 trabajadores, considerándose por la cantidad de los mismos que la empresa es una MYPE, teniendo como parte de su estructura a un gerente general, seguido del jefe de producción, jefe de almacén y supervisor de calidad; asimismo, el jefe de producción trabaja junto a 4 operadores y el jefe de almacén con dos operadores. De igual forma, la gerencia general cuenta con el apoyo de una secretaria, teniendo 11 trabajadores en total como se observa en la Figura 11:

Figura 11

Organigrama de la Empresa



Nota. Elaboración propia.

3.1.3. Trabajadores Actuales

Actualmente en la empresa productora, dispone de 13 trabajadores, quienes desempeñan los cargos que se detallan en la Tabla 10:

Tabla 10

Trabajadores actuales

Nro.	Personal	Área
1	Gerente General	Administrativo
2	Jefe de Producción	Administrativo
3	Jefe de almacén	Administrativo
4	Secretaría	Administrativo
5	Operadora P-1	Producción
6	Operadora P-1	Producción
7	Operadora P-1	Producción

Nro.	Personal	Área
8	Operadora P-2	Producción
9	Operadora P-2	Producción
10	Operadora P-2	Producción
11	Operador	Almacén
12	Operaria	Almacén
13	Supervisor de calidad	Control de calidad

Nota. Elaboración propia.

3.1.4. Principales Productos Ofertados por la Empresa

La organización dispone de una diversa gama de productos de elevada calidad, siendo los principales, según su porcentaje de ventas, los que se indican a continuación.

- Mermelada de papaya Arequipeña
- Mermelada de Fresa
- Mermelada de sauco
- Mermelada de Membrillo

3.1.4.1. Listado de productos y precios.

A continuación, se presenta en la tabla 11 el listado de productos y precios:

Tabla 11

Listado de productos y precios

Mermelada	Barril x 1 kg (S/)	Bolsa x 500 gr (S/)	Bolsa x 250 kg (S/)	Frasco x 550 g (S/)	Bolsa x 5 kg (S/)	Bolsa x 3 kg (S/)
Papaya	12.80	6.10	3.25	7.60	55.00	33.90
Fresa	11.70	5.50	3.00	6.90	49.00	30.00
Durazno	11.70	5.50	3.00	7.10	49.00	30.60
Naranja	11.70	5.50	3.00	6.90	49.00	-
Membrillo	11.70	5.50	3.00	6.90	49.00	-
Higo	11.70	5.50	3.00	6.90	49.00	-
Piña	11.70	5.50	3.00	6.90	49.00	30.60
Frambuesa	18.00	8.70	4.60	10.80	84.00	-
Saucu	18.00	8.70	4.60	10.80	84.00	-
Arándano	18.00	8.70	4.60	10.80	84.00	-
Aguaymanto	14.00	6.40	-	8.30	59.50	-
Guayaba	11.70	4.50	-	6.90	47.00	-

Nota. Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa.

3.1.4.2. Características y usos del producto estudiado.

Referente a las características, del producto estudiado, se detallan las mismas en la figura 12:

Figura 12

Características y usos del producto seleccionado Papaya Arequipeña

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	USOS
Sólidos Totales: 14,58 %	Sabor: Característico a papaya arequipeña, agradable, fruta en trozos.	Las especificaciones microbiológicas del producto son las establecidas por la Normativa Vigente DIGESA según los "Criterios Microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad para los	La mermelada sirve como complemento de pan, galletas, además de su utilización en la fabricación de helados y yogurt.
Azúcar invertido: 66,83 %	Olor: A fruta (papaya arequipeña).		
Ph: 3,559	Color: Amarillo Oro.		
Tiempo de vida: 24 meses	Textura: Viscosidad, característico de mermeladas.		

Nota. Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa.

3.1.4.3. Presentaciones.

- Frasco de vidrio x 550 gr.
- Barril de vidrio x 1000 gr.
- Sachet de x 500 y 250 gr.

3.1.4.4. Formas de Distribución

- Tiendas minoristas: Incluyen bodegas, minimarkets, panaderías, entre otros establecimientos que comercializan una amplia variedad de productos alimenticios.
- Compra en línea: La empresa dispone de un sitio web que proporciona información sobre sus productos y cuenta con un sistema de comercio electrónico que permite realizar pedidos y seleccionar las cantidades requeridas.

- Supermercados: En este canal de distribución, la empresa de mermeladas opera como proveedor, abasteciendo a cadenas de supermercados como Franco, El Super, entre otros.

3.1.5. Servicios prestados por la empresa

La empresa posee un área de distribución encargada de despachar los pedidos de acuerdo con el seguimiento realizado por el área de facturación, de modo que los clientes reciben los productos solicitados previamente a los vendedores. Actualmente, la empresa cuenta con dos vehículos, y cada unidad está conformada por un conductor y un auxiliar de reparto. Asimismo, se programa el recojo de productos en función de las órdenes de pedido de los clientes. Para la distribución a departamentos como Tacna, Moquegua, Puno, Juliaca, Cusco y Lima, la empresa recurre a la tercerización del servicio de transporte.

3.2. Inventario Actual de la Empresa

3.2.1. Materia prima

Los insumos básicos utilizados por la empresa en su proceso de producción están conformados por las siguientes variedades expuestas en la tabla 12:

Tabla 12

Materia prima - Empresa

Tipo de frutas	
Durazno	Naranja
Papaya	Membrillo
Fresa	Higo
Piña	Frambuesa
Sauco	Arándano
Aguaymanto	Guayaba

También se toma en cuenta los principales insumos para la elaboración de la mermelada:

- Azúcar granulada estándar: Se utiliza para aportar dulzor a la mermelada y alcanzar el nivel adecuado de sólidos solubles necesario para su correcta formación.
- Pectina: Corresponde a un conjunto de polisacáridos presentes en las paredes celulares de los tejidos vegetales, los cuales, en combinación con la celulosa, actúan como agentes gelificantes.
- Benzoato de sodio: Se emplea como conservante para inhibir el desarrollo de hongos y microorganismos, contribuyendo a la estabilidad del producto.
- Ácido cítrico: Se utiliza para ajustar el nivel de pH requerido para la adecuada formación del gel en la mermelada.
- Manteca hidrogenada: Se incorpora con la finalidad de reducir la formación excesiva de espuma durante el proceso de cocción.
- Envases de vidrio: Se usan para conservar las propiedades del producto, ya que el vidrio es un material impermeable que no transmite olores ni sabores.
- Etiquetas: Proporcionan información relevante sobre el producto, incluyendo su uso, aplicación, advertencias, cuidados e instrucciones.
- Bolsas termoencogibles: Ofrecen protección frente a factores ambientales como gases, humedad, olores y oxidación, además de brindar estabilidad, transparencia y resistencia al manejo, contribuyendo a prolongar la vida útil del producto.

Productos terminados

La empresa comercializa productos terminados mermeladas, en la siguiente tabla 13 se muestra por el tipo de sabor, contenido y presentación.

Tabla 13*Producto terminado -Mermelada*

Mermeladas	Contenido
Papaya	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Fresa	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Durazno	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Naranja	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Membrillo	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Higo	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Piña	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 3 kg
Frambuesa	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
Sauco	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Bolsa x 250 kg
	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg

Mermeladas	Contenido
Arándano	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Frasco x 550 kg
Aguaymanto	Barril x 1kg
	Bolsa x 500 gr
	Frasco x 550 kg
Guayaba	Bolsa x 5 kg
	Bolsa x 250 kg
Membrillo repostero	Frasco x 550 kg
	Bolsa x 5 kg

Nota. Elaboración propia.

3.4. Maquinaria y Equipos

Con relación a la maquinaria y equipos se posee:

3.4.1. Maquinaria

En la tabla 14 se expone la ficha técnica de la paila de cocción:

Tabla 14

Ficha técnica paila de cocción

PAILA DE COCCIÓN				
FICHA TECNICA				ILUSTRACIÓN
Especificaciones operativas:				
No se trata de una actividad compleja, pues se limita básicamente a la cocción, el mezclado y la agitación de los insumos.				
Componentes:				
El equipo está compuesto por una estructura metálica, una paila u olla, una paleta de agitación y diversos accesorios que permiten elevar la temperatura y facilitar el vaciado del material procesado.				
Dimensionamiento:				
Material base	Ancho	Largo	Alto	Espesor
Acero inoxidable	53.125"	48.875"	41"	120 kg
Capacidad	Clasificación PSI	Peso del barco	Revestimiento de acero inoxidable	
150 galones	35	495 libras	316	
Especificaciones técnicas				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Filtro y drenaje tangente de 2" ➤ Válvula de control de vapor ➤ Soporte de grifo ➤ Cubierta asistida por resorte ➤ Base abierta de tres patas. ➤ Pies con bridas ajustables ➤ Diseño con camisa de vapor completo 				

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 15 se expone la ficha técnica de la pulpeadora:

Tabla 15

Ficha técnica de pulpeadora


PULPEADORA			
FICHA TECNICA			ILUSTRACIÓN
Descripción:			
Equipo destinado a la extracción de pulpa de diferentes frutas para su uso en la elaboración de néctares, mermeladas, compotas, entre otros productos.			
Especificaciones operativas:			
Máquina diseñada para el despulpado de una amplia variedad de frutas, destinada al procesamiento de productos como néctares, mermeladas, compotas, jaleas y pastas. Está fabricada en acero inoxidable de calidad AISI 304 y 316, lo que garantiza resistencia e higiene. Presenta una alta capacidad de producción e incorpora una compuerta superior desmontable que facilita su limpieza, así como una salida independiente para la descarga de pepas y cáscaras. Cuenta con tamices de fácil reemplazo, paletas ajustables para adaptarse a distintos tipos de productos y un freno especial de tipo pedal por fricción. Los tamices disponibles varían entre 1.5 mm y 6.0 mm.			
Dimensionamiento:			
Modelo	Potencia requerida (HP)	Productividad	Voltaje
DFV 19-40 I/C	2	120 a 400	220
Suministro	Agua		Vida util
monofásico	No requiere		10 años
Herramiento de funcionamiento			
Repuestos que utiliza la maquina	Correas, cojinetes, etc		
Insumos para la maquina	Grasa para la maquina		
Mano de obra necesaria	1 persona; para cargado		

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 16 se expone la ficha técnica de la balanza de recepción:

Tabla 16

Ficha técnica de balanza de recepción

BALANZA DE RECEPCIÓN				
FICHA TECNICA			ILUSTRACIÓN	
Descripción				
<p>Herramienta de trabajo para controlar la recepción de mercancía; ya sea en las tiendas y comercios; o en los grandes almacenes industriales.</p>				
Especificaciones operativas:				
<p>Esta balanza cuenta con una capacidad de pesaje que le otorga una precisión acorde con los estándares comerciales, brindando comodidad y rapidez en la operación para mejorar el desempeño laboral. Además, su diseño incorpora un alto nivel de tecnología electrónica que contribuye a prolongar su vida útil.</p>				
Dimensionamiento:				
Tipo	Capacidad	Ancho	Alto	Peso
Digital	150kg	30	65	6kg
Graduación	Pantalla	Función con batería	Recarga de batería	
50 gr	LCD	4v	220 VAC	

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 17 se expone la ficha técnica de la balanza de envasado:

Tabla 17*Ficha técnica de balanza de envasado*

BALANZA DE ENVASADO				
FICHA TECNICA			ILUSTRACIÓN	
Descripción				
Herramienta de trabajo para controlar el pesaje en las áreas de proceso y de empaque de producto terminado en las diferentes plantas de transformación alimentaria				
Especificaciones operativas:				
Esta balanza por su capacidad de pesaje tiene una precisión adecuada a los estándares mercantiles. Comodidad y disponibilidad rápida de tiempo para un mejor desempeño laboral permitiendo el trabajo más fluido. La balanza está diseñada con un alto procedimiento en todos sus niveles electrónicos y favorece la vida útil.				
Dimensionamiento:				
Precisión	Capacidad	Ancho	Alto	largo
0.5 a 1 g	10 a 15 kg	0.4 m	0.4 m	0.4 m
Datos técnicos:				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botones de tara y puesta a cero ➤ Resistencia e higienica ➤ Iluminación del display ➤ Lectura facil y rapida ➤ Patas autnivelantes ➤ Sistema electrico 110 voltios monofasica 				

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 18 se expone la ficha técnica de la selladora:

Tabla 18

Ficha técnica de selladora

SELLADORA				
FICHA TECNICA				ILUSTRACIÓN
Descripción:				
Equipo utilizado para sellar y cortar las bolsas plásticas para manipular material estéril, con sellado por impulso electrónico aplicado a material altamente conductivo				
Especificaciones operativas:				
Diseñado basado en un sistema de generación de impulso térmico, con capacidad para regular la potencia y tiempo de sellado en función de la materia a sellar (poliestireno) con cuchilla que permite cortar sobre los márgenes de la superficie sellada, de esta manera permite el aislamiento del material sellado con respecto al medio externo.				
Características físicas:				
Tiempo de sellado	Ancho de sellado	Largo	Ancho	Altura
0.2 seg a 1.5 seg	2 mm	80mm	320mm	150mm
Grosor máximo de sellado	Longitud máxima de sellado		Potencia de sellado	
0.3 mm	200 mm		300 w y 400 w	
Condiciones de preinstalación				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suministro por cargador adaptador electrico monofasico, 220 VAC, 60 Hz y conectado a sistema de puesta a tierra, con sistema de protección de emergencia. 				

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 19 se expone la ficha técnica del codificador fechador eléctrico:

Tabla 19

Ficha técnica codificador fechador eléctrico

CODIFICADOR FECHADOR ELECTRICO				
FICHA TECNICA			ILUSTRACIÓN	
Descripción:				
Equipo utilizado para colocar la información del fechado en todos tus productos que cuenten con algún tipo de envasado como: papel de aluminio, bolsas de plástico y/o papel, cuero, entre otros.				
Especificaciones				
Fechador codificador personalizado indeleble para superficies planas, sella bolsas, papel y más. La máquina facilita colocar a las etiquetas de los productos la fecha de expiración, lote.				
Datos técnicos:				
Peso neto	Peso bruto	Largo	Ancho	Altura
1.92 kg	2.425 kg	26 cm	13 cm	24 cm
Voltaje	Frecuencia			Potencia
220 v	50 – 60 Hz			200 Watts
Condiciones del equipo				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema de accionamiento mecánico o manual. ➤ Estructura en aluminio con aleación de magnesio. ➤ Realizar el cambio de la cinta es muy sencilla. ➤ Cuenta con potenciómetro analógico para regular la temperatura. ➤ Interruptor de encendido y apagado. ➤ Fechador: Fecha Producción /Fecha de Expiración/Lote. ➤ 01 llave térmica para encendido y apagado general. ➤ Fusible protector. ➤ Barra, letras y números de fechador de Bronce. ➤ Patas de goma antideslizante 				

Nota. Información facilitada por la empresa.

En la tabla 20 se expone la ficha técnica de la autoclave:

Tabla 20*Ficha técnica de autoclave*

AUTOCLAVE	
FICHA TECNICA	ILUSTRACIÓN
Descripción:	
Dispositivo que emplea vapor de agua a alta presión y temperatura para la esterilización de equipos y materiales médicos y de laboratorio. Su funcionamiento permite la inactivación de la mayoría de virus y bacterias, aunque se ha demostrado que algunos microorganismos y agentes como los priones pueden resistir las condiciones térmicas generadas por la autoclave.	
Especificaciones operativas:	
En el interior hay 2 cestas de chapa perforada de acero inoxidable para contener los productos a esterilizar, un panel eléctrico gestiona todas las secuencias de los ciclos de esterilización a través de un PLC, rampas de subida de temperaturas ajustables, rampas de subida de temperatura ajustables	
Características específicas	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad total 250 L ➤ Largo :0.45 m ➤ Altura 1.55 m ➤ Ancho 0.82 m ➤ Peso 150 kg ➤ Presión de camara 2 Bar ➤ Temperatura maxima 133°C 	





Nota. Información facilitada por la empresa.

3.4.2. Utensilios y enseres

Con relación a los utensilios y muebles, se posee los descritos en la tabla 21:

Tabla 21

Ficha técnica balanza mecánica de dos platos

Utensilios o enseres	Área	Ilustración
Refractómetro	Laboratorio	
PH metro	Laboratorio	
Termómetro	Laboratorio	
Mesa de acero INOX	Producción	
Balde	Producción	
Tina	Producción	

Utensilios o enseres	Área	Ilustración
Jarra	Producción	
Tapers	Producción	
Carrito acero inox	Producción	
Bancos de plástico	Producción	
Mangueras	Producción	
Parihuelas	Almacén	
Mesa de madera	almacén	

Utensilios o enseres	Área	Ilustración
Bancos de plástico	Almacén	
Computadoras	Oficina	
Laptop	Oficina	
Impresora	Oficina	
Escritorio	Oficina	
Estantes	Oficina	
Tecele	Almacén	

Nota. Información facilitada por la empresa.

3.5. Distribución de Planta Actual

3.5.1. Áreas de la Planta de Producción

3.5.1.1. Almacén de materia prima.

En esta área se almacena toda la materia prima que posteriormente se utilizará en la cadena de producción. El saldo original de esta cuenta representa el costo de inventario inicial de los materiales que se encuentran en el almacén de materias primas, comprendiendo a los proveedores locales y proveedores foráneos.

3.5.1.2. Área de recepción.

En esta área se realiza la recepción la fruta que llega de acuerdo con la orden de pedido del proveedor, además se realiza el pesado de la fruta de acuerdo con cada tipo, se verifica el estado de la fruta y finalmente son depositadas en jabas.

3.5.1.3. Área de lavado.

En esta área se realiza el lavado de frutas para eliminar restos de tierra y hojas, agentes químicos como pesticidas, agentes biológicos o patógenos. En esta área se cuenta con utensilios como: lavadores, escobillas y entre otros.

3.5.1.4. Área de cocción.

En esta área se preparan los alimentos (fruta) y se cocinan. La empresa cuenta con una paila industrial que se encuentra en dicha área. Es importante que el espacio de esta área cuente con un espacio amplio para poder tener a la mano todos los elementos propios para cocinar y poder tenerlos a la vista.

3.5.1.5. Almacén de productos terminados.

En esta área se almacena las cajas las mermeladas, de acuerdo con el tipo de sabor, procurando que el lugar se mantenga fresco, limpio, seco y con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de distribución y comercialización.

3.5.1.6. Área de control de calidad.

En esta área se determina que productos pasaran a reproceso, merma o desechos; ya sea en la selección como materia prima o como producto terminado. Los controles realizados en esta área son importantes por que garantiza que el producto no enferme al consumidor.

3.5.1.7. Almacén de insumos.

En esta área se almacena los materiales básicos para la fabricación y comercialización de las mermeladas, así como los principales insumos categorizados de acuerdo con su tipo ya sean las etiquetas, bolsas y los principales ingredientes que se agregan durante el preparado de la mermelada.

3.5.1.8. Área de vestidores y SSHH.

En esta área, cada operario deberá ponerse el uniforme requerido de acuerdo con su función, con el objetivo de mantener la salubridad dentro del proceso productivo, desenvolverse con soltura y realizar todas sus funciones con comodidad.

3.5.1.9. Comedor.

El comedor es el área donde los empleados se reúnen para comer y despejarse de sus labores permitiendo la convivencia entre los mismos trabajadores creando un buen clima laboral.

3.5.1.10. Área administrativa.

El área administrativa se encarga de pagos a personal y contrataciones, recibir las facturas de los proveedores, llevar un orden de las contrataciones, los ingresos y egresos de la empresa.

3.5.1.11. Gerencia.

El área de gerencia se destina la supervisión, coordinación, planificación, seguimiento y control del proceso productivo, procesos administrativos, financieros y tecnológicos;

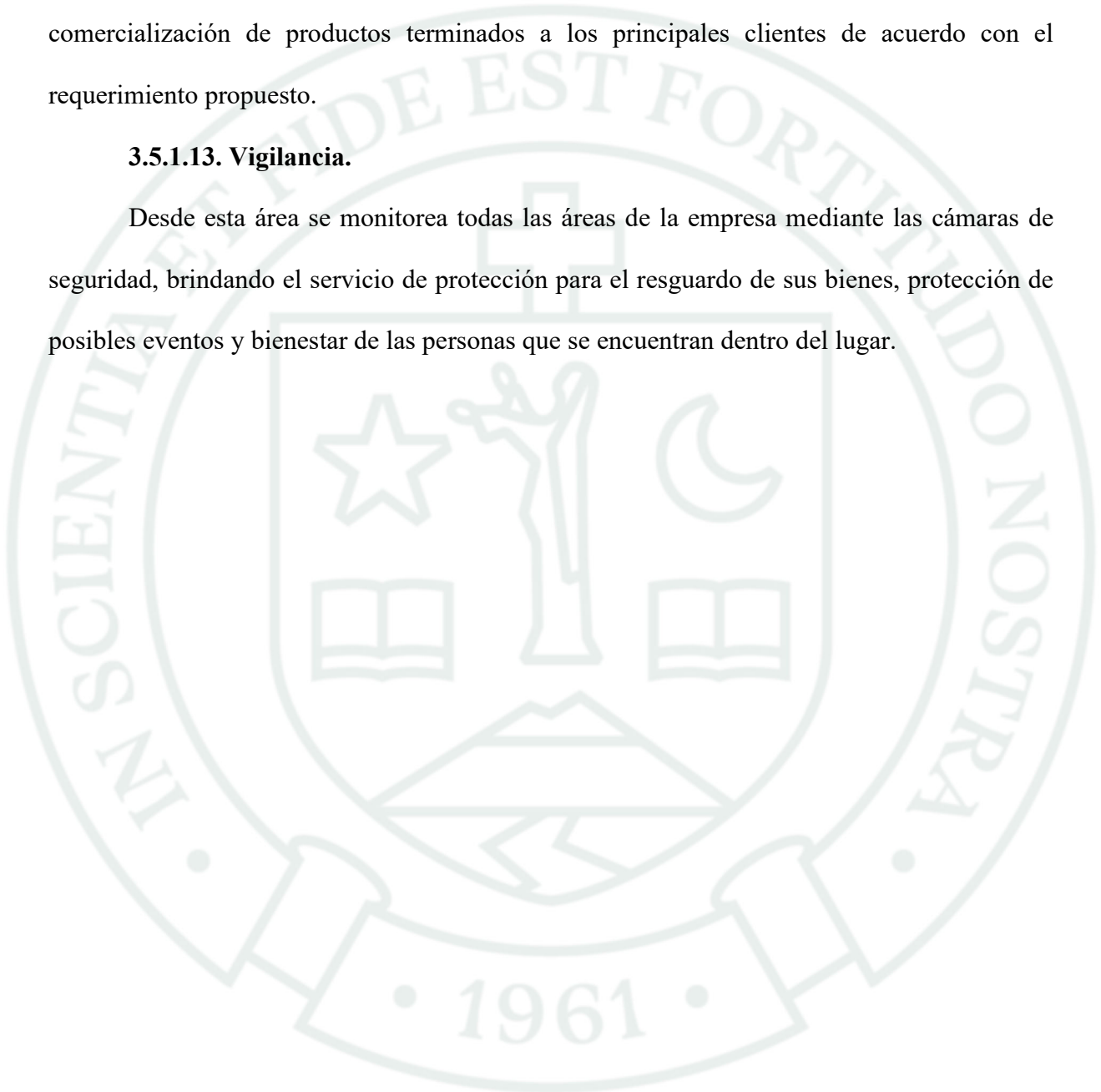
además se identifica los posibles problemas para elaborar un plan de acción que aporte a soluciones a mediano y largo plazo.

3.5.1.12. Área de estacionamiento.

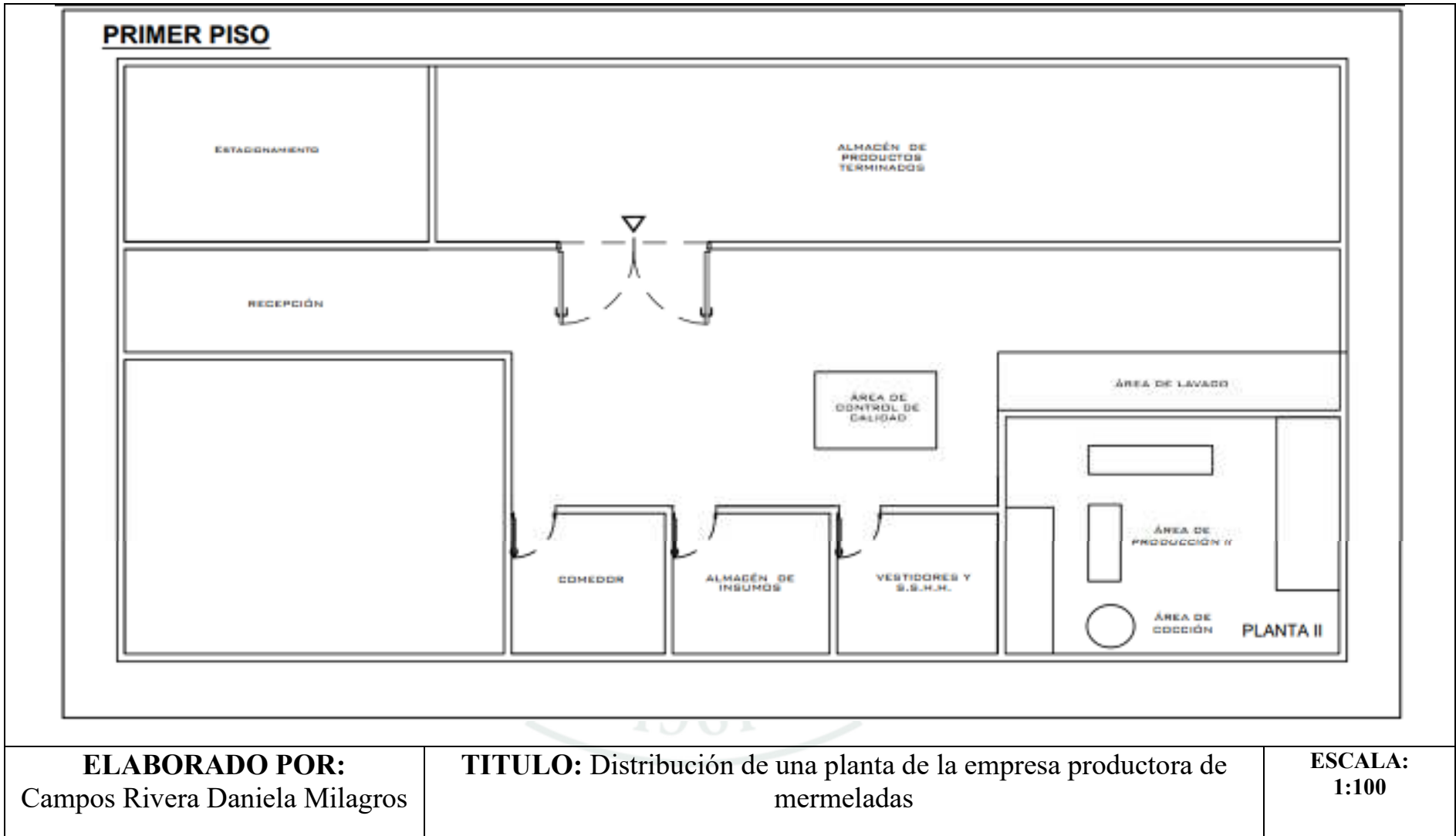
El área de estacionamiento facilita la carga y descarga tanto de la materia prima y la comercialización de productos terminados a los principales clientes de acuerdo con el requerimiento propuesto.

3.5.1.13. Vigilancia.

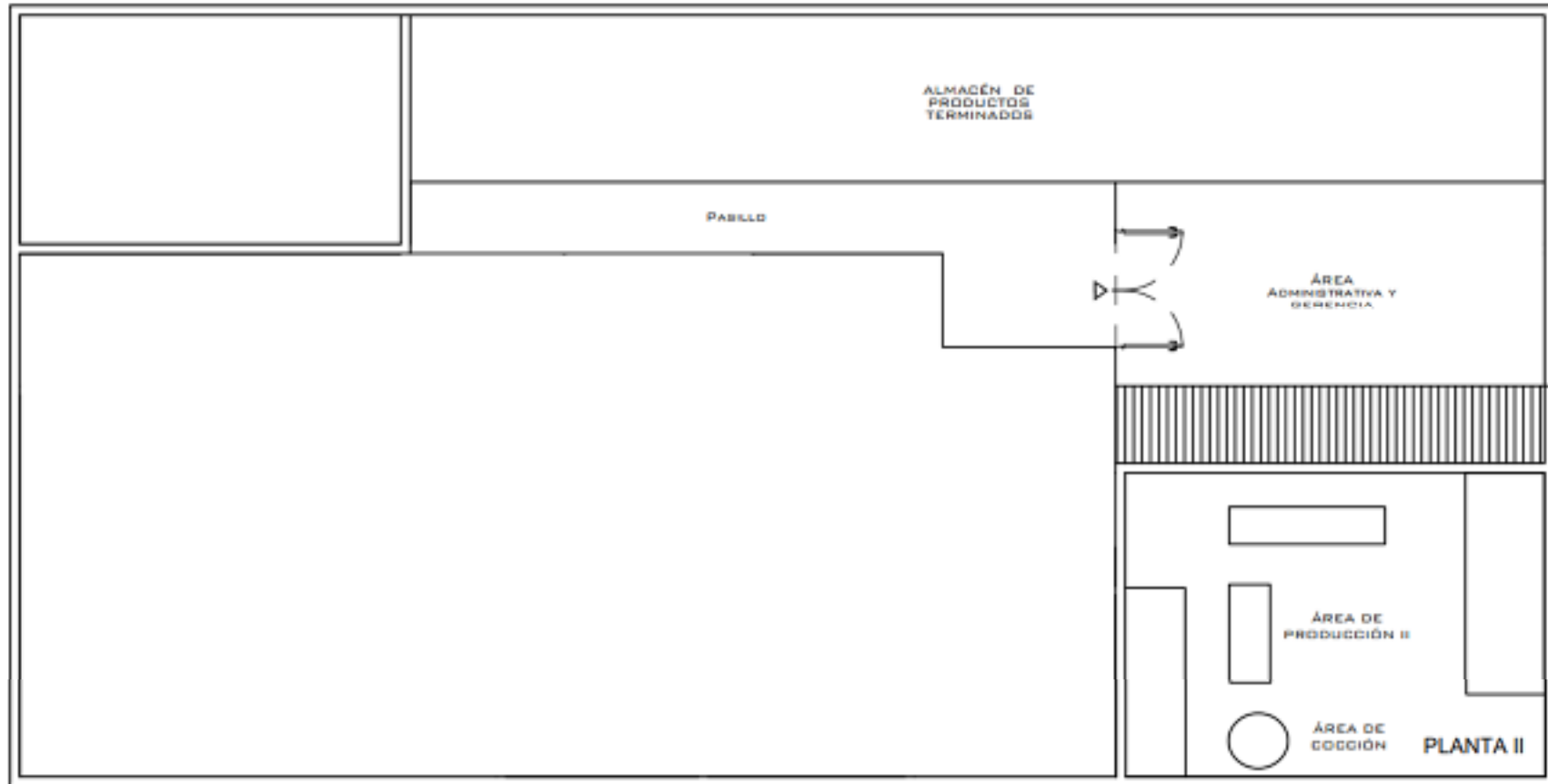
Desde esta área se monitorea todas las áreas de la empresa mediante las cámaras de seguridad, brindando el servicio de protección para el resguardo de sus bienes, protección de posibles eventos y bienestar de las personas que se encuentran dentro del lugar.



3.5.2. Layout de la Empresa



SEGUNDO PISO



ELABORADO POR:
Campos Rivera Daniela Milagros

TITULO: Distribución de una planta de la empresa productora de mermeladas

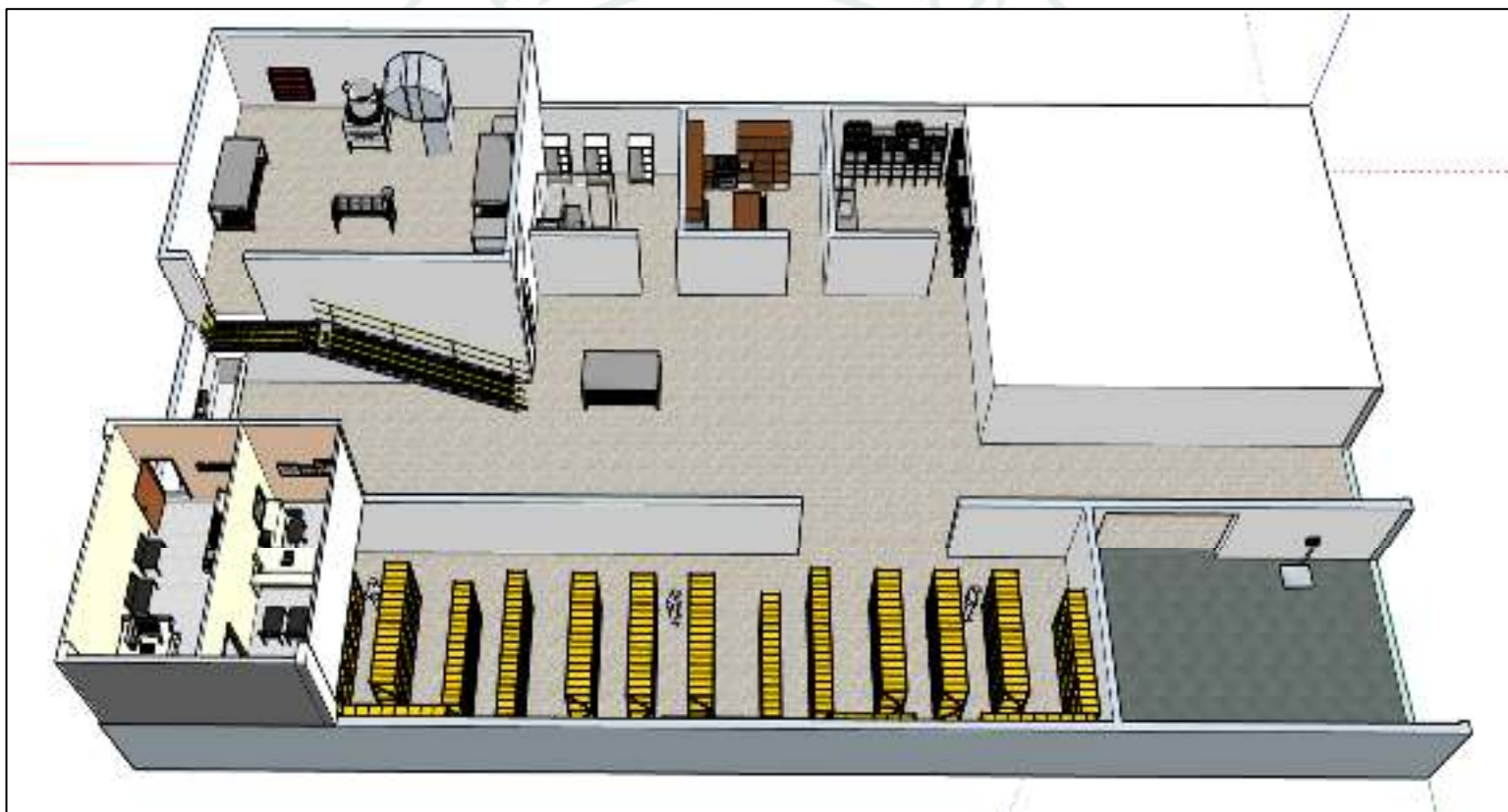
ESCALA:
1:100

3.5.3. Vista 3D de la planta de producción

Se adjunta de igual forma en la figura 13 la vista 3D de la planta de producción:

Figura 13

Vista 3D de la planta de producción



Nota. Elaboración propia

3.6. Proceso Productivo de “Mermeladas de Papaya Arequipeña”

En el presente trabajo de investigación se ha analizado la producción de mermelada de “Papaya Arequipeña” en su presentación de “Bolsa de 500 gr”, la cual es producida en la planta II de la empresa (segundo piso).

3.6.1. Descripción General del Proceso Productivo Actual

3.6.1.1. Recepción.

El proceso productivo comienza con el arribo de las frutas a la Planta de Producción (Papaya Arequipeña según el sistema analizado), en esta etapa se separa una parte del pedido recibido del proveedor para ser llevado al Almacén de Materias Primas y la otra parte es separada para el lote a producir al día siguiente; esto debido a que, en el caso de la Papaya Arequipeña, se necesita dejar esta remojar una noche para facilitar su procesamiento.

3.6.1.2. Selección.

De ambas porciones previamente detalladas se verifica el grado de maduración y estado de la fruta, la cual debe encontrarse sana y sin algún tipo de contaminación. Se elimina la fruta sobre madura, magullada, con hongos (manchas lamosas, blancas, negras, verdes o cafés) aporreadas y heridas por donde hayan podido entrar microorganismos, ya que esto incide en el deterioro de la fruta.

3.6.1.3. Pesado.

La porción de fruta que pasa de satisfactoria por el control de calidad pasa a la etapa de pesado, en donde se hace la separación de las porciones a utilizar y a almacenar previamente mencionadas depositadas en jabas.

En esta parte del proceso se pesa la cantidad de papaya arequipeña según los requerimientos indicados en la “orden de producción”, se determinan los rendimientos y se calcula la cantidad de los otros ingredientes que se añadirán posteriormente.

3.6.1.4. Lavado 1

Se realiza con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas, suciedad y restos de tierra que pueda estar adherida a la fruta. Esta operación es realizada por inmersión se deja de un día para el otro en tinas llenas de agua.

3.6.1.5. Pelado o Rayado.

El pelado de la fruta (Papaya Arequipeña) se lleva a cabo de forma manual empleando unos raspadores de metal, donde se elimina las cascara de la papaya, las operarias (2 para esta etapa del proceso) al realizar esta operación eliminan tan solo la capa de la papaya la cual es mínima, estas cascara son depositadas en un balde para luego ser desechadas.

3.6.1.6. Lavado 2 o Escaldado.

Este es un lavado de tiempo corto, se lleva a cabo en un promedio de 3 a 5 minutos, en tinas de agua.

3.6.1.7. Trozado y Desemillado.

Después de hacer remojar las papayas (escaldado), estas son retiradas del agua para proceder a su cortado por la mitad con ayuda de cuchillos. Para finalizar este proceso se empieza a retirar la parte del centro que viene a estar compuesto por pepas y bagazo, que son depositado en un balde desinfectado, para después realizar el pulpeado de ambas.

Asimismo, las frutas que se encuentren fuera del estándar de calidad (con algunas enfermedades evidentes en el centro) son desechadas.

3.6.1.8. Pulpeado.

Consecuentemente se procede a pasar las pepas y el bagazo extraído del centro de la fruta en el paso anterior, por una máquina pulpeadora, en la cual se extrae todo el jugo libre que servirá para darle un sabor natural a la mermelada. El jugo extraído es depositado en baldes desinfectados.

3.6.1.9. Picado.

Al obtener las papayas cortadas por la mitad se procede a picarlas en trozos más pequeños utilizando cuchillos. Las operarias (2) realizan este proceso acumulando una cantidad considerable de trozos, depositándolas en tinas más pequeñas

3.6.1.10. Pre-Cocción de la Fruta.

La fruta picada procede a ser colocada a la paila. Seguidamente se enciende la cocina industrial. La fruta se crece suavemente antes de añadir el azúcar. Este proceso de cocción es importante para romper las membranas celulares de la fruta y extraer toda la pectina. Si fuera necesario se añade agua para evitar que se quemé el producto. La cantidad en agua a añadir dependerá de lo jugosa que sea la fruta, de la cantidad de fruta colocada en la olla y de la fuente de calor. Una cacerola ancha y poco profunda, que permita una rápida evaporación, necesita más agua que otra más profunda. Además, cuanto más madura sea la fruta menos agua se precisa para reblandecerla y cocerla.

3.6.1.11. Cocción y Estandarización.

La cocción de la mezcla es la operación que tiene mayor importancia sobre la calidad de la mermelada; por lo tanto, requiere de mucha destreza y practica de parte de las operarias. El tiempo de cocción depende de la variedad y textura de la materia prima. Al respecto un tiempo de cocción corto es de gran importancia para conservar el color natural de la fruta y una excesiva cocción produce un oscurecimiento de la mermelada debido a la caramelización de los azúcares. En este proceso se da la estandarización es la mezcla de todos los ingredientes que constituyen el néctar. La estandarización involucra los siguientes pasos

- Dilución de la pulpa
- Regulación del dulzor
- Regulación de la acidez

- Adición del estabilizado
- Adición del conservante

Luego se procede a uniformizar la mezcla. En este caso consiste en remover la mezcla hasta lograr la completa disolución de todos los ingredientes.

Si es que no se cumple con los estándares de calidad previamente fijados (color, dulzor o grados briks, acidez, etc.) “se reprocessa” la mermelada ajustando los valores mediante la adición de más insumos o agua.

3.6.1.12. Envasado.

Se realiza en caliente a una temperatura no menor a los 85°C. Esta temperatura mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de un vacío adecuado dentro del envase por efecto de la contracción de la mermelada una vez que ha enfriado. En este proceso se puede utilizar una jarra con pico que permite llenar con facilidad los envases evitando que se derrame por los bordes.

Este proceso se realiza según la presentación del lote redactado en la “orden de producción”, por ejemplo, si se envasa en recipientes de vidrio, se deben verificar que estos no estén rajados, ni deformes, limpios y desinfectados, estos se deben llenar hasta el ras del envase, se coloca inmediatamente la tapa y se procede a voltear el envase con la finalidad de esterilizar la tapa. En esta posición permanente por espacio de 3 minutos y luego se voltea cuidadosamente.

Asimismo, el envasado también puede ser realizado en bolsas de diferentes presentaciones en kilos, las cuales se van pesando y llenando a la vez.

3.6.1.13. Pasterización (Enfriado y sellado al vacío).

El enfriado del producto envasado se realiza en autoclave, donde se controla la temperatura y el tiempo de enfriamiento mediante chorros de agua fría, permitiendo la contracción del producto al disminuir la temperatura, formando el vacío interno del envase,

principal factor de conservación. Además, el enfriado en autoclave contribuye a la esterilización superficial del envase y a la eliminación de residuos externos de mermelada.

3.6.1.14. Etiquetado.

El etiquetado constituye la etapa final del proceso de elaboración de mermeladas. En la etiqueta se debe incluir toda la información sobre el producto y la fecha de vencimiento

3.6.1.15. Control de Calidad.

Después del etiquetado los productos pasan por un control de calidad, en donde según el tipo de presentación de la mermelada (bolsas o envases de vidrio) se verifica que se cumplan con los estándares de calidad previamente establecidos por la empresa.

En el caso de las bolsas se verifica que estén estén correctamente llenadas y selladas, además se verifica que la etiqueta esté bien colocada.

Asimismo, para los envases de vidrio se verifica que estos hayan sido sellados al vacío correctamente (el botón de la tapa superior debe de estar presionado), se verifica que los recipientes estén limpios y las etiquetas correctamente colocadas.

Asimismo, de los productos que se encuentran defectuosos, se procede a verificar si estos pueden ser mandados a un reproceso (Re etiquetar, volver a pasteurizar si es que es posible, volver a realizar el sellado al vacío, etc.) o necesitan ser eliminados, ambos tipos de productos se envían a un área reservada dentro del almacén de productos terminados.

3.6.1.16. Empaquetado y Almacenado de Productos Terminados.

Posteriormente el producto se coloca en cajas de diferentes capacidades y llevan al almacén de Productos Terminados para ser clasificados según el sabor y presentación, dicho almacén es un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización.

Asimismo, en este paso se realiza la actualización del stock de inventario.

3.6.2. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA	PÁGINA:1/2
DEPARTAMENTO: Producción	FECHA: 25/04/2024
PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros	APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

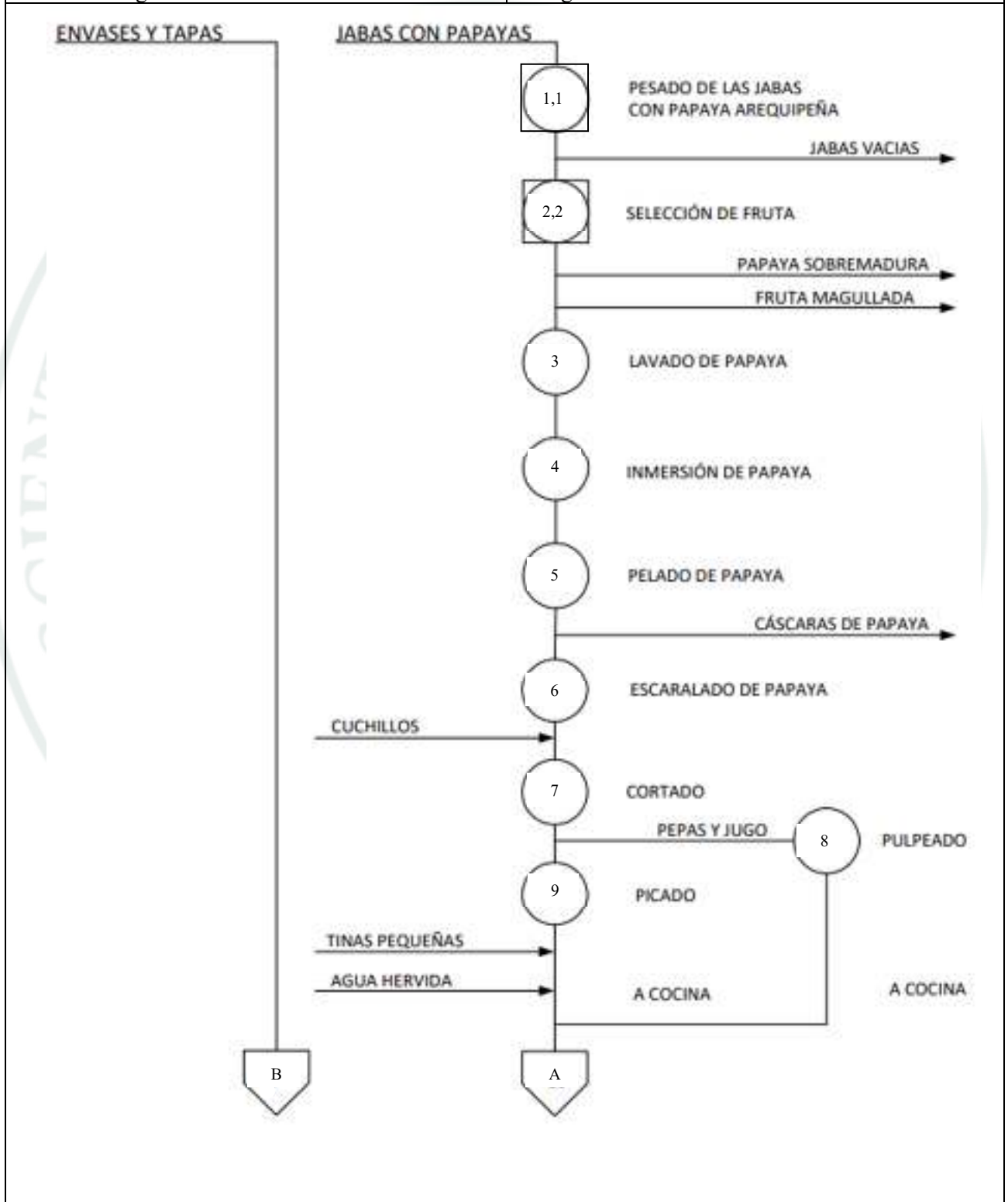
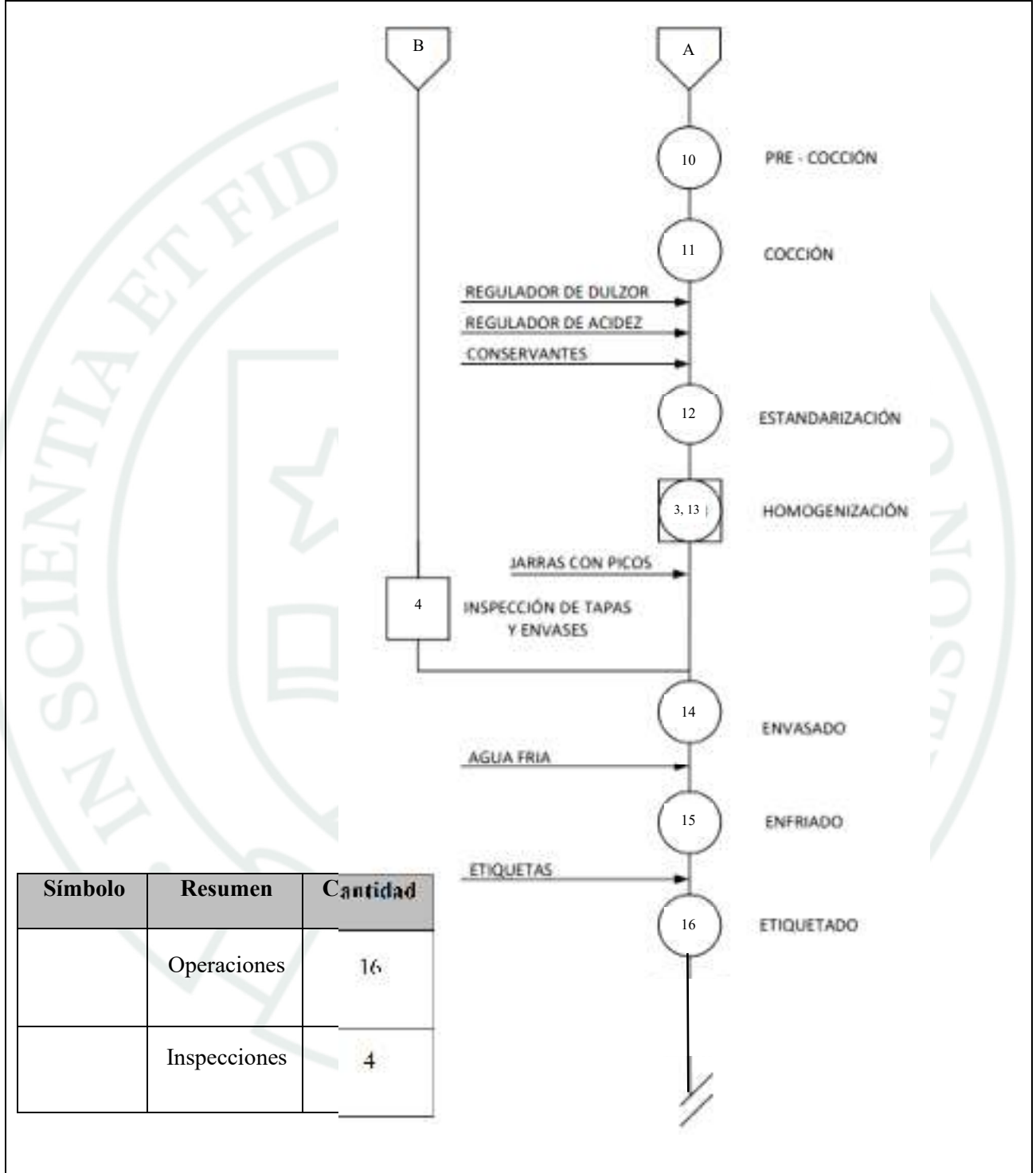


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA	PÁGINA:2/2
DEPARTAMENTO: Producción	FECHA: 25/04/2024
PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros	APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros



3.6.3. Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)

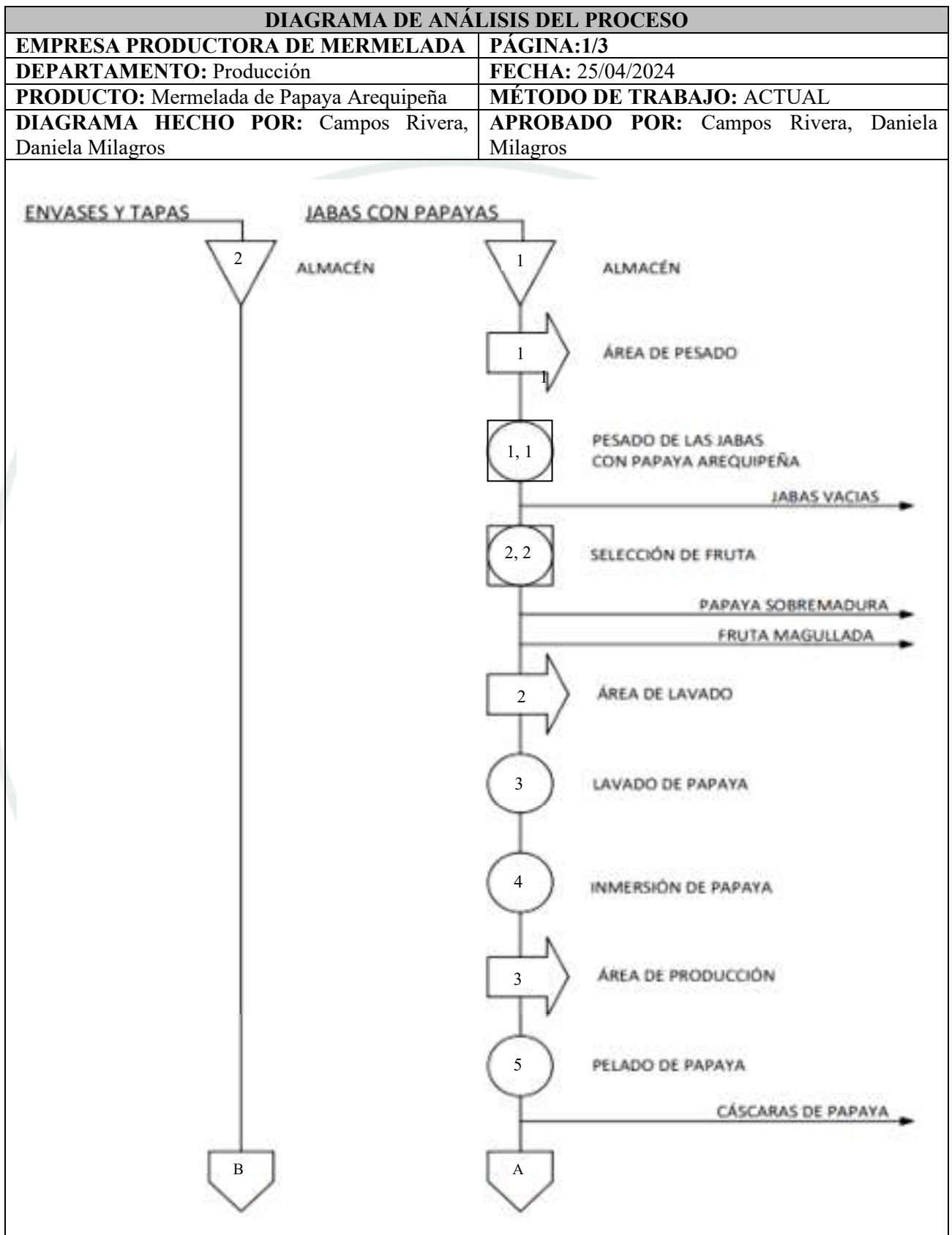


DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA	PÁGINA:2/3
DEPARTAMENTO: Producción	FECHA: 25/04/2024
PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros	APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

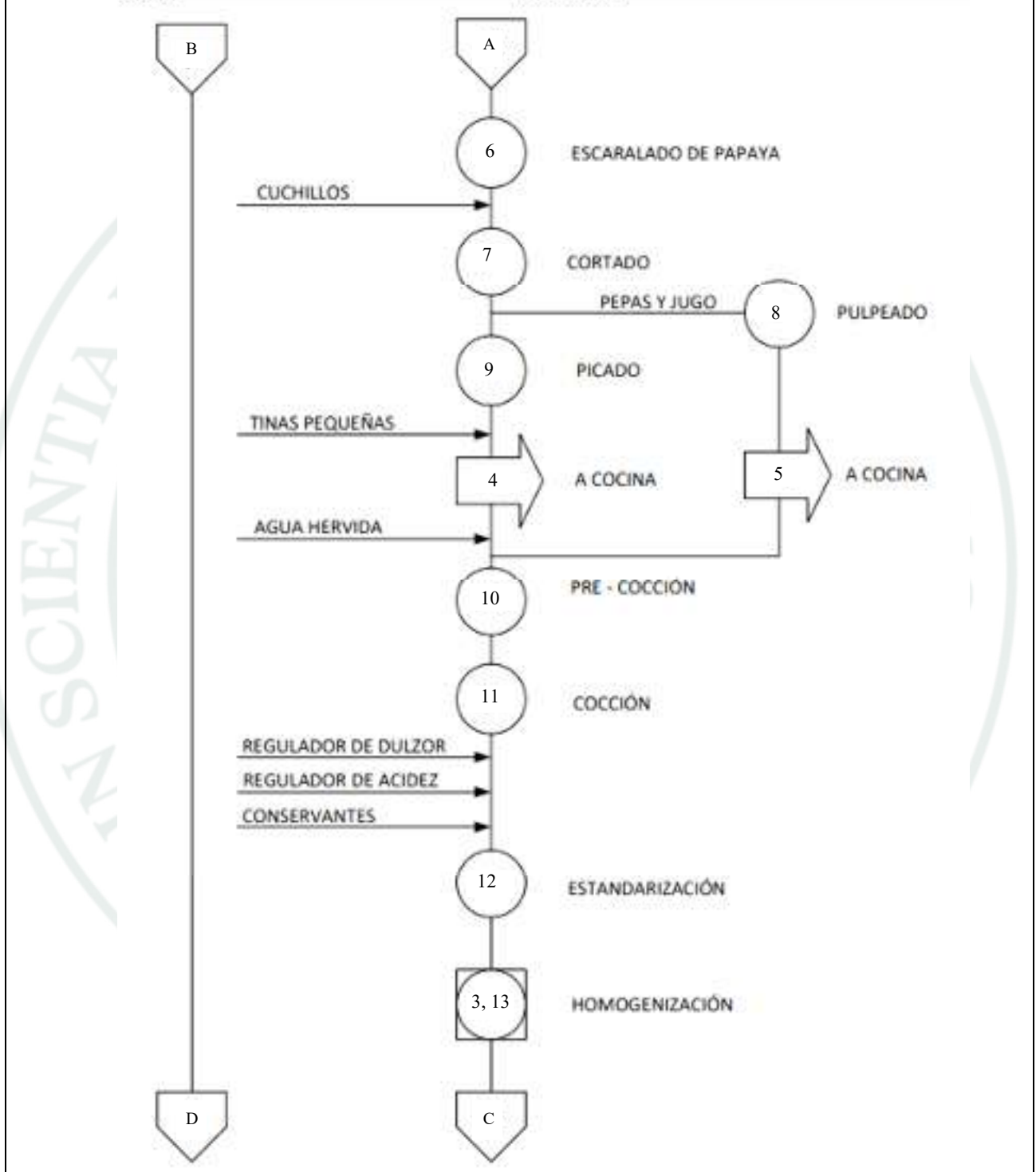
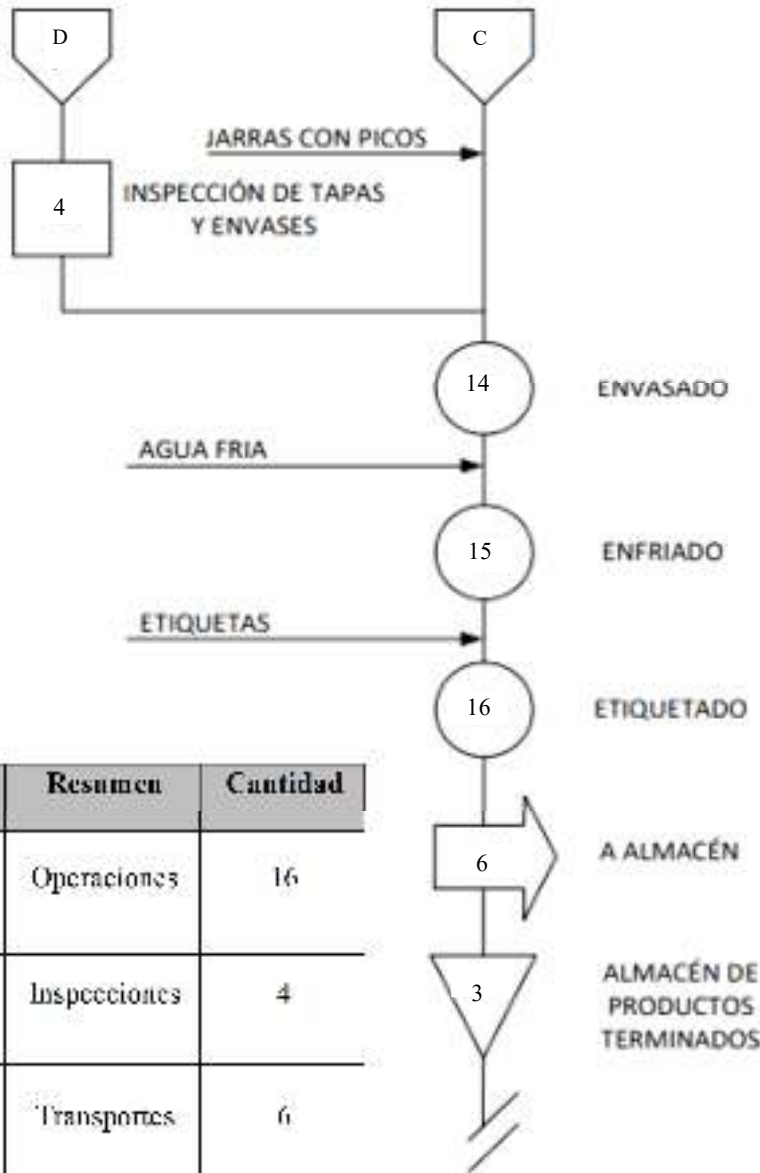


DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA	PÁGINA:3/3
DEPARTAMENTO: Producción	FECHA: 25/04/2024
PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros	APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros



Símbolo	Resumen	Cantidad
	Operaciones	16
	Inspecciones	4
	Transportes	6
	Demoras	0
	Almacenes	3

3.6.4. Diagrama de Análisis del Proceso Detallado

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DETALLADO									
EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA					PÁGINA:1/4				
DEPARTAMENTO: Producción					FECHA: 25/04/2024				
PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña					MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL				
DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros					APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros				
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO					OBSERVACIONES
	und	mts	min	○	□	⇒	⊂	▽	
▽ ALMACENAR								X	2 almacenero
Recepcionar papayas en jabas				X					2 Operario
Registrar papayas arequipeñas				X					2 Operario
⇒ A ZONA DE PESADO		15.1					X		2 Operario
Cargar jabas de papaya				X					Manualmente
Trasladar papayas							X		Manualmente
① PESAR			3:10	X					2 operario
Colocar a la balanza las jabas							X		2 operario
Anotar el peso de la jaba						X			Manualmente
② SELECCIÓN						X			Manualmente
Seleccionar las papayas que se encuentren dañadas				X					2 Operarios
⇒ A ZONA DE LAVADO		10.3					X		2 operario
Cargar jabas de papaya				X					Manualmente
Trasladar las jabas de papaya							X		Manualmente
③ LAVAR			3:30	X					2 operario
Se vacía la jaba en tinas							X		Manualmente
Dejar las papayas remojando de un día para el otro				X					Manualmente
④ INMERSIÓN				X					2 Operarios

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DETALLADO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA

PÁGINA:2/4

DEPARTAMENTO: Producción

FECHA: 25/04/2024

PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña

MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL

DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

ACTIVIDAD	C	D	T	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				○	□	⇒	D	▽	
2do lavado de las papayas	und	mts	min	x					2 Operarios
1 PELADO								x	2 almacenero
Trasladar las jabas al proceso de producción						x			2 Operario
Vaciar las papayas en la mesa						x			2 Operario
Raspar la cáscara de papaya con raspadores de metal				x					2 Operarios
2 ESCALDADO		15.1						x	2 Operario
Se procede a darle tratamiento térmico a la papaya				x					Manualmente
Retirar las papayas				x					Manualmente
3 CORTAR			3:10	x					2 operario
Partir las papayas por la mitad				x					2 operario
Retirar la parte del centro: pepas y jugo				x					Manualmente
Depositar las pepas y jugo en un balde desinfectado				x					Manualmente
4 PULPEADO		10.3						x	2 operario
Colocar cantidades de pepa y jugo en la pulpeadora								x	Manualmente
Obtener jugo libre de pepas				x					Pulpeadora
5 PICAR			3:30	x					2 operario
Picar las papayas en trozos más pequeños								x	1 Operario

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DETALLADO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA

PÁGINA:3/4

DEPARTAMENTO: Producción

FECHA: 25/04/2024

PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña

MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL

DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO					OBSERVACIONES	
				○	□	⇒	⊂	▽		
Depositarlas en tinas más pequeñas	und	mts	min							
② PRE - COCCIÓN				x						1 Operario
Colocar la fruta picada en la paila										Manualmente
Cocer la fruta suavemente				x						
Extraer la pectina				x						
③ COCCIÓN		15.1								1 Operario
Cocer la fruta				x						1 Operario
① ESTANDARIZACIÓN			3:10	x						2 operario
Añadir la pulpa de la fruta				x						2 operario
Añadir el regulador del dulzor				x						Manualmente
Añadir el regulación de la acidez				x						Manualmente
Añadir conservantes				x						Manualmente
Mezclar todos los ingredientes.				x						1 Operario
④ HOMEGENIZACIÓN		10.3		x						
Remover la mezcla hasta disolver los ingredientes				x						1 Operario
② ENVASADO			3:30	x						2 operario
verificar que los envases no estén rajados, ni deformes, limpios y desinfectados										1 Operario
Llenar la mermelada en cada envase				x						Manualmente

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DETALLADO

EMPRESA PRODUCTORA DE MERMELADA

PÁGINA:4/4

DEPARTAMENTO: Producción

FECHA: 25/04/2024

PRODUCTO: Mermelada de Papaya Arequipeña

MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL

DIAGRAMA HECHO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

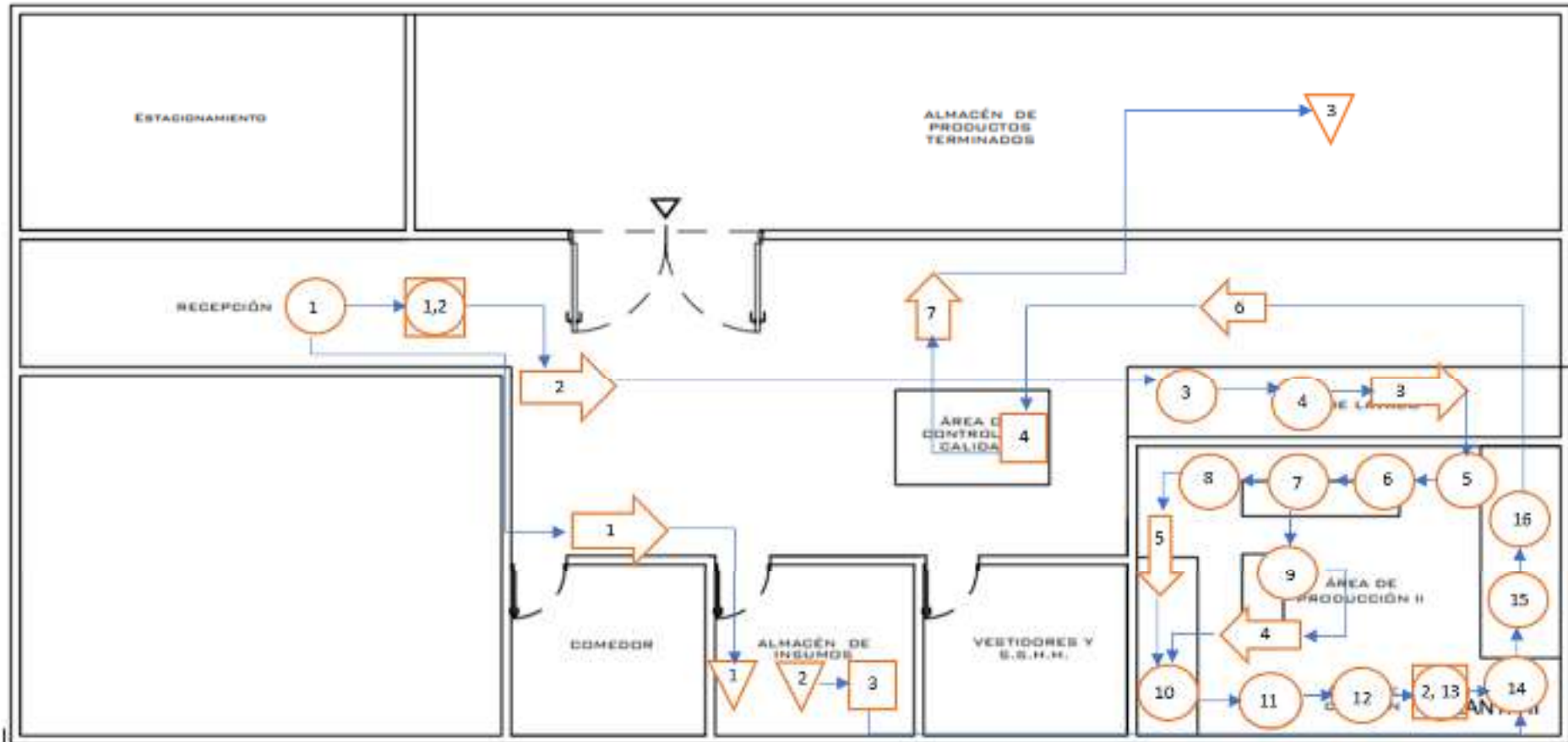
APROBADO POR: Campos Rivera, Daniela Milagros

ACTIVIDAD	C	D	T	SÍMBOLO					OBSERVACIONES	
				und	mts	min	○	□		⇒
Colocar inmediatamente la tapa										1 Operario
Voltear el envase y esterilizar la tapa			3							Manualmente
Voltear cuidadosamente el envase										Manualmente
② ENFRIADO										
Echar chorros de agua fría										Manualmente
Limpiar los envases por afuera										
② ETIQUETADO		15.1								1 Operario
Colocar las fechas en las etiquetas										1 Operario
Pegar las etiquetas en los envases										Manualmente
▽ ALMACEN			3:10							2 operario
Embalar los productos envasados										2 operario
Trasladar los productos envasados al almacén de productor terminados										Manualmente

3.6.5. Diagrama de recorrido

Figura 14

Diagrama de recorrido del proceso



3.7. Sistema de Inventarios y Almacén de Productos Terminados

3.7.1. Política de Control de Inventarios

En la empresa se aplica la Política de Control de Inventarios (r,R), la cual está aplicada al control de productos terminados implica tomar decisiones sobre cuánto producir para mantener un nivel óptimo de inventario.

En este contexto, el punto de reorden (r) correspondería al nivel de inventario en el cual se debe iniciar la producción de nuevos productos, mientras que el nivel de reabastecimiento (R) representaría la cantidad a producir para alcanzar el nivel deseado de inventario.

Para implementar esta política, la empresa debe considerar varios factores, como la demanda esperada de los productos, el tiempo de producción y el costo asociado a la producción y almacenamiento de los productos terminados.

Cuando el nivel de inventario de productos terminados alcanza el punto de reorden (r), se activa la producción para reponer el stock y llevarlo al nivel de reabastecimiento (R). El objetivo es evitar la escasez de productos terminados y garantizar la disponibilidad suficiente para satisfacer la demanda de los clientes (Martinez Ezquiche, 2018).

La determinación de los valores específicos de r y R para la empresa. se basó en un análisis cuidadoso de diversos factores, como la variabilidad de la demanda, el tiempo de producción y entrega, los costos asociados a la producción y almacenamiento, y los objetivos de servicio al cliente.

Es importante destacar que la política (r, R) para el control de productos terminados requiere un monitoreo constante de los niveles de inventario y la demanda del mercado. La empresa debe ajustar los valores de r y R de forma regular con el fin de adaptarse a cambios en la demanda, evitar la obsolescencia de productos y minimizar los costos asociados al inventario.

Además, es necesario considerar la integración de esta política de control de inventarios con la planificación de la producción, de manera que se puedan tomar decisiones informadas sobre cuánto producir y cuándo hacerlo, optimizando así la gestión global de la cadena de suministro.

3.7.2. Descripción del Proceso de Atención de Pedidos, Generación de Órdenes de Producción y Actualización del Inventario

3.7.2.1. Recepción de la orden de ventas.

La empresa recibe la orden de ventas del cliente, que especifica los productos de mermeladas solicitados y las cantidades requeridas.

3.7.2.2. Verificación de inventario.

El departamento encargado del control de inventarios verifica el nivel actual de mermeladas en stock. Se compara el nivel de inventario actual con el punto de reorden (r) establecido según la política (r, R). Si el nivel de inventario está por debajo de r , se genera una orden de producción que activa el proceso de producción para reabastecer el stock.

Si es que el nivel de stock actual es suficiente para cumplir con la demanda del cliente, esta se atiende, sino se incurre en un “costo de oportunidad” por faltantes lo cual deriva en problemas del nivel de servicio prestado al cliente.

3.7.2.3. Planificación de la producción.

Con base en la orden de ventas recibida y considerando el nivel de inventario actual, si es el caso (el valor del stock actual es menor al valor fijado para “ r ”) se realiza una planificación de la producción para determinar la cantidad de mermeladas que se deben producir. Se tienen en cuenta factores como la demanda esperada, el tiempo de producción y entrega, y los costos asociados.

3.7.2.4. Producción de mermeladas.

De ser el caso, se inicia la producción de las mermeladas necesarias para cumplir con la orden de ventas y alcanzar el nivel de reabastecimiento (R) establecido. Se siguen los procesos de producción definidos por la empresa, asegurando la calidad y consistencia de los productos.

3.7.2.5. Almacenamiento y control de inventarios.

Una vez producidas las mermeladas, se almacenan en el inventario de productos terminados. Se registra la entrada de las unidades producidas en el sistema de control de inventarios, actualizando los niveles disponibles.

3.7.2.6. Proceso de picking.

Cuando llega el momento de preparar los productos para el despacho, se realiza el proceso de picking. Se consultan las órdenes de ventas y se identifican los productos requeridos y las cantidades exactas según cada pedido.

El personal encargado del picking selecciona las mermeladas solicitadas de acuerdo con la orden de ventas. Se asegura que se tomen las cantidades correctas y se empaquetan adecuadamente para su despacho.

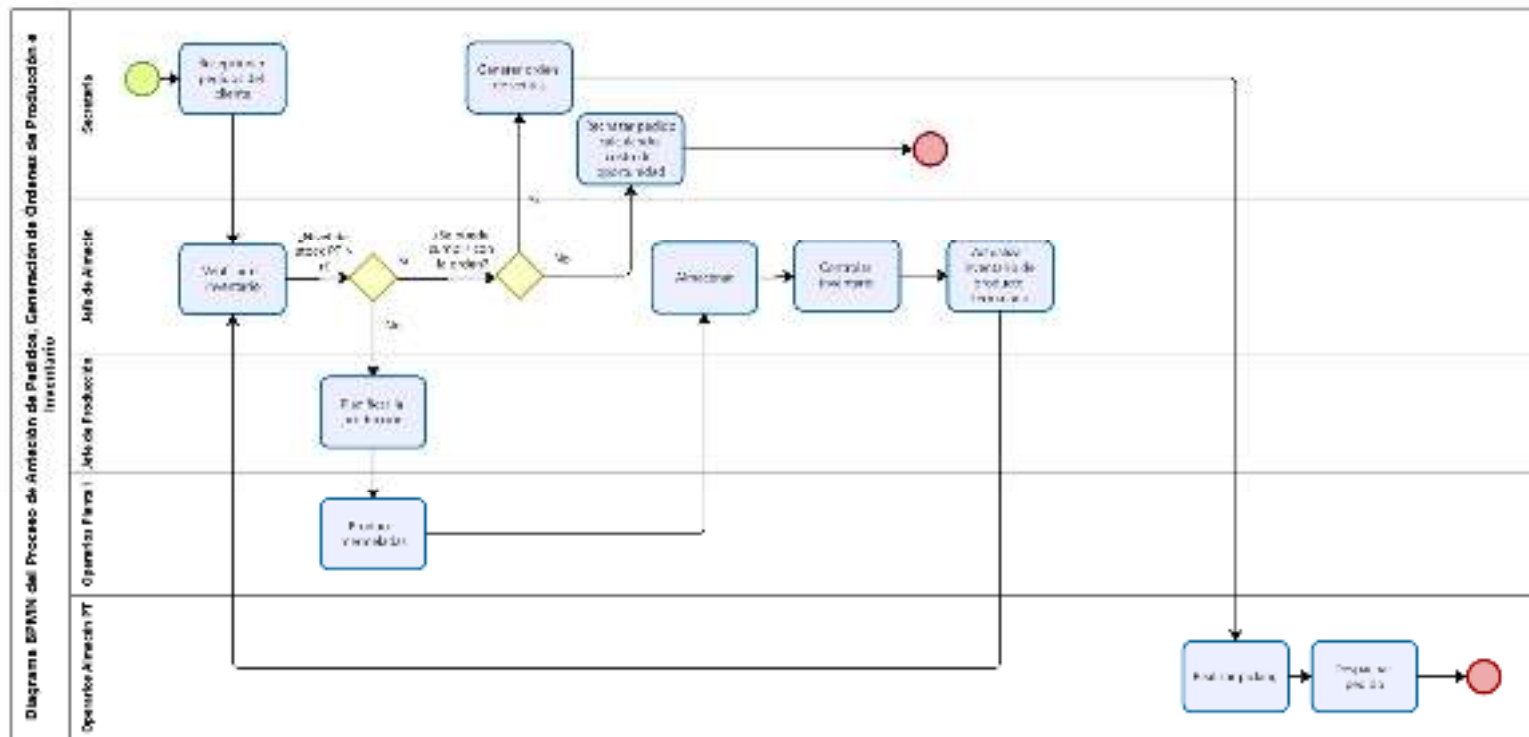
3.7.2.7. Despacho del pedido.

Una vez preparado el pedido, se realiza el despacho de las mermeladas al cliente. Se generan los documentos necesarios, como facturas y guías de despacho, y se coordina la entrega según los acuerdos establecidos con el cliente, dicho proceso de Delivery se hace mediante 2 camionetas.

2.1.4. 3.7.3. Diagrama BPMN del proceso atención de pedidos, generación de órdenes de producción y actualización del inventario

Figura 15

Diagrama BPMN del Proceso

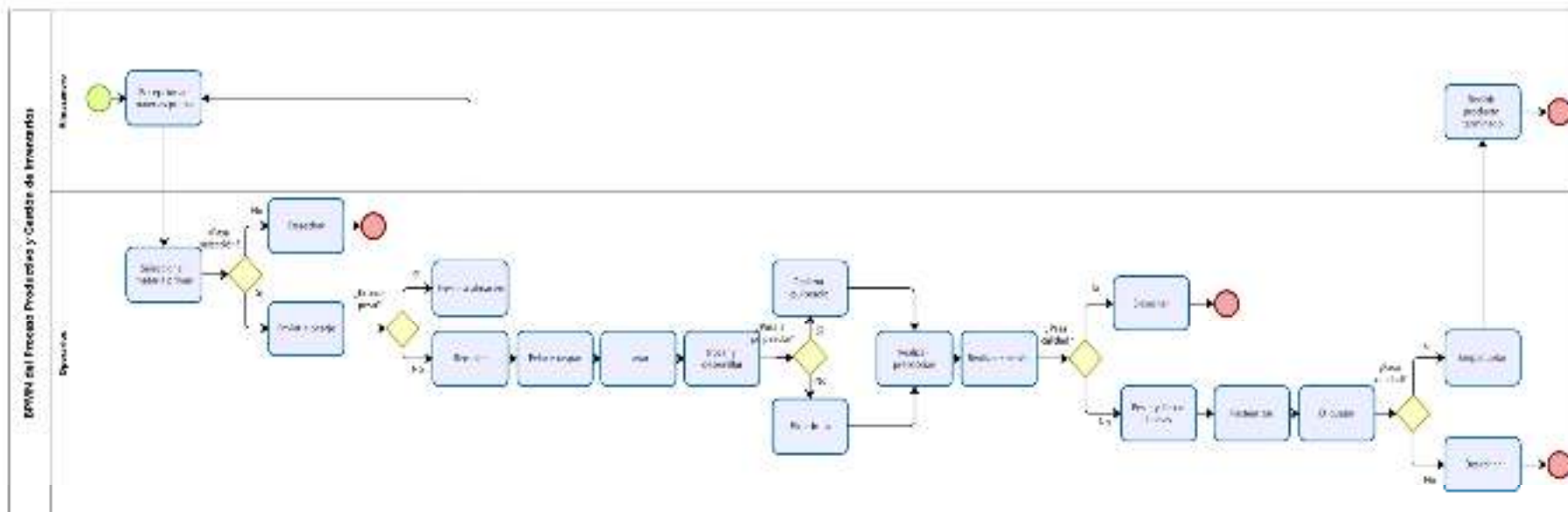


Nota. Elaboración propia

2.1.5. 3.7.4. Flujo del proceso productivo y de gestión de inventarios

Figura 16

Flujograma del Proceso Productivo y Gestión de Inventarios



Modeler

• 1961 •

3.8. Mapa de Procesos

El mapa de procesos de la organización se estructura en tres niveles tales como procesos estratégicos, procesos misionales y procesos de apoyo, donde los procesos estratégicos corresponden a las actividades de dirección y planeamiento que orientan la toma de decisiones institucionales y la definición de objetivos organizacionales; asimismo, los procesos misionales agrupan las actividades directamente relacionadas con la generación de valor para el cliente, entre las que se encuentran los procesos de Producción, Calidad y Almacén y; finalmente, los procesos de apoyo consideran los procesos de Administración y Finanzas y Recursos Humanos, las cuales brindan soporte operativo y administrativo al desarrollo de las actividades principales de la organización. Se presenta el mapa de procesos:

Figura 17

Mapa de procesos



Nota. Elaboración propia.

A partir del mapa de procesos elaborado, se identifica que la investigación se ubica en el proceso misional de Producción, debido a que este proceso concentra las actividades operativas vinculadas al flujo de transformación de insumos, tiempos de operación, uso de

recursos y desempeño del sistema productivo; asimismo, la relación del proceso de Producción con los procesos de Calidad y Almacén permite comprender los efectos operativos a lo largo de la cadena interna, lo que justifica su selección como objeto de estudio dentro del enfoque por procesos de la organización.

3.9. Análisis FODA

3.9.1. Análisis PESTEL

El análisis PESTEL permite identificar los factores externos que influyen en el desempeño operativo, productivo y estratégico de la empresa, siendo este en un insumo para identificar oportunidades y amenazas de la matriz FODA, examinando el entorno político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal, considerando su relación directa con la gestión de producción, costos operativos, cumplimiento normativo y competitividad en el mercado (Johnson et al., 2017).

Tabla 22

Análisis PESTEL

Dimensión	Oportunidades y Amenazas
Político	La existencia de programas estatales orientados a la formalización, capacitación productiva y acceso a financiamiento para MYPES genera oportunidades para fortalecer la modernización tecnológica, recibir asistencia técnica y mejorar la competitividad empresarial; sin embargo, la inestabilidad en la continuidad de políticas públicas y cambios en prioridades de apoyo productivo pueden convertirse en amenazas, al generar incertidumbre en la planificación de inversiones y sostenibilidad de proyectos de mejora (Ministerio de la Producción, 2024).
Económico	La variabilidad de precios de insumos agrícolas, costos de energía y transporte representa una amenaza al incrementar el costo unitario de producción y reducir márgenes de rentabilidad; al mismo tiempo, la recuperación gradual del consumo interno y la mayor demanda de productos alimenticios procesados constituyen oportunidades para ampliar la producción y mejorar ingresos; no obstante, periodos inflacionarios prolongados y desaceleración económica podrían afectar la capacidad de compra del mercado y limitar el crecimiento empresarial (Banco Central de Reserva

Dimensión	Oportunidades y Amenazas
	del Perú, 2024).
Social	La creciente preferencia del consumidor por productos locales, artesanales y con identidad regional representa una oportunidad para el posicionamiento comercial y la fidelización del cliente; asimismo, la tendencia hacia alimentos percibidos como naturales incrementa la aceptación del producto; sin embargo, el cambio en hábitos de consumo hacia productos de menor precio y la competencia con marcas industrializadas pueden convertirse en amenazas que obligan a mejorar diferenciación y propuesta de valor (Euromonitor International, 2023).
Tecnológico	La adopción de herramientas de simulación y digitalización de procesos productivos genera oportunidades para reducir tiempos improductivos, optimizar recursos y mejorar la toma de decisiones basada en datos; además, la disponibilidad de software especializado facilita la evaluación de escenarios operativos; no obstante, la necesidad de inversión en licencias, actualización tecnológica y capacitación del personal puede constituir una amenaza cuando existen limitaciones presupuestales o baja aceptación al cambio (Kelton et al., 2019).
Ambiental	Las crecientes exigencias de sostenibilidad, reducción de residuos y uso eficiente de recursos representan simultáneamente una oportunidad para implementar procesos más eficientes y fortalecer la imagen responsable de la empresa, y una amenaza cuando no se cuenta con controles adecuados de desperdicio, consumo energético o manejo de subproductos; además, la presión ambiental impulsa la mejora continua, pero también incrementa la necesidad de inversión en prácticas productivas sostenibles (Food and Agriculture Organization, 2022).
Legal	El cumplimiento de normativas sanitarias, trazabilidad e inocuidad alimentaria constituye una oportunidad al permitir la comercialización formal y generar confianza en el consumidor; sin embargo, los controles de fiscalización, la exigencia de buenas prácticas de manufactura y la actualización permanente de requisitos técnicos pueden representar una amenaza para empresas con limitaciones de infraestructura o documentación, incrementando riesgos de sanciones o restricciones comerciales si no se cumple adecuadamente (Ministerio de Salud del Perú, 2023).

El análisis PESTEL evidencia que el entorno presenta factores que pueden actuar simultáneamente como oportunidades estratégicas y como fuentes potenciales de riesgo para la empresa, ya que desde la dimensión política y tecnológica se identifican contextos favorables para el fortalecimiento productivo mediante programas de apoyo empresarial y

uso de herramientas de simulación; sin embargo, la dependencia de financiamiento externo y la necesidad de inversión tecnológica exigen una gestión responsable de recursos. En el ámbito económico y social, el mercado muestra potencial de crecimiento gracias a la valoración de productos locales, pero la volatilidad de precios y la competencia de productos industrializados obligan a mejorar eficiencia y diferenciación.

Del mismo modo, los factores ambientales y legales refuerzan la necesidad de procesos controlados, sostenibles y alineados a la normativa vigente, lo cual incrementa las exigencias operativas, pero también fortalece la credibilidad del producto y su permanencia en el mercado.

3.9.2. *Matriz EFE*

La Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) permite valorar el grado en que la empresa responde de manera efectiva a las oportunidades y amenazas identificadas en el entorno, donde factores se ponderan según su nivel de importancia estratégica y se califican con valores entre 1 y 4, donde 1 representa una respuesta deficiente y 4 una respuesta altamente efectiva y el resultado global permite determinar el nivel de alineación de la organización frente a su contexto externo.

Tabla 23

MEFE

Tipo	Oportunidades y Amenazas identificadas	Peso	Valor (1–4)	Peso ponderado
	Programas de apoyo y asistencia técnica para MYPES orientados a la mejora productiva y modernización tecnológica.	0.10	4	0.40
	Tendencia del mercado hacia productos locales, artesanales y con identidad regional que favorecen el posicionamiento comercial.	0.10	3	0.30
Oportunidad	Incorporación de herramientas de simulación y digitalización de procesos para optimizar tiempos y	0.12	4	0.48

Tipo	Oportunidades y Amenazas identificadas	Peso	Valor (1-4)	Peso ponderado
	recursos productivos.			
	Exigencias ambientales que incentivan procesos más eficientes y sostenibles, fortaleciendo la imagen responsable de la empresa.	0.08	3	0.24
	Cumplimiento de normativas sanitarias e inocuidad alimentaria que facilita la formalización y confianza del cliente.	0.10	3	0.30
	Subtotal Oportunidades	0.50		1.72
	Variabilidad de precios de insumos, energía y transporte que incrementa los costos operativos y reduce márgenes de rentabilidad.	0.12	2	0.24
	Inestabilidad en la continuidad de políticas públicas y financiamiento productivo que genera incertidumbre en la inversión.	0.08	2	0.16
	Competencia de productos industrializados y cambios en hábitos de consumo hacia alternativas de menor precio.	0.10	2	0.20
Amenaza	Necesidad de inversión en tecnología, licencias y capacitación del personal que puede limitar la adopción de mejoras.	0.10	2	0.20
	Mayor rigor en fiscalización sanitaria y requerimientos documentarios que incrementan riesgo de sanciones si no se cumplen adecuadamente.	0.10	3	0.30
	Subtotal Amenazas	0.50		1.10
TOTAL		1.00		2.82

La MEFE muestra que la suma de oportunidades alcanza 1.72, mientras que la suma de amenazas llega a 1.10, lo que indica que el entorno externo ofrece mayor potencial de desarrollo que riesgo, sobre todo en cuanto a digitalización de procesos, apoyo institucional, posicionamiento de productos locales y cumplimiento normativo como ventaja competitiva.

El puntaje total de 2.82 se ubica por encima del valor medio de 2.50, lo que evidencia que la empresa responde de manera moderadamente favorable a su entorno ya que posee

parte importante de las oportunidades, aunque aún debe fortalecer su desempeño frente a amenazas asociadas a volatilidad de costos, presión competitiva, dependencia tecnológica e incremento de exigencias regulatorias.

Por tanto, la organización cuenta con condiciones externas positivas para mejorar su competitividad, siempre que refuerce la gestión de costos, planificación de inversiones tecnológicas y cumplimiento normativo preventivo.

3.9.3. *Análisis AMOFHIT*

El análisis AMOFHIT permite identificar las fortalezas y debilidades internas de la empresa en las áreas de administración, marketing y ventas, finanzas, recursos humanos, sistemas de información y tecnología, ofreciendo así una visión del desempeño organizacional y es un insumo para la formulación de estrategias en la matriz FODA.

Tabla 24

Análisis AMOFHIT

AMOFHIT	Fortalezas y Debilidades
Administración	<p>La empresa es administrada por directivos que conocen el proceso productivo y el funcionamiento operativo de la organización, lo que facilita la toma de decisiones inmediatas y la coordinación directa de las actividades de producción.</p> <p>A pesar de la experiencia de los directivos, la gestión aún presenta limitaciones en la estandarización formal de procedimientos, en la planificación documentada y en el control sistematizado de tiempos y recursos, lo que genera reprocesos, cuellos de botella y periodos de espera en determinadas etapas del proceso.</p>
Marketing y Ventas	<p>El producto posee aceptación en el mercado por su carácter local y artesanal, lo que contribuye al posicionamiento en su segmento objetivo.</p> <p>La empresa presenta limitada capacidad de promoción comercial y escaso alcance en canales de venta, lo que reduce su competitividad frente a organizaciones con mayor escala y presencia de marca.</p>

Finanzas	<p>La mejora progresiva del proceso productivo y la reducción de reprocesos permiten generar ahorros operativos que fortalecen la rentabilidad del negocio.</p> <p>Se dispone de recursos financieros restringidos para inversión en tecnología, modernización de equipos y capacitación especializada, lo que retrasa la implementación de mejoras estratégicas.</p>
Recursos Humanos	<p>El personal cuenta con experiencia práctica en las operaciones del proceso productivo y conocimiento del manejo de equipos e insumos.</p> <p>Se identifican brechas de capacitación técnica vinculadas a estandarización de actividades, uso de herramientas analíticas y gestión de información del proceso.</p>
Sistemas de Información	<p>La empresa ha iniciado la organización y registro de información operativa relevante para la gestión del proceso productivo.</p> <p>El control de datos aún presenta limitaciones, existiendo registros parciales y dependencias manuales que dificultan el seguimiento preciso de inventarios, tiempos y resultados operativos.</p>
Tecnología	<p>La incorporación de herramientas de simulación y mejora de procesos permite analizar escenarios operativos y apoyar la toma de decisiones orientadas a la optimización del sistema productivo.</p> <p>Persisten brechas de infraestructura tecnológica y dependencia de procesos manuales que limitan el aprovechamiento integral de las mejoras implementadas.</p>

Los resultados del AMOFHIT muestran que la empresa cuenta con fortalezas relevantes vinculadas a la experiencia de sus directivos, el posicionamiento del producto y el conocimiento operativo del proceso productivo; sin embargo, también se evidencian debilidades internas relacionadas con la falta de estandarización de procedimientos, limitaciones tecnológicas, brechas de capacitación y restricciones financieras, evidenciando

así la necesidad de fortalecer las capacidades internas para mejorar la eficiencia del sistema productivo y aprovechar de manera más efectiva las oportunidades del entorno.

3.9.4. Matriz EFI

La Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI) permite valorar el grado en que la empresa aprovecha sus fortalezas y gestiona sus debilidades, donde cada factor recibe un peso según su importancia estratégica y un valor entre 1 y 4, donde 1 indica una respuesta deficiente y 4 una respuesta altamente efectiva y el puntaje ponderado resultante refleja el desempeño interno de la organización.

Tabla 25

Matriz EFI

Tipo	Fortalezas y Debilidades	Peso	Valor (1–4)	Peso ponderado	
Fortaleza	Directivos con conocimiento del proceso productivo y capacidad de coordinación operativa.	0.10	4	0.40	
	Producto con buena aceptación en su segmento por su carácter local y artesanal.	0.08	3	0.24	
	Experiencia operativa del personal y dominio de las etapas del proceso productivo.	0.10	3	0.30	
	Generación de ahorros operativos derivados de la reducción de reprocesos.	0.08	3	0.24	
	Uso inicial de herramientas de simulación para apoyar la toma de decisiones del proceso.	0.09	3	0.27	
	Subtotal Fortalezas		0.45		1.45
	Debilidad	Falta de estandarización formal de procedimientos y control sistematizado de tiempos.	0.12	2	0.24
Limitado alcance en promoción y canales de venta.		0.08	2	0.16	

Tipo	Fortalezas y Debilidades	Peso	Valor (1-4)	Peso ponderado
	Restricciones financieras para inversión tecnológica y modernización de equipos.	0.10	2	0.20
	Brechas de capacitación técnica en estandarización y uso de herramientas analíticas.	0.08	2	0.16
	Registros operativos parciales y dependencia de procesos manuales en la gestión de información.	0.09	2	0.18
	Subtotal Debilidades	0.55		0.94
TOTAL		1.00		2.39

La MEFI evidencia que las fortalezas suman 1.45, mientras que las debilidades alcanzan 0.94, lo que indica que la empresa dispone de una base interna favorable, sobre todo por la experiencia de los directivos y del personal, así como por la aceptación del producto; no obstante, el puntaje total de 2.39 refleja un desempeño ligeramente inferior al nivel óptimo, debido a debilidades vinculadas a la falta de estandarización, limitaciones tecnológicas, brechas de capacitación y restricciones financieras.

3.9.5. FODA

La matriz FODA integra los resultados del análisis interno y externo de la empresa, permitiendo identificar las fortalezas y debilidades relacionadas con su desempeño organizacional, así como las oportunidades y amenazas provenientes del entorno, ante ello, se adjunta la matriz FODA realizada:

Tabla 26*Matriz FODA*

FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
F1. Directivos con conocimiento del proceso productivo y capacidad de coordinación operativa.	D1. Falta de estandarización formal de procedimientos y control sistematizado de tiempos.
F2. Producto con buena aceptación en su segmento por su carácter local y artesanal.	D2. Limitado alcance en promoción y canales de venta.
F3. Experiencia operativa del personal y dominio de las etapas del proceso productivo.	D3. Restricciones financieras para inversión tecnológica y modernización de equipos.
F4. Ahorros operativos derivados de la reducción de reprocesos.	D4. Brechas de capacitación técnica en estandarización y uso de herramientas analíticas.
F5. Incorporación inicial de herramientas de simulación para apoyar la toma de decisiones del proceso.	D5. Registros operativos parciales y dependencia de procesos manuales en la gestión de información.
OPORTUNIDADES (O)	AMENAZAS (A)
O1. Programas de apoyo y asistencia técnica orientados a la modernización productiva de MYPES.	A1. Variabilidad de precios de insumos, energía y transporte que incrementa costos operativos.
O2. Tendencia del mercado hacia productos locales y artesanales con identidad regional.	A2. Inestabilidad en la continuidad de políticas públicas y financiamiento productivo.
O3. Uso de herramientas de simulación y digitalización que favorecen la optimización de procesos.	A3. Competencia de empresas con mayor escala productiva y posicionamiento comercial.
O4. Exigencias ambientales que promueven prácticas productivas más eficientes y sostenibles.	A4. Necesidad permanente de inversión tecnológica y capacitación especializada.
O5. Cumplimiento normativo como soporte para la formalización y credibilidad del producto.	A5. Mayor rigor en fiscalización sanitaria y requerimientos documentarios.

La matriz FODA muestra que la empresa dispone de fortalezas internas relevantes, sobre todo debido a la experiencia de los directivos y del personal, la aceptación del producto y el uso inicial de herramientas de mejora del proceso; sin embargo, persisten debilidades por la falta de estandarización, limitaciones financieras, brechas de capacitación y carencias en los sistemas de información.

En el entorno se identifican oportunidades favorables referente al apoyo institucional, la preferencia por productos locales y la incorporación de tecnologías de optimización; no obstante, también se evidencian amenazas tales como la volatilidad de costos, la competencia de mayor escala y el aumento de exigencias regulatorias.

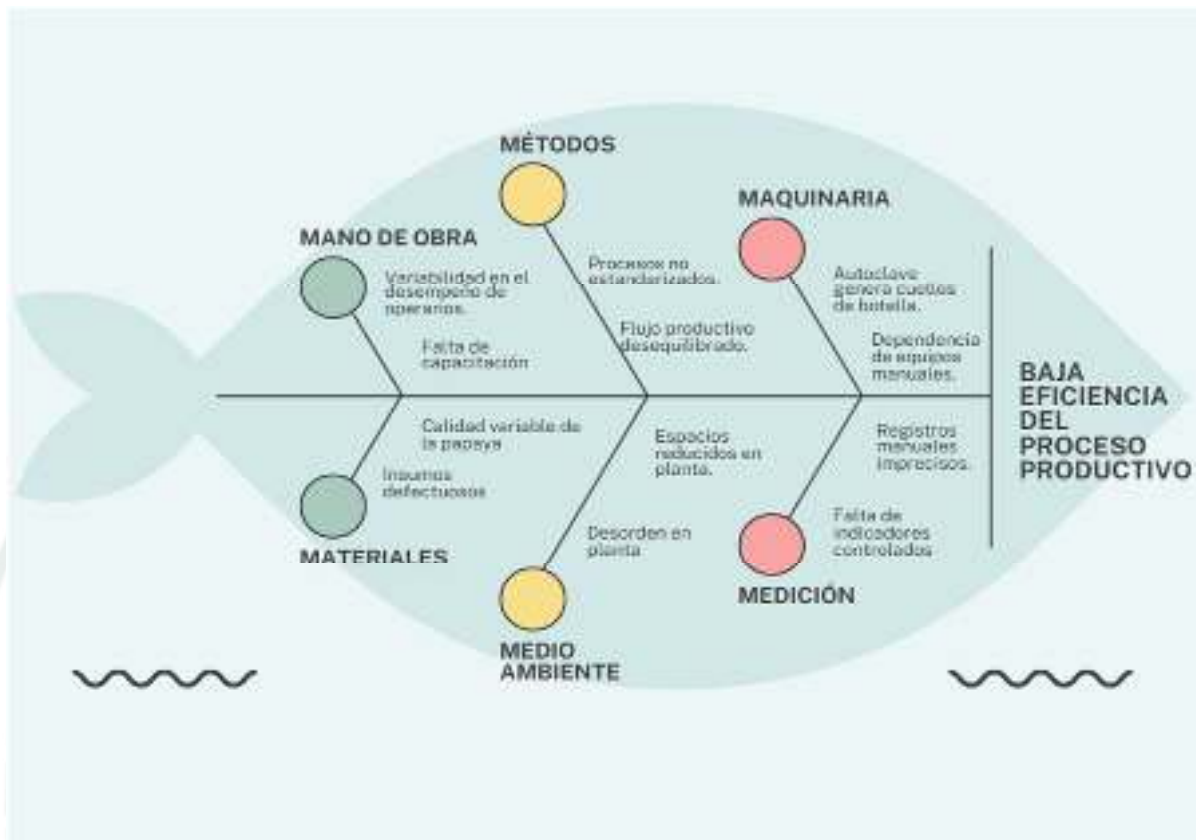
Por tanto, los resultados del FODA evidencian la necesidad de fortalecer las capacidades internas y la gestión operativa, de modo que la empresa pueda aprovechar de manera efectiva las oportunidades del entorno y reducir el impacto de las amenazas identificadas.

3.10. Diagrama de Ishikawa

Con relación al análisis realizado, se procedió a elaborar un diagrama de Ishikawa, tal como se adjunta en la figura 18:

Figura 18

Diagrama de Ishikawa



Nota. Elaboración propia.

El Diagrama de Ishikawa presentado permite identificar y estructurar las principales causas que explican la baja eficiencia del proceso productivo en la elaboración de mermelada de papaya, que a través de las 6M se analizaron factores que generan mayores tiempos de proceso, reprocesos, desechos y cuellos de botella, afectando directamente la productividad y la capacidad de respuesta frente a la demanda.

En la categoría mano de obra, las principales causas identificadas son la variabilidad en el desempeño de los operarios y la falta de capacitación, ya que generan diferencias en los tiempos de ejecución y mayor probabilidad de errores, lo que afecta la uniformidad y continuidad del proceso productivo.

En cuanto a los métodos, se evidencian procesos no estandarizados y un flujo productivo desequilibrado, por lo que la ausencia de procedimientos claramente definidos y

la falta de sincronización entre etapas genera acumulación de productos en proceso, tiempos muertos y esperas innecesarias, ocasionando cuellos de botella recurrentes.

Respecto a la maquinaria, se identifican dos causas principales tales como la existencia de una sola autoclave que genera congestión en las actividades de pasteurización y la dependencia de equipos manuales, sobre todo en el sellado, etiquetado y pesado.

En el ámbito de materiales, la calidad variable de la papaya y la presencia de insumos defectuosos como bolsas o etiquetas afectan el rendimiento productivo, por lo que la fruta en mal estado obliga a realizar correcciones, selecciones adicionales o descartes, mientras que los insumos defectuosos generan reprocesos que incrementan el tiempo y el costo del ciclo productivo.

En lo referente al medio ambiente, los espacios reducidos y el desorden operativo dentro de la planta dificultan el flujo continuo de materiales y personal, donde la falta de una adecuada distribución física ocasiona desplazamientos innecesarios y cruces de operaciones, incrementando los tiempos improductivos y generando riesgos en la integridad del producto.

Finalmente, en medición, se identifican registros manuales imprecisos y la ausencia de indicadores controlados, por lo que falta de datos confiables limita la capacidad de monitorear el desempeño real, detectar desviaciones y tomar decisiones oportunas.

Cabe destacar que dicha información se fue tomando a través de observación directa en planta con los operarios, con quienes se logró tener comunicación y se fue recopilando información de cada parte del proceso, así como de la empresa y su funcionamiento. Se presentan las evidencias fotográficas de la toma de información en planta en el Anexo 8.



CAPÍTULO IV

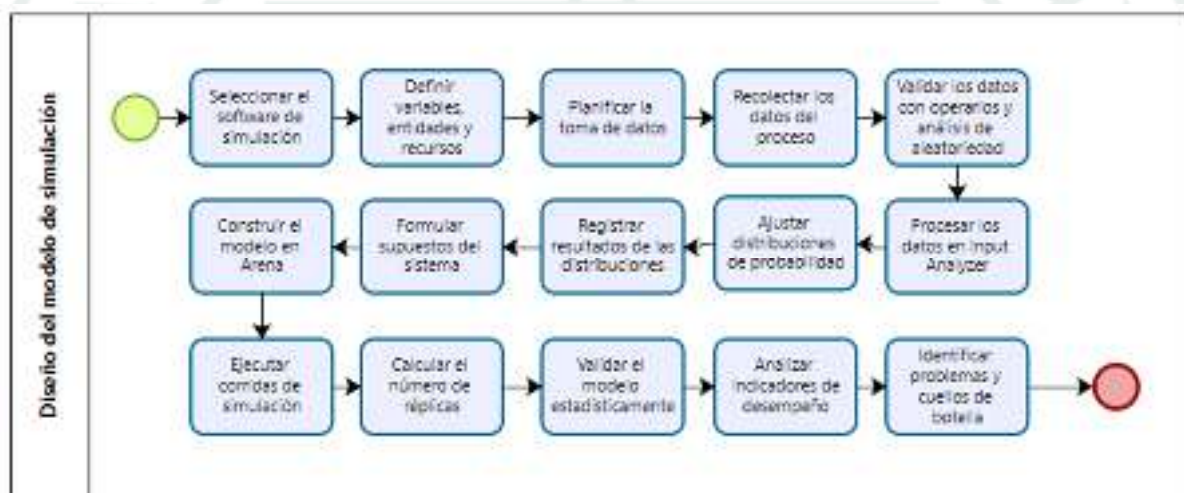
CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En este apartado se recopilarán los datos de entrada necesario para realiza el modelo de simulación elaborado en Arena, por medio del cual se apreciará la situación actual del proceso productivo de elaboración de mermelada de papaya arequipeña y gestión de inventarios realizada por la Empresa; asimismo, se definirán y describirán las variables y componentes del modelo. Para la ejecución del modelo, se siguieron los siguientes pasos:

Figura 19

Flujograma del diseño del modelo de simulación



Nota. Elaboración propia.

4.1. Justificación de la selección del Software Arena

El software Arena fue seleccionado para el desarrollo del modelo de simulación debido a que presenta mayores ventajas técnicas, metodológicas y operativas frente a otras alternativas disponibles en el mercado, tales como FlexSim y Simio; no obstante, para sustentar esta elección, se elaboró una matriz comparativa en la que se evaluaron criterios relacionados con capacidad de modelamiento, facilidad de uso, soporte, costos de implementación, disponibilidad de documentación técnica y compatibilidad con herramientas

estadísticas, donde cada criterio fue valorado mediante una escala del 1 al 5, donde 1 representa el menor desempeño y 5 el mayor nivel de cumplimiento.

Tabla 27

Matriz comparativa de selección del software de simulación

Criterio de evaluación	Arena	FlexSim	Simio
Capacidad de modelamiento de procesos productivos	5	5	4
Facilidad de uso y curva de aprendizaje	5	3	3
Estabilidad y robustez del software	5	4	4
Integración con herramientas estadísticas	5	4	4
Flexibilidad para análisis de escenarios	5	4	4
Soporte técnico	4	3	3
Disponibilidad de manuales	4	3	3
Compatibilidad con procesos de manufactura	5	4	3
Trayectoria y validación en proyectos reales	5	4	3
Accesibilidad para uso académico	3	4	2
Total de puntaje obtenido	46	38	33

Nota. Se calificó cada criterio con una puntuación del 1 al 5, donde 5 es que se cumple totalmente el criterio y 1 no cumple totalmente el criterio.

De acuerdo con la matriz comparativa, el software Arena obtiene el mayor puntaje total de 46 puntos, superando a FlexSim con 38 puntos y Simio con 33 puntos, evidenciando así que Arena presenta un mejor desempeño en los criterios evaluados, sobre todo por su capacidad de modelamiento, facilidad de uso, robustez operativa, soporte técnico y disponibilidad de documentación técnica, por lo que el software Arena es el software que mejor se adecua a los objetivos del presente estudio.

4.2. Variables exógenas del sistema

- X1: Intervalo entre Llegadas de Materia Prima (Cajas de Papaya Arequipeña)
- Y1: Tiempo de Descarga y Selección de Materia Prima
- Z1: Porcentaje de Desecho de Fruta en Mal Estado
- Z2: Porcentaje de Fruta a utilizar en el Proceso Productivo
- Y2: Tiempo de Pesado de la Fruta
- Y3: Tiempo de Lavado 1 de la Fruta
- Y4: Tiempo de Remojado
- Y5: Tiempo de Pelado y Rayado de la Fruta
- Y6: Tiempo de Lavado 2 o Escaldado de la Fruta
- Y7: Tiempo de Trozado y Desemillado de la Fruta
- Y8: Tiempo de Pulpeado de las Pepas y Bagazo del corazón de la Fruta
- Y9: Tiempo de Picado de la Fruta
- Y10: Tiempo de Precocción de la Fruta
- Y11: Tiempo de Cocción y Estandarización de la Mermelada
- Z3: Probabilidad de que el Lote de Mermelada Pase el Control de Calidad
- Z4: Probabilidad de Reproceso del Lote de Mermelada
- Y12: Tiempo de Reprocesado del Lote de Mermelada
- Y13: Tiempo de Llenado Bolsas de Mermelada
- Y14: Tiempo de Pasteurización y Sellado al vacío del Producto Terminado
- Y15: Tiempo de Etiquetado del Producto Terminado
- Y16: Tiempo de Control de Calidad de los Productos Terminados
- Z5: Porcentaje de Productos Terminados que pasan el Control de Calidad
- Z6: Probabilidad de Reproceso de los Productos Terminados
- Y17: Tiempo de Reprocesado de los Productos Terminados Defectuosos

- Y18: Tiempo de Empaquetado en Cajas de los Productos Terminados
- X2: Intervalo entre Llegadas de Pedidos de los Clientes
- Y19: Tiempo de Picking y Facturación de los Productos según Pedido

4.3. Plan de Recopilación de la Información

En esta etapa se procedió a recopilar la información necesaria para poder simular los diferentes procesos productivos que se llevan a cabo para la elaboración de mermelada de papaya arequipeña y gestión de inventarios de la empresa.

4.3.1. Cantidad de datos que recolectar

Para la toma de datos en la planta II de la empresa se determinó recolectar 30 datos iniciales para a partir de los mismos hallar el número de datos que deben ser tomados para ajustarlos a una distribución, tal como recomienda Torres (2016) que precisa que n como mínimo debe ser de 30 tomas, dichas cantidades serán halladas mediante la fórmula de tamaño de muestra basada en la media y desviación estándar:

$$n_0 = (Z_{2(1-\alpha/2)}^2 * S^2) / e^2$$

Con la finalidad de optimizar el resultado se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Si: } N > n_0 \quad (n_0 - 1) \Rightarrow n = n_0 / (1 - (n_0 / N))$$

Esta fórmula tiene como finalidad ajustar el n_0 hallado asumiendo que al multiplicarlo por $(n_0 - 1)$ tiene que ser mayor a un “N” - valor de un número alto difícilmente alcanzable - elevado que en este caso es igual a 5000 para garantizar que los datos a levantar sea una cantidad considerada, en caso de serlo se aplica

$$n = n_0 / (1 - (n_0 / N))$$

En la mayoría de los casos el número no cambia.

Donde:

- $Z_{2(1-\alpha/2)}^2$ = Nivel de confianza
- S^2 = Varianza poblacional

- e = Error máximo permisible ($5\% \cdot \mu$) 64
- μ = Media Muestral
- N = Tamaño de la población estimada
- n_0 = Tamaño de muestra n

El proceso de recopilación de datos se llevó a cabo en la Planta II de la empresa, ubicada en la ciudad de Arequipa. La toma de información se realizó de manera directa en los diferentes procesos de producción, mediante la observación y el cronometraje de las actividades ejecutadas durante la jornada laboral. Asimismo, se contó con el apoyo de las grabaciones de las cámaras de seguridad instaladas en la Planta I, los almacenes y el área de recepción de materias primas y despacho de productos terminados, con el fin de complementar y verificar los registros obtenidos en campo.

De igual forma, se recurrió al apoyo de personal experto en el proceso, como el jefe de producción y las operarias, con quienes se mantuvieron conversaciones orientadas a determinar los porcentajes de desecho y las probabilidades de paso de los productos por los distintos controles de calidad.

El procedimiento seguido para el levantamiento de información se desarrolló de la siguiente manera:

- En primer lugar, se presentó una solicitud formal al Gerente General de la empresa, con el propósito de obtener la autorización necesaria para ingresar a las instalaciones y realizar la recopilación de datos del proceso de producción de mermelada de papaya arequipeña.
- Posteriormente, se efectuó una visita inicial de reconocimiento, en la cual se delimitó el sistema a estudiar, se definieron los procesos a evaluar, se identificaron las áreas de la planta y los recursos involucrados, así como las entidades participantes en cada etapa del proceso.

- Una vez conocido el flujo operativo, se elaboró un formato de registro de datos con los encabezados correspondientes a las variables exógenas y un espacio destinado a 30 observaciones por variable.
- La información fue registrada de manera individual, utilizando cronómetros y registros de observación, y contrastada con las grabaciones de seguridad proporcionadas por la empresa, a fin de garantizar la precisión de los tiempos y la confiabilidad de los datos recolectados.
- Asimismo, se realizaron consultas directas al personal experto, especialmente para determinar los valores probabilísticos y porcentuales de las variables aleatorias vinculadas al control de calidad y a los reprocesos.
- Finalmente, con los 30 datos iniciales recolectados por cada variable, se procedió a calcular el tamaño de muestra requerido según el análisis estadístico. En función de los resultados obtenidos, se amplió la base de datos cuando fue necesario. Por ejemplo, para la variable Y1 se estableció un tamaño de muestra de 63 observaciones, por lo que se tomaron 33 registros adicionales hasta completar el total determinado.

4.3.2. Fuentes de Información

La información utilizada en la investigación se recolectó a través de tres métodos complementarios, con el propósito de garantizar la validez y confiabilidad de los datos obtenidos:

- **Observación directa:** Se realizó un registro de los tiempos y actividades correspondientes al proceso productivo de mermelada de papaya arequipeña, así como de la gestión de inventarios asociada a las actualizaciones generadas por los pedidos y ventas a los clientes. Esta observación permitió obtener información real sobre la operación de la planta en condiciones normales de trabajo.

- Consulta a expertos: Se recopiló información proporcionada por el Jefe de Producción y las operarias, quienes aportaron datos sobre variables de difícil medición directa, como los tiempos prolongados de cocción, los tiempos de reproceso, los porcentajes de desecho y las probabilidades de paso de los productos por los controles de calidad o reproceso.
- Verificación mediante grabaciones: Los datos obtenidos fueron contrastados con las grabaciones de las cámaras de seguridad ubicadas en las áreas de Planta I, almacén y patio de recepción y despacho, con el fin de corroborar la exactitud de los tiempos registrados y asegurar la consistencia de la información recolectada.

4.3.3. *Herramientas utilizadas para la toma de datos*

Para la toma de tiempos se utilizó las siguientes herramientas:

- Formato para la Recolección de Datos
- Cronómetros digitales
- Reloj
- Laptop
- Lápiz y borrador
- Cámara del Celular

Tabla 28

Herramientas utilizadas para la toma de datos

Herramientas	Ilustración
Cronómetros digitales	



Reloj



Laptop



Lápiz



Cámara de celular



Tablas de madera



Nota. Elaboración propia

4.4. Análisis de Datos de Entrada

X1: Intervalo entre Llegadas de Materia Prima (Cajas de Papaya Arequipeña)

Se tiene como supuesto para la construcción del modelo de simulación que el sistema nunca “Tiene Hambre”, es decir que no se presentan problemas como el paro de la producción por falta de materia prima, ya que según los expertos en el proceso con los que se conversó esto no es común en el proceso, por lo que el modelo de simulación a construir solo necesitará de una llegada para empezar a correr. De manera general el jefe de producción indicó que las llegadas de los pedidos de los proveedores de Papaya Arequipeña son los días

lunes a las 7 pm, por lo que en el modelo de simulación se puede configurar las llegadas cada 7 días, y una sola llegada para “Max Arrivals”

Variables Y: Tiempos de actividad

En el caso de los tiempos de actividad de los subprocesos, se aplicó la fórmula precisada en el punto 3.8.2.1., obteniendo la cantidad de tomas de tiempo; posterior a ello, se realizó la toma de tiempos, obteniendo las tomas de tiempo adjuntas en el Anexo 1.

4.4.1. Análisis de distribución de tiempos.

Con base en los tiempos de actividad, estos fueron ingresados en la herramienta Input Analyzer de Arena, obteniendo las distribuciones adjuntas a continuación. De igual forma, los resultados del Input Analyzer para para subproceso se adjuntan en el Anexo 2.

Asimismo, a modo de ejemplo, se adjunta el análisis de dos distribuciones de los procesos analizados mediante el Input Analyzer, tales como los procesos de descarga y selección de materia prima y de pesado de la fruta.

Y1: Tiempo de Descarga y Selección de Materia Prima

a) Datos

Se muestra los 30 datos iniciales de la muestra piloto para la variable Y1 estas contienen las hojas restantes y contiene los tiempos tomados para la nueva n de cada variable.

Tabla 29

Muestra piloto de 30 datos variable Y1

N°	Tiempo	N°	Tiempo
1	4.37	16	4.78
2	3.84	17	3.64
3	3.15	18	3.09
4	4.59	19	4.13

N°	Tiempo	N°	Tiempo
5	3.71	20	3.78
6	4.93	21	4.43
7	3.26	22	3.23
8	4.65	23	4.52
9	3.97	24	3.48
10	4.22	25	4.27
11	3.41	26	3.63
12	4.88	27	3.13
13	3.57	28	4.02
14	4.05	29	3.37
15	3.32	30	4.71

Nota. Elaboración propia

b) Tamaño de Muestra

Con base en dichos datos, se procedió a calcular el tamaño de muestra:

Tabla 30

Cálculo de tamaño de muestra variable YI

Población supuesta:	Infinita
Nivel de significancia (a)	5%
Nivel de confianza (1-a)	95%
Error porcentual (e)	5%
N asumido	5000

Datos:

Población supuesta	Infinita
Nivel de significancia (α)	5%
Nivel de confianza ($1-\alpha$)	95%
Error porcentual (e)	5%
N asumido (N)	5000

Cálculos:

Media muestral (\bar{X})	3.94
Varianza muestral (s^2)	0.333632299
Valor crítico ($Z_{(1-\alpha/2)}$)	1.96
Precisión de estimación ($d = \bar{X} \cdot e$)	0.196883333
Tamaño de muestra inicial (n_0)	33.06331257

Factor de corrección:

$n_0(n_0 - 1)$	1060.119326
Prueba: $N > n_0(n_0 - 1)$	Sí
n (corregido)	33.06331257

Tamaño de muestra redondeado: 34

Nota. Elaboración propia.

c) Datos finales utilizados para la determinación de la distribución

Como el tamaño de muestra redondeado obtuvo un valor de 34, se analizaron 34 datos finales para la determinación de la distribución:

d) Análisis Estadístico de los Datos

Para el análisis estadístico de cada variable del estudio se utilizó la herramienta INPUT ANALIZER del software Arena.

Tabla 31

Muestra tomada variable Y1

Nº	Tiempo (min)	Nº	Tiempo (min)
1	4.37	18	3.09
2	3.84	19	4.13
3	3.15	20	3.78
4	4.59	21	4.43
5	3.71	22	3.23
6	4.93	23	4.52

7	3.26	24	3.48
8	4.65	25	4.27
9	3.97	26	3.63
10	4.22	27	3.13
11	3.41	28	4.02
12	4.88	29	3.37
13	3.57	30	4.71
14	4.05	31	4.13
15	3.32	32	3.89
16	4.78	33	3.52
17	3.64	34	4.57

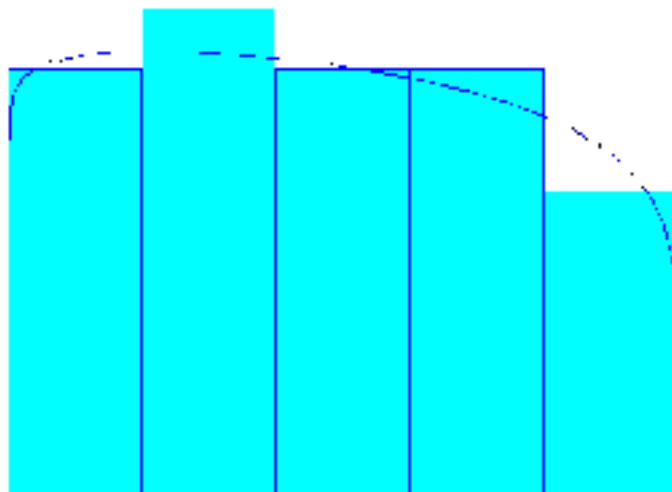
Nota. Elaboración propia.

a. Estadística General

Se observa en la figura 20 la distribución de la probabilidad de la variable Y1:

Figura 20

Distribución de probabilidad variable Y1



Nota. Elaboración propia

b. Error Cuadrático

De igual forma, el error cuadrático de Y1 se adjunta en la figura 21:

Figura 21

Error cuadrático variable Y1

Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$3 + 2 * \text{BETA}(1.04, 1.16)$
Square Error:	0.000772

Nota. Elaboración propia.

c. Fit All

El ajuste de la variable Y1 se adjunta de igual forma en la figura 22:

Figura 22

Fit all - variable 1

Function	Sq Error
Beta	0.000772
Uniform	0.00415
Weibull	0.0128
Erlang	0.0148
Gamma	0.0154
Normal	0.017
Lognormal	0.0249
Triangular	0.0346
Exponential	0.0413

Nota. Elaboración propia.

d. Distribuciones de Probabilidad Sugerida por el Input Analyzer

Tabla 32

Distribución de probabilidad variable Y1

Distribución de probabilidad	
Distribución	BETA
Expresión	$3 + 2 * \text{BETA}(1.04, 1.16)$
Error cuadrado	0.000772

Nota. Elaboración propia.

e. Pruebas de Bondad de Ajuste

Ho: Los datos siguen una distribución

Hi: La variable no se ajusta

Tabla 33

Prueba de bondad de ajuste / Chi cuadrado variable Y1

Pruebas de bondad de ajuste / Chi cuadrado	
Numero de intervalos	5
Grados de libertad	2
Test Statistic	0.133
P-value	0.75

Nota. Elaboración propia.

Tabla 34

Prueba de bondad de ajuste / K-S variable Y1

Pruebas de bondad de ajuste / K-S	
Test Statistic	= 0.0447
P-value	> 0.15

Nota. Elaboración propia.

En la variable tiempo de descarga y selección de materia prima; la distribución de probabilidad que mejor representa datos es la BETA, presentando el mínimo error 0.000772; esto queda demostrado por las pruebas de bondad de ajuste (Chi- cuadrado y k-S) considerando un indicar p mayor que 0.75 y 0.15; ambos valores son mayores que el valor del riesgo 0.05 (5%). Valores de p más grandes, indican mejores ajustes.

Tabla 35

Pruebas estadísticas

Prueba Estadística	Criterio	p-value obtenido	Comparación	Conclusión
Chi-cuadrado	p-value > 0.05	0.75	0.75 > 0.05	Cumple
Kolmogorov–Smirnov	p-value > 0.05	0.15	0.15 > 0.05	Cumple

Nota. Elaboración propia.

Los resultados de las pruebas de bondad de ajuste confirman que los datos de la variable Y1 se ajustan adecuadamente a la distribución teórica evaluada. En la prueba de Chi-cuadrado, realizada con 5 intervalos y 2 grados de libertad, se obtuvo un estadístico de prueba de 0.133 y un p-value de 0.75, valor ampliamente superior al nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. De igual manera, la prueba de Kolmogorov–Smirnov reportó un estadístico de 0.0447 y un p-value mayor a 0.15, también por encima del umbral de 0.05. Por tanto, ambos resultados verifican que la distribución seleccionada presenta un ajuste adecuado a los datos observados, por lo que es estadísticamente válida para su incorporación en el modelo de simulación.

Se procedió de igual forma en los casos restantes y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 36

Distribuciones para las Variables Exógenas

Variable Exógena	Distribución	Unidad	Prueba de Bondad	Error cuadrado
X1: Intervalo entre Llegadas de Materia Prima (Cajas de Papaya Arequipeña)	Constant (1)	Días	No aplica	No aplica
X2: Intervalo entre Llegadas de Pedidos de los Clientes	$1 + 10 * \text{BETA}(1.21, 1.56)$	Horas	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.292042
Y1: Tiempo de Descarga y Selección de Materia Prima	$3 + 2 * \text{BETA}(1.04, 1.16)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.000772
Y2: Tiempo de Pesado de la Fruta	$15 + 15 * \text{BETA}(0.717, 0.796)$	Segundos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.001218
Y3: Tiempo de Lavado 1 de la Fruta	$2 + 2 * \text{BETA}(1.18, 1.29)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.001472
Y4: Tiempo de Remojado de la Fruta	Constant (2)	Horas	No aplica	No aplica
Y5: Tiempo de Pelado	$60 + 41 * \text{BETA}(0.881, 1.34)$	Minutos	Chi 0.745>0.05	0.000472

Variable Exógena	Distribución	Unidad	Prueba de Bondad	Error cuadrado
y Rayado de la Fruta			KS 0.15>0.05	
Y6: Tiempo de Lavado 2 o Escaldado de la Fruta	$4 + 3 * \text{BETA}(1.06, 0.918)$	Minutos	Chi 0.745>0.05 KS 0.15>0.05	0.001127
Y7: Tiempo de Trozado y Desemillado de la Fruta	Triangular (12, 15.3, 25)	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.004071
Y8: Tiempo de Pulpeado de las Pepas y Bagazo del corazón de la Fruta	$0.71 + \text{GAMM}(0.0603, 4.41)$	Minuto	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.001190
Y9: Tiempo de Picado de la Fruta	Unif(30,50)	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.004898
Y10: Tiempo de Precocción de la Fruta	$42 + 20 * \text{BETA}(0, 0)$	Minutos	Chi 0.218>0.05 KS 0.15>0.05	0.004253
Y11: Tiempo de Cocción y Estandarización de la Mermelada	$28 + 13 * \text{BETA}(1.75, 1.38)$	Minutos	Chi 0.414>0.05 KS 0.15>0.05	0.002187
Y12: Tiempo de Reprocesado del Lote de Mermelada	$4.35 + 3.03 * \text{BETA}(1.63, 1.51)$	Minutos	Chi 0.368>0.05 KS 0.15>0.05	0.004440
Y13: Tiempo de Llenado Bolsas de Mermelada	$11 + \text{LOGN}(6.16, 4.34)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.018491
Y14: Tiempo de Pasteurización y Sellado al vacío del Producto Terminado	$36 + \text{ERLA}(4.17, 2)$	Minutos	Chi 0.175>0.05 KS 0.15>0.05	0.034049
Y15: Tiempo de Etiquetado del Producto Terminado	$1 + 0.78 * \text{BETA}(1.06, 1.28)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.001475
Y16: Tiempo de Control de Calidad de los Productos Terminados	$6.14 + \text{LOGN}(3.07, 1.96)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.040712
Y17: Tiempo de Reprocesado de los Productos Terminados Defectuosos	$5 + 3.67 * \text{BETA}(2.39, 2.22)$	Minutos	Chi 0.221>0.05 KS 0.15>0.05	0.011959
Y18: Tiempo de Empaquetado en Cajas	$1.09 + \text{LOGN}(0.407, 0.284)$	Minutos	Chi 0.75>0.05 KS 0.15>0.05	0.028225

Variable Exógena	Distribución	Unidad	Prueba de Bondad	Error cuadrado
de los Productos Terminados				
Y19: Tiempo de Picking y Facturación de los Productos según Pedido	$4.11 + 2.85 * BETA(1.44, 0.803)$	Minutos	Chi $0.58 > 0.05$ KS $0.15 > 0.05$	0.009998

Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Porcentajes y Probabilidades

Estos datos fueron recolectados mediante entrevistas con los expertos del proceso (jefe de producción y operarios) que están presentes constantemente en el proceso desde hace ya varios años por lo que tienen noción en cuanto a las mermas, asimismo se tiene diversas otras razones como:

- **Experiencia y conocimiento especializado:** El jefe de producción y los operarios son personas que cuentan con una amplia experiencia y conocimientos especializados en el proceso productivo de la mermelada. Han estado involucrados directamente en la producción, manejo y control de calidad de la fruta, así como en la supervisión del proceso en su conjunto. Su experiencia les permite comprender los posibles desperdicios y los estándares de calidad requeridos, lo que los convierte en expertos idóneos para estimar los porcentajes relacionados.
- **Observación directa:** Al estar directamente involucrados en el proceso productivo, el jefe de producción y los operarios tienen la capacidad de observar y monitorear de cerca todas las etapas del mismo. Esto les permite identificar las frutas en mal estado, así como evaluar la calidad de los productos terminados. Su experiencia práctica les permite realizar estimaciones basadas en la observación directa de los desperdicios y la calidad de los productos.

- **Retroalimentación continua:** El jefe de producción y los operarios están en constante comunicación y retroalimentación con el equipo de trabajo. Reciben información sobre la cantidad y calidad de la fruta disponible, los problemas que pueden surgir durante el proceso y las acciones correctivas que se deben tomar. Esta retroalimentación continua les permite ajustar los porcentajes y las probabilidades estimadas en función de los desafíos y las mejoras implementadas en el proceso.

En base a lo anteriormente explicado se tiene los siguientes datos recolectados de los expertos en el proceso

Tabla 37

Porcentajes para las variables exógenas tipo “Z”

Variable Exógena	Porcentaje/Probabilidad
Z1: Porcentaje de Desecho de Fruta en Mal Estado	3%
Z2: Porcentaje de Fruta a utilizar en el Proceso Productivo	95%
Z3: Probabilidad de que el Lote de Mermelada Pase el Control de Calidad	65%
Z4: Probabilidad de Reproceso del Lote de Mermelada	75%
Z5: Porcentaje de Productos Terminados que pasan el Control de Calidad	70%
Z6: Probabilidad de Reproceso de los Productos Terminados	66%

Nota. Elaboración propia.

4.4.3. Entidades

- El proceso productivo Cajas de fruta (Papaya Arequipeña) de 20 kg
- Tinajas de Fruta (Papaya Arequipeña)
- Pedidos de los clientes
- Camionetas para el Delivery de Pedidos

4.4.4. Recursos

4.3.4.1. Humanos.

En la tabla 38 se adjuntan los recursos humanos utilizados:

Tabla 38

Recursos Humanos

Recurso	Cantidad	Proceso
Operario 1-Planta II	1	✓ Pelado de papaya
		✓ Escaldado de papaya
		✓ Cortado de papaya
		✓ Preparación de la mermelada y Estandarización
		✓ Reproceso de Lote de Mermelada
Operario 2-Planta II	1	✓ Pelado de papaya
		✓ Escaldado de papaya
		✓ Cortado de papaya
		✓ Preparación de la mermelada y Estandarización
		✓ Reproceso de Lote de Mermelada
Operario 3-Planta II	1	✓ Llenado de Bolsas de 500 gr
		✓ PASTERIZACIÓN
		✓ Etiquetado
		✓ Reproceso de productos defectuosos
		✓ Empaquetado
		✓ Selección y Pesado de Fruta
Operario 4		✓ Selección y Pesado de Fruta
Operario 5		✓ Lavado de papaya
Secretaria	1	✓ Recepción de Pedidos de los Clientes y generación de órdenes de venta
Jefe de Almacén	1	✓ Verificación de Inventario
		✓ Recoge y almacena productos terminados
		✓ Actualización y Control de Inventarios
Jefe de Producción	1	✓ Planificación de la Producción
		✓ Generación de órdenes de Producción
		✓ Control de Calidad final

Nota. Elaboración propia.

4.3.4.2. Inanimados.

En la tabla 39 por su parte, se agregan los recursos inanimados:

Tabla 39

Recursos Inanimados

Recurso	Cantidad	Uso-Proceso
Balanza de recepción	1	✓ Pesado de las jabas con papaya arequipeña
Lavadores de Plástico	6	✓ Lavado 1 ✓ Lavado 2
Máquina Pulpeadora	1	✓ Separa la pulpa de las semillas (Pulpeado)
Paila industrial	1	✓ Cocción de mermelada (Precocción, cocción y estandarización)
Termómetro	1	✓ Medición de la Temperatura de la mermelada (Precocción, cocción y estandarización)
Peachimetro digital	1	✓ Medición del Ph de la mermelada (Cocción y estandarización)
Refractómetro		✓ Medición de los grados briks de la mermelada (Cocción y estandarización)
Mesa de Acero Inoxidable para envasado		✓ Llenado y Etiquetado de Bolsas de 500 gr
Balanza de envasado	1	✓ Pesado de los Bolsas Llenadas
Jarra dosificadora para Envasado		✓ Llenado de mermeladas en Bolsas de 500 gr
Máquina selladora	1	✓ Sellado de las Bolsas de 500 gr
Codificador Eléctrico	1	✓ Colocar fecha de producción y fecha de vencimiento en la etiqueta (Envasado)
Tecele	1	✓ Transporta las cajas de producto terminado a almacén (de Planta II en el segundo Piso a Almacén de PT en el primer piso)
Carro de Transporte	1	✓ Transporte de Materia Prima del

Recurso	Cantidad	Uso-Proceso
		Área de Recepción al Almacén de Materias Primas
		✓ Transporte de Cajas con Bolsas de 500 gr de Mermelada de Papaya al Patio de Despacho

Nota. Elaboración propia.

4.3.5. Variables Endógenas

Referente a las variables endógenas, se establecieron:

- **Wq: Tiempos Promedio de Espera**
 - Wq1: Tiempo promedio de espera de Descarga y Selección de Materia Prima
 - Wq2: Tiempo promedio de espera de Pesado de la Fruta
 - Wq3: Tiempo promedio de espera de Lavado 1 de la Fruta
 - Wq4: Tiempo promedio de espera de Pelado y Rayado de la Fruta
 - Wq5: Tiempo promedio de espera de Lavado 2 o Escaldado de la Fruta
 - Wq6: Tiempo promedio de espera de Trozado y Desemillado de la Fruta
 - Wq7: Tiempo promedio de espera de Pulpeado de las Pepas y Bagazo del corazón de la Fruta
 - Wq8: Tiempo promedio de espera de Picado de la Fruta
 - Wq9: Tiempo promedio de espera de Precocción de la Fruta
 - Wq10: Tiempo promedio de espera de Cocción y Estandarización de la Mermelada
 - Wq11: Tiempo promedio de espera de Reprocesado del Lote de Mermelada
 - Wq12: Tiempo promedio de espera de Llenado Bolsas de Mermelada

- Wq13: Tiempo promedio de espera de PASTERIZACIÓN del Producto Terminado
- Wq14: Tiempo promedio de espera de Etiquetado del Producto Terminado
- Wq15: Tiempo promedio de espera de Control de Calidad de los Productos Terminados
- Wq16: Tiempo promedio de espera de Reprocesado de los Productos Terminados Defectuosos
- Wq17: Tiempo promedio de espera de Empaquetado en Cajas de los Productos Terminados
- Wq18: Tiempo promedio de espera de Picking y Facturación de los Productos según Pedido
- ***Q: Longitudes Promedio de Cola***
 - Q1: Longitud de Cola Promedio de Llenado Bolsas de Mermelada
 - Q2: Longitud de Cola Promedio de Etiquetado del Producto Terminado
- ***U: Utilización de cada uno de los siguientes recursos:***
 - U1: Utilización de Operario 1-Planta I
 - U2: Utilización de Operario 2-Planta I
 - U3: Utilización de Operario 3-Planta I
 - U4: Utilización de Supervisor de Calidad
 - U5: Utilización de Secretaria
 - U6: Utilización de Jefe de Almacén
 - U7: Utilización de Jefe de Producción
 - U8: Utilización de Balanza de recepción
 - U9: Utilización de Lavadores de Plástico
 - U10: Utilización de Maquina Pulpeadora

- U11: Utilización de Paila industrial
- U12: Utilización de Termómetro
- U13: Utilización de Peachimetro digital
- U14: Utilización de Refractómetro
- U15: Utilización de Mesa de Acero Inoxidable para envasado
- U16: Utilización de Balanza de envasado
- U17: Utilización de Jarra dosificadora para Envasado
- U18: Utilización de Codificador Fechador Eléctrico
- U19: Utilización de Autoclave
- U20: Utilización de Tecele
- U21: Utilización de Carro de Transporte
- ***TO: Tiempos Ociosos de cada uno de los siguientes recursos:***
 - TO1: Tiempo Ocioso de Operario 1-Planta I
 - TO2: Tiempo Ocioso de Operario 2-Planta I
 - TO3: Tiempo Ocioso de Operario 3-Planta I
 - TO4: Tiempo Ocioso de Supervisor de Calidad
 - TO5: Tiempo Ocioso de Secretaria
 - TO6: Tiempo Ocioso de Jefe de Almacén
 - TO7: Tiempo Ocioso de Jefe de Producción
 - TO8: Tiempo Ocioso de Balanza de recepción
 - TO9: Tiempo Ocioso de Lavadores de Plástico
 - TO10: Tiempo Ocioso de Maquina Pulpeadora
 - TO11: Tiempo Ocioso de Paila industrial
 - TO12: Tiempo Ocioso de Termómetro
 - TO13: Tiempo Ocioso de Peachimetro digital

- TO14: Tiempo Ocioso de Refractómetro
- TO15: Tiempo Ocioso de Mesa de Acero Inoxidable para envasado
- TO16: Tiempo Ocioso de Balanza de envasado
- TO17: Tiempo Ocioso de Jarra dosificadora para Envasado
- TO18: Tiempo Ocioso de Codificador Fechador Eléctrico
- TO19: Tiempo Ocioso de Autoclave
- TO20: Tiempo Ocioso de Teclé
- TO21: Tiempo Ocioso de Carro de Transporte
- ***V: Variables Definidas por el Usuario***
 - V1: Producción
 - 0= Se Detiene la Producción
 - 1= Se Reinicia la Producción
 - V2: Inventario
 - Acumula el Nivel de Stock actual de Bolsas de Mermelada Arequipeña
 - V3: Tamaño Lote
 - Contiene el valor del Batchsize especificado por el Jefe de Producción
 - V4: R Target Stock
 - Contiene el valor de nivel de stock con el cual se indica que la producción se para por capacidad del Almacén
 - V5: Demanda
 - Guarda la cantidad de Bolsas de Mermelada de Papaya Arequipeña pedidas por los clientes
 - V6: r Punto de Reorden

- Contiene el valor de nivel de stock en el cual se indica que la producción debe reiniciarse
 - V7: Costo de Oportunidad
 - Acumula el valor monetario que hubiera representado un ingreso para la empresa si es que se hubiera atendido el pedido
 - V8: Ingresos
 - Acumula el valor monetario por los ingresos por ventas
- **R: Contadores o Variables de Respuesta**
 - R1: Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña reprocesados
 - R2: Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña desechados
 - R3: Cantidad de Bolsas de 500 gr de Mermelada de Papaya Arequipeña Reprocesadas por mal etiquetado y/o sellado
 - R4: Cantidad de Bolsas de 500 gr de Mermelada de Papaya Arequipeña desechadas
 - R5: Cantidad de Clientes Atendidos por Completo
 - R6: Cantidad de Pedidos no Recibidos o Clientes perdidos por falta de Stock.

4.3.6. Supuestos

Los supuestos utilizados para la construcción del modelo de simulación del Proceso Productivo y de Gestión de Inventarios de Mermelada de Papaya Arequipeña en la presentación de Bolsas de 500 gr, se hicieron con el fin de que la plataforma de simulación generará un comportamiento del modelo lo más aproximado a la realidad.

- Se asumió que en un 100% de los casos la materia prima iba a estar disponible para la producción, además, al evaluar dicha suposición con el Jefe de Producción, se nos afirmó que la empresa prácticamente no tiene problemas en

el suministro de materia prima y que además maneja un colchón de seguridad en el almacenamiento de material en caso de que se presente algún inconveniente.

- El pedido de Materia Prima que llega del proveedor es de 12 cajas de 20 kg cada una, el 3% de dicho pedido contiene fruta en mal estado y no apta para el proceso por lo que es desechada, asimismo el 95% del pedido restante es llevado a la Planta II para la producción de Mermelada, mientras que el 5% es llevada al almacén de materias primas para la producción de otras presentaciones de dicho sabor de mermelada
- El tiempo de cambio de turno de trabajo del operario es despreciable.
- La hora de inicio del sistema es igual a cero.
- Disciplina de cola en los procesos: FIFO.
- El Inventario Inicial de Productos Terminados (Bolsas de 500 gr de Mermelada Arequipeña) es de 128 unidades o 8 cajas
- La capacidad del almacén para este tipo de producto es de 450 unidades
- En cuanto a la política de a Política de Control de Inventarios de Productos terminados se tiene que esta es del tipo (r,R) , en donde:
 - El punto de reorden (r) corresponde al nivel de inventario en el cual se debe iniciar la producción de nuevos productos, este es de:
 $r=20$ unidades
 - El nivel de reabastecimiento (R) representara la capacidad del almacén de la empresa para el producto bajo análisis.
 $R=128$ unidades
 - Cuando el nivel de inventario de productos terminados alcanza el punto de reorden (r) , se activa la producción para reponer el stock y

llevarlo al nivel de reabastecimiento (R), generándose una orden de producción en la cantidad del tamaño de lote previamente establecido de 320 unidades.

- La cantidad de productos pedidos por los clientes en cada orden de ventas (Mermelada de Papaya Arequipeña en Bolsas de 500 gr) se distribuye de manera uniforme de 1 a 16 unidades.
- El precio unitario de la Mermelada de Papaya Arequipeña en Bolsas de 500 gr es de S/. 6.10
- El Costo de Oportunidad por no atender los pedidos de los clientes al no tener stock se calcula mediante la multiplicación de la cantidad demandada no atendida por el precio de unitario del producto.
- Los Tiempos relacionados con la verificación, actualización y control de inventarios de productos terminados y tiempos relacionados con la planificación de la producción y generación de órdenes de producción se consideran despreciables, por lo que no se tomaron en cuenta para el modelo de simulación
- El transporte de materia prima del área de recepción al almacén de materias primas contempla:
 - Se realiza mediante un carro de transporte que recorre 15 metros tanto de ida como de vuelta
 - La velocidad promedio del carro de transporte cargado es de 1.5 m/s y la velocidad promedio cuando está vacío es de 3 m/s.
- Los Tiempos de transporte del área de recepción al área de lavado son recorridos por las operarias llevando las tinas y cajas cargadas, así como el

tiempo de recorrido de esta última área a la Planta de Producción II son despreciables.

- Transporte de los productos terminados de la Planta I al Almacén.
 - Esto se realiza mediante el uso de un Tecele que lleva los productos terminados del segundo piso (Planta II) al primer piso (almacén de productos terminados)
 - La distancia vertical que recorre el Tecele es de 3 metros, cuando este está cargado su velocidad promedio es de 0.6 m/s y cuando este está vacío su velocidad promedio es de 1 m/s.

4.5. Modelo de Simulación

Para ejecutar la simulación del sistema, se tomó en cuenta toda la información recabada en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3. Con dicha información, se procedió a crear los diversos módulos que permitirán el correcto desarrollo de la simulación, tomando como ejemplo algunos módulos creados, los cuales se muestran a continuación.

Para el Create inicial, se tomó en cuenta que la materia prima llega cada día y llegan 12 cajas de insumos de materia prima. El módulo creado se presenta en la figura 23:

Figura 23

Create para llegada de frutas

Name	Entity Type
LLEGADA FRUTAS	Cajas de Fruta

Type	Value	Units
Constant	1	Days

Create per Annot	Max Annot	First Creation
0	1	0.0

Buttons: OK, Cancel, Help

Para los Decide, se tomó en cuenta las estadísticas brindadas por la empresa y los mismos que fueron descritos en la tabla 35, teniendo como referencia el decide

correspondiente a los reprocesos de los lotes de mermelada, tal como se adjunta en la figura 24:

Figura 24

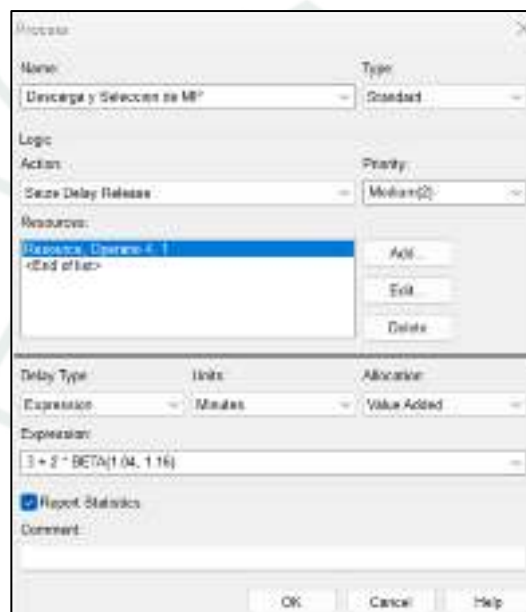
Decide para reprocesos de lote de mermelada



Para los Process, se configuró en base a los recursos asignados y considerando la distribución arrojada por el Input Analyzer y los cuales se presentaron en la tabla 34, tomando como referencia el proceso de descarga y selección de materia prima, tal como se presenta en la figura 25.

Figura 25

Process para descarga y selección de MP



Para los Batch, se tomaron en cuenta los lotes en los que se trabajan en la empresa. Por ejemplo, en el área de lavado se acumulan los productos en tinas como se precisa en la figura 26:

Figura 26

Batch para lavado



Para los Decide, se tomó también la información brindada por la empresa respecto a la separación de lotes. En este caso, también se consideró un separate en el proceso de lavado:

Figura 27

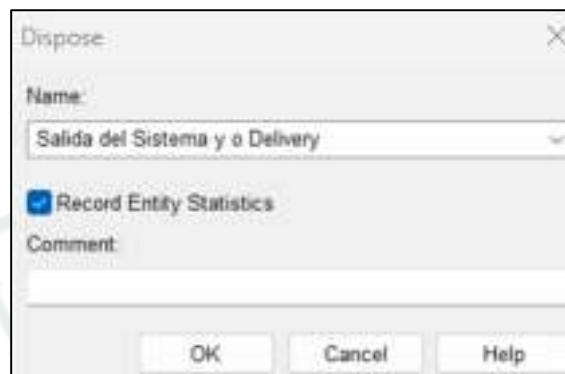
Separate para lavado



De igual forma, se configuró un dispose final considerando la salida de los productos, tal como se precisa en la figura 28:

Figura 28

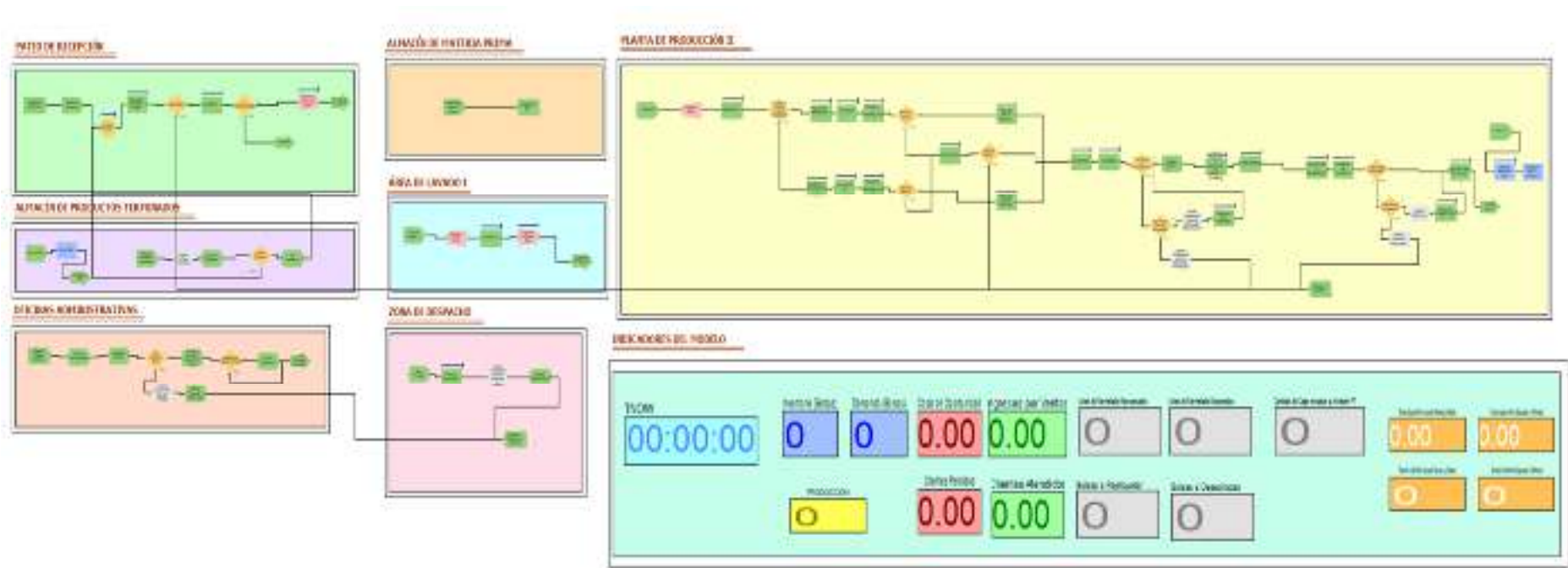
Dispose final



El modelo de simulación y su respectiva animación fueron elaborados en el Software Arena Rockwell versión 16.2, estos se exponen a continuación en la figura 29:



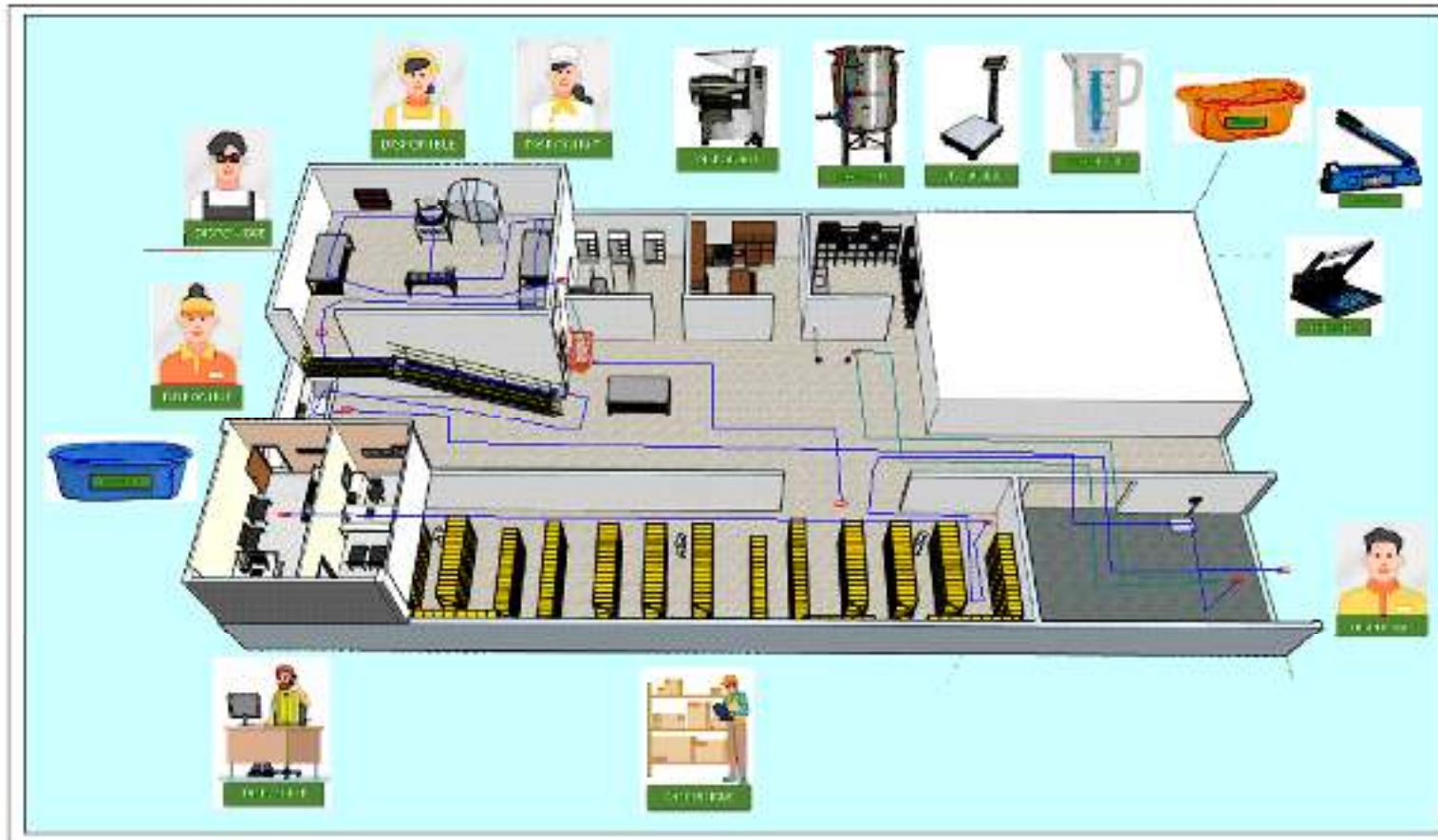
Figura 29
Modelo de Simulación



Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Animación del Proceso Productivo



Nota. Elaboración propia.

4.6. Cálculo del Número de Réplicas

Para el cálculo del número de réplicas se procede a aplicar los datos previamente extraídos de las 10 réplicas y aplicar estos sobre las siguientes fórmulas:

a) Número de réplicas

$$N = \left(\frac{t(n-1, 1-\alpha/2) \cdot s(n)}{e^* \cdot E[x]} \right)^2$$

b) Error

$$e = \frac{h}{E[x]}$$

Donde:

- N: Número de réplicas.
- t: Valor teórico extraído de las tablas t-Student con n-1 grados de libertad.
- s(n): Desviación estándar de la muestra de datos del modelo.
- e*: Error *deseado* (por ejemplo: 10%).
- E[x]: Media de la muestra de datos del modelo.
- h: Mitad del ancho del intervalo de confianza (*Half width*).

4.6.1. Análisis 10 Réplicas

Como se puede evidenciar a continuación en la figura 31, con 10 réplicas los indicadores seleccionados superan el máximo error permisible, por lo que, se determinó por conveniente continuar con 75 réplicas y evaluar cómo el sistema se comportaba en dicho escenario.

Figura 31

Análisis con 10 réplicas

Para 10 Réplicas							Número Máximo Réplicas	$t_{(10-1,1-0.05/2)}=$		De tablas
							367	$e^*=$	10%	Error porcentual deseado
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	N	Número de Réplicas	Error	
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.				
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.3	2.31	1.65	1	9	10	147.6893043	148	38.37%	
Cajas enviadas final	79.6	26.2	18.7	36	132	10	55.44194316	56	23.49%	
Cantidad productos desechados final	2.4	0.843	0.603	1	4	10	63.13855843	64	25.13%	
Clientes atendidos final	54.2	13.4	9.62	32	78	10	31.28045199	32	17.75%	
Clientes perdidos final	84.9	19.3	13.8	59	115	10	26.44607551	27	16.25%	
Costo de oportunidad	4.54E+03	1.01E+03	725	3.27E+03	6.33E+03	10	25.32754164	26	15.97%	
Tiempo de espera de etiquetado	155	45.9	32.8	95.8	262	10	44.87701591	45	21.16%	
Longitud de cola de etiquetado	0.0807	0.0368	0.0263	0.0371	0.156	10	106.4168903	107	32.59%	
Lotes desechados final	1.5	1.27	0.908	0	3	10	366.8486455	367	60.53%	
Lotes reprocesados final	6.7	3.02	2.16	3	11	10	103.974365	104	32.24%	
Tiempo de espera pasteurizado	441	74.4	53.2	317	570	10	14.56567744	15	12.06%	

Nota. Elaboración propia.

4.6.2. Análisis 75 Réplicas

Como se puede evidenciar en la imagen a continuación en la figura 32, con 18 réplicas el indicador de “Cantidad de bolsas a reetiquetar”, “clientes atendidos final”, “lotes desechados final”, “lotes reprocesados final” y “longitud de cola de etiquetado” supera el máximo error permisible, por lo que de todos los números de réplicas se eligió tomar un número cercano a 160, contemplando 145 réplicas.

Figura 32

Análisis con 75 réplicas

Para 75 Réplicas							Número Máximo Réplicas	$t_{(75-1,1-0.05/2)}=$		De tablas
							160	$e^*=$	10%	Error porcentual deseado
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	N	Número de Réplicas	Error	
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.				
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.35	2.39	0.549	0	13	75	119.8433521	120	12.62%	
Cajas enviadas final	83.4	33.4	7.7	8	180	75	63.67331962	64	9.23%	
Cantidad productos desechados final	2.13	1.27	0.291	0	6	75	141.1383043	142	13.66%	
Clientes atendidos final	5.54E+01	1.60E+01	3.68	1.80E+01	1.00E+02	75	33.11441567	34	6.64%	
Clientes perdidos final	80.9	17.2	3.95	39	116	75	17.94553915	18	4.88%	
Costo de oportunidad	4.23E+03	919	211	1.93E+03	6.33E+03	75	18.73902317	19	4.99%	
Tiempo de espera de etiquetado	154	56.6	13	18.8	325	75	53.62756536	54	8.44%	
Longitud de cola de etiquetado	0.0848	0.0438	0.0101	0.00174	0.181	75	105.9139528	106	11.91%	
Lotes desechados final	2.13	1.35	0.31	0	6	75	159.4795458	160	14.55%	
Lotes reprocesados final	6.93	3.4	0.783	0	19	75	95.56261491	96	11.30%	
Tiempo de espera pasteurizado	452	127	29.2	51.5	927	75	31.34203797	32	6.46%	

Nota. Elaboración propia.

4.6.3. Análisis 145 Réplicas

Como se puede evidenciar a continuación en la figura 33, con 145 réplicas ningún indicador supera el máximo error permisible, por lo que el número de réplicas del modelo se debe quedar en 145.

Figura 33

Análisis con 145 réplicas

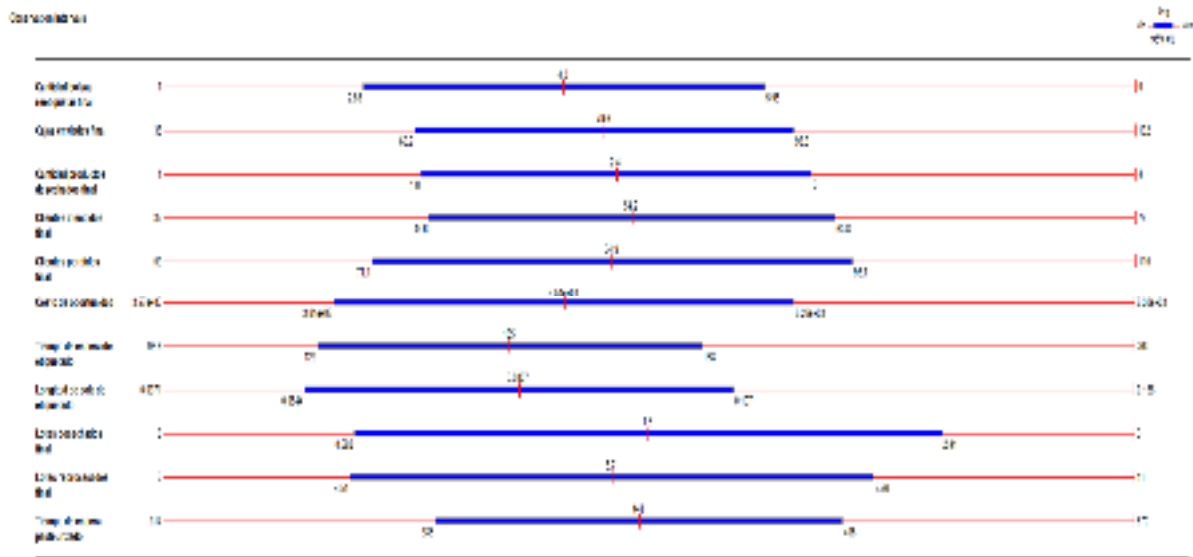
Para 145 Réplicas							Número Máximo Réplicas 145	$t_{(145-1,1-0.05/2)}=$ 1.96		De tablas
								$e^*=$ 10%		Error porcentual deseado
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	N	Número de Réplicas	Error	
	DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	VALUE	OF OBS.				
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.48	2.6	0.426	0	16	145	133.7172166	134	9.51%	
Cajas enviadas final	8.28E+01	34.8	5.72	8.00E+00	1.96E+02	145	70.12848784	71	6.91%	
Cantidad productos desechados final	2.12E+00	1.24	0.204	0.00E+00	6.00E+00	145	135.8214331	136	9.62%	
Clientes atendidos final	5.52E+01	16.9	2.77	1.70E+01	1.02E+02	145	37.21276273	38	5.02%	
Clientes perdidos final	80.8	17.7	2.91	31	121	145	19.05111819	20	3.60%	
Costo de oportunidad	4.28E+03	958	157	1.73E+03	6.86E+03	145	19.89024535	20	3.67%	
Tiempo de espera de etiquetado	151	51.8	8.51	18.8	325	145	46.71994093	47	5.64%	
Longitud de cola de etiquetado	0.0838	0.0475	0.0078	0.00132	0.272	145	127.5545169	128	9.31%	
Lotes desechados final	2.14	1.29	0.212	0	6	145	144.2608657	145	9.91%	
Lotes reprocesados final	6.63	3.41	0.559	0	19	145	105.0215349	106	8.43%	
Tiempo de espera pasteurizado	461	135	22.2	51.5	927	145	34.04570614	35	4.82%	

Nota. Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en las figuras 31, 32 y 33 con 145 réplicas ningún indicador supera el máximo error permisible, por lo que el número de réplicas del modelo se debe quedar en 145. De igual forma, en las figuras 34, 35 y 36 se adjuntan los resultados gráficos obtenidos del Optquest.

Figura 34

Resultados de los Indicadores para 10 Réplicas

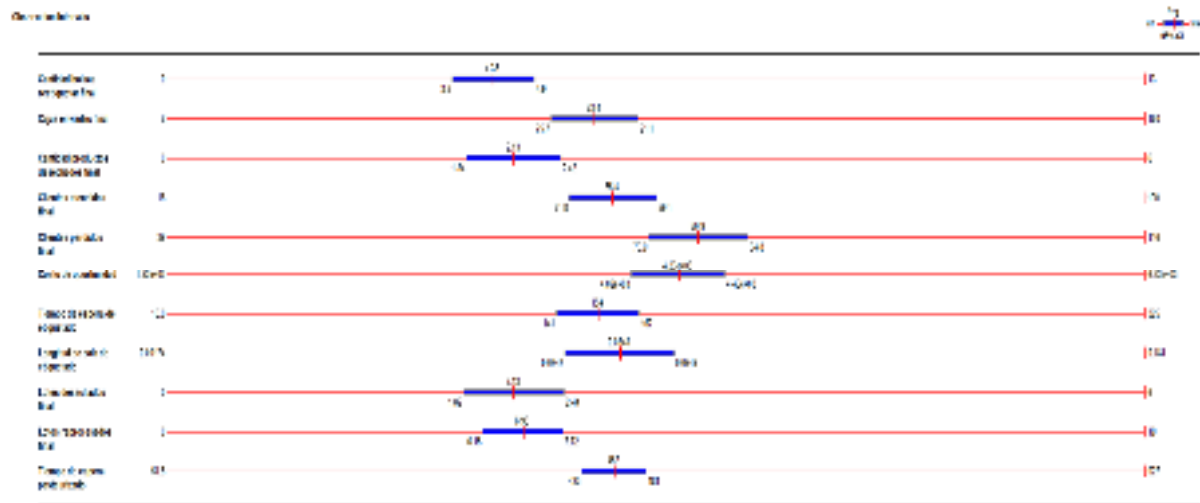


Classical C.I. Intervals Summary						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsa reest. lquetar final	4.3	2.31	1.65	1	9	10
Cajas enviadas final	79.6	26.2	18.7	36	132	10
Cantidad productos d. esechados final	2.4	0.843	0.603	1	4	10
Clientes atendidos f. inal	54.2	13.4	9.62	32	78	10
Clientes perdidos fi. nal	84.9	19.3	13.8	59	115	10
Costo de oportunidad	4.54e+03	1.01e+03	725	3.27e+03	6.33e+03	10
Tiempo de espera de etiquetado	155	45.9	32.8	95.8	262	10
Longitud de cola de etiquetado	0.0807	0.0368	0.0263	0.0371	0.156	10
Lotes desechados: final	1.5	1.27	0.908	0	3	10
Lotes reprocesados: final	6.7	3.02	2.16	3	11	10
Tiempo de espera pas. teurizado	441	74.4	53.2	317	570	10

Nota. Elaboración propia.

Figura 35

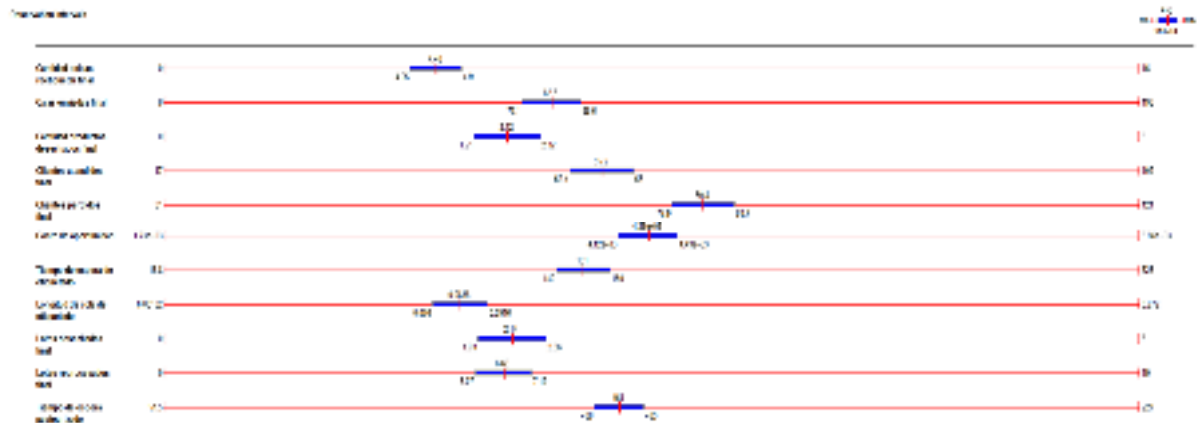
Resultados de los Indicadores para 75 Réplicas



Classical C.I. Intervals Summary						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetadas final	4.35	2.39	0.549	0	13	75
Cajas enviadas final	83.4	33.4	7.7	8	180	75
Cantidad productos desechados final	2.13	1.27	0.291	0	6	75
Clientes atendidos final	55.4	16	3.68	18	100	75
Clientes perdidos final	80.9	17.2	3.95	39	116	75
Costo de oportunidad	4.23e+03	919	211	1.93e+03	6.33e+03	75
Tiempo de espera de etiquetado	154	56.6	13	18.8	325	75
Longitud de cola de etiquetado	0.0848	0.0438	0.0101	0.00174	0.181	75
Lotes desechados final	2.13	1.35	0.31	0	6	75
Lotes reprocessados final	6.93	3.4	0.783	0	19	75
Tiempo de espera paseurizado	452	127	29.2	51.5	927	75

Figura 36

Resultados de los Indicadores para 145 Réplicas



IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.40	2.6	0.426	0	16	145
Cajas enviadas final	82.8	34.8	5.72	8	196	145
Cantidad productos desechados final	2.12	1.24	0.204	0	6	145
Clientes atendidos final	55.2	16.9	2.77	17	102	145
Clientes perdidos final	80.0	17.7	2.91	31	121	145
Costo de oportunidad	4.28e+03	958	157	1.73e+03	6.86e+03	145
Tiempo de espera de etiquetado	151	51.8	8.51	18.8	325	145
Longitud de cola de etiquetado	0.0838	0.0475	0.0078	0.00132	0.272	145
Lotes desechados final	2.14	1.29	0.212	0	6	145
Lotes reprocessados final	6.63	3.41	0.559	0	19	145
Tiempo de espera pas	461	135	22.2	51.5	927	145

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presentan las hipótesis planteadas, los valores de “to” calculados y las conclusiones de las Pruebas T para cada una de las variables:

4.7. Prueba de Hipótesis

La prueba t de dos colas se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa en la media de una variable entre dos grupos o condiciones. En lugar de buscar si hay una diferencia en una dirección específica (mayor o menor), la prueba t de dos colas busca si hay una diferencia en cualquier dirección.

La prueba t de dos colas se emplea en este estudio porque el objetivo no es verificar si el valor medio del modelo de simulación es mayor o menor respecto al valor observado en el

sistema real, sino comprobar si existe o no una diferencia significativa entre ambas medias en cualquier dirección; por tanto, bajo este enfoque, la hipótesis nula establece que no existe diferencia entre los resultados del modelo y los valores del sistema real, mientras que la hipótesis alternativa plantea la posibilidad de diferencia tanto por exceso como por defecto. Además, de acuerdo con la literatura estadística actual sobre validación de modelos de simulación, el uso de la prueba t de dos colas es el procedimiento adecuado cuando se busca contrastar la equivalencia de medias sin asumir previamente la dirección del cambio (Banks et al., 2010; Law, 2015). Por ello, la prueba t de dos colas resulta coherente con el propósito de verificar si el comportamiento del modelo es estadísticamente similar al del sistema real, criterio fundamental para la validación del modelo desarrollado.

En base a lo anteriormente expuesto, se realizaron 11 Pruebas de Hipótesis para determinar si existe una diferencia significativa entre los resultados de los indicadores para 145 y 10 réplicas, si es que en cada prueba se cae en la región de aceptación se concluye que el modelo de simulación ha sido validado y representa de manera adecuada el sistema real simulado. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$t_0 = \frac{E(x) - C}{\frac{S(n)}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $E[x]$: Media de la muestra de datos del modelo.
- C : Media de la muestra de datos del sistema real.
- $S(n)$: Desviación estándar de la muestra de datos del modelo.
- n : Número de réplicas.

Los valores para los parámetros de la fórmula previamente expuesta se extrajeron de los reportes del Output Analyzer mostrados en el inciso anterior, estos se vuelven a exponer a continuación, en el cual se muestran dos ejemplos de las pruebas de hipótesis y en el Anexo 4 se evidencian todas pruebas de hipótesis para cada uno de los indicadores seleccionados:

4.7.1. Prueba de Hipótesis para el Indicador R1: Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña reprocesados

Los resultados para el indicador cantidad de lotes de mermelada de papaya arequipeña reprocesados para 145 y 10 réplicas son los siguientes como se muestra en la figura 37:

Figura 37

Resultados para el Indicador R1

Resultados del indicador Cantidad de Bolsas Reetiquetar para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.48	2.6	0.426	0	16	145

Resultados del indicador Cantidad de Bolsas Reetiquetar para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.3	2.31	1.65	1	9	10

PasoNº1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x) = C = 4.500$
H1: $E(x) \neq C = 4.500$

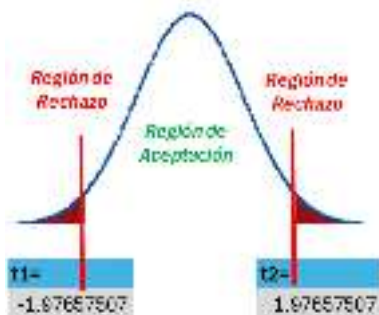
PasoNº2: "Nivel de Significancia"

$\alpha = 5.0\%$

PasoNº3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{\bar{E}(x) - C}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 23)$$

PasoNº4: "Regla de Decisión"



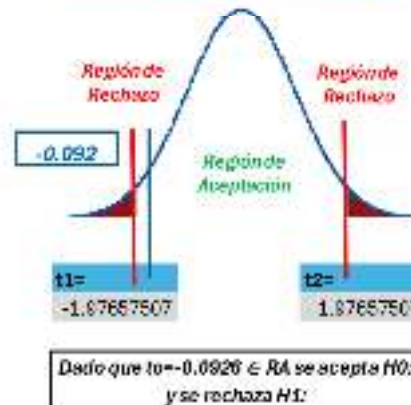
PasoNº5: "Cálculos"

$E(x) = 4.48$
 $C = 4.50$
 $s(n) = 2.6$
 $n = 145$
 $t_0 = -0.09262795$

PasoNº6: "Decisión"

$$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$$

La *t* debe caer en la región de aceptación



Nota. Elaboración propia.

En base a los resultados de la Prueba T con un nivel de confianza del 95% se concluye que el indicador Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña reprocesados cumple la VALIDACIÓN, evidenciando la HIPÓTESIS de que la media del modelo y del sistema real son similares.

4.7.2. Prueba de Hipótesis para el Indicador R2: Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña desechados

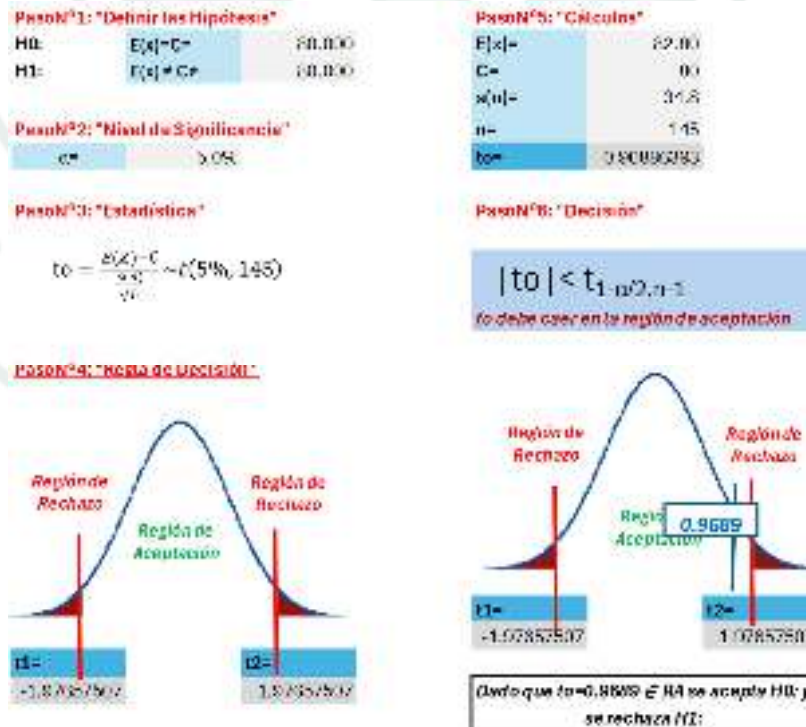
Los resultados para el Indicador Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña desechados para 145 y 10 réplicas son los siguientes como se muestra en la figura 38:

Figura 38

Resultados para el Indicador R2

Resultados del indicador Cajas Enviadas Final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cajas enviadas final	82.8	34.8	5.72	8	196	145

Resultados del indicador Cajas Enviadas Final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cajas enviadas final	79.6	26.2	18.7	36	132	10



Nota. Elaboración propia.

En base a los resultados de la Prueba T con un nivel de confianza del 95% se concluye que el indicador Cantidad de Lotes de Mermelada de Papaya Arequipeña desechados, cumple la VALIDACIÓN, evidenciando la HIPÓTESIS de que la media del modelo y del sistema real son similares.

4.7.3. Conclusión de validación del modelo de simulación

En todos los casos la hipótesis nula se acepta, por lo tanto, se puede afirmar que el modelo elaborado en el Software Arena tiene un comportamiento igual al real y se puede hacer propuestas de mejora a partir del mismo.

4.8. Regla de decisión en relación a los intervalos de confianza

Con relación a la regla de decisión en relación a los intervalos de confianza, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 40

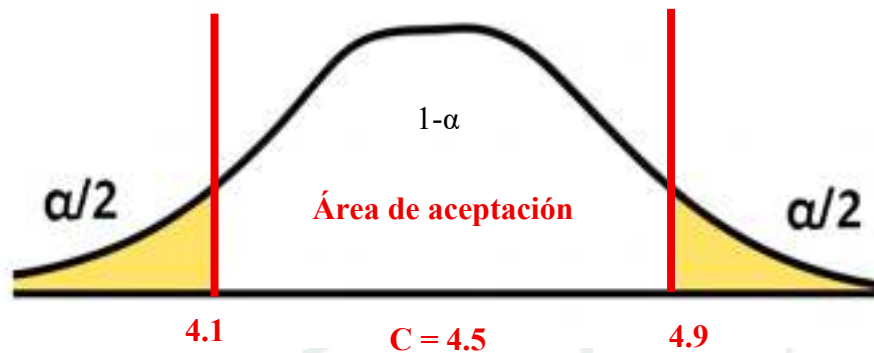
Intervalos de confianza

Cálculo de Intervalo de Confianza	Cantidad de Bolsas Reetiquetar	Cajas Enviadas Final	Cantidad de Productos Desechados Final	Cientes Atendidos Final	Cientes Perdidos Final	Costo de Oportunidad	Tiempo de Espera de Etiquetado	Longitud de cola de etiquetado	Lotes desechados final	Lotes reprocesados final	Tiempo de espera pasteurizado
E(X)	4.48	82.8	2.12	55.2	80.8	4280	151	0.0838	2.14	6.63	461
S2	2.6	34.8	1.24	16.9	17.7	958	51.8	0.0475	1.29	3.41	135
S	6.76	1211.04	1.54	285.61	313.29	917764.00	2683.24	0.0023	1.66	11.63	18225.00
$t_{(n-1, 1 - \alpha/2)} * S(n)$	0.4	5.7	0.2	2.8	2.9	157.0	8.5	0.0078	0.2	0.6	22.2
Donde $t_{(n-1, 1 - \alpha/2)}$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$e = h/E(X)$	0.4	8.3	0.2	5.5	8.1	428.0	15.1	0.008	0.2	0.7	46.1
C	4.5	80	2	54	83	4231	156	0.085	2	7	440
to	-0.1	1.0	1.2	0.9	-1.5	0.6	-1.2	-0.3	1.3	-1.3	1.9
Límite Superior	4.9	88.5	2.3	58.0	83.7	4437.0	159.5	0.1	2.4	7.2	483.2
Límite Inferior	4.1	77.1	1.9	52.4	77.9	4123.0	142.5	0.1	1.9	6.1	438.8
¿Dentro de intervalo de confianza?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Como se observa en la tabla 40, todos los valores de C se encuentran dentro de los límites superior e inferior; por tanto, se cumple con la regla de decisión de intervalos de confianza; la cual, de informa se puede observar gráficamente como se adjunta en el caso la cantidad de bolsas a reetiquetar.

Figura 39

Intervalos de confianza para cantidad bolsas a reetiquetar



Dado que el valor C cae dentro de intervalo de confianza, se puede afirmar al 95% de nivel de confianza y un error máximo permisible del 10% que el indicador valida el modelo de simulación.

4.9. Análisis de resultados

Como parte de los resultados, se analizaron los tiempos en cola de los distintos procesos mapeados, así como la cantidad cajas enviadas a almacén, cantidad productos desechados, cantidad de bolsas a reetiquetar, clientes atendidos, clientes perdidos, lotes desechados, lotes reprocesados, obteniendo los siguientes resultados:

Para los tiempos en cola, se analizaron los resultados obtenidos en el sistema, en relación a los datos obtenidos de la réplica 145, tal como se adjunta en la tabla 41:

Tabla 41*Tiempo en cola*

Proceso	Average	Minimum	Maximum	Observations
Lavado 1.queue.waitingtime	7.0008	0.0000	14.603	18
Lavado 2 2.queue.waitingtime	81.860	6.1959	217.90	9
Lavado 2 1.queue.waitingtime	96.110	4.8723	236.49	9
Pelado y raspado 2.queue.waitingtime	90.413	0.0000	245.76	9
Pelado y raspado 1.queue.waitingtime	83.026	0.0000	213.44	9
Etiquetado y perforado.queue.waitingtime	124.70	0.0000	208.86	17
Empaquetado en cajas.queue.waitingtime	34.938	0.0000	232.46	16
Picado de la fruta 2.queue.waitingtime	58.904	20.703	108.12	8
Picado de la fruta 1.queue.waitingtime	58.403	16.128	115.90	7
Descarga y selección de mp.queue.waitingtime	11.914	0.0000	43.651	28
Cocción.queue.waitingtime	88.977	0.0000	243.25	18
Llenado, pesado y sellado de bolsas.queue.waitingtime	184.00	0.0000	487.02	17
Reproceso etiquetado.queue.waitingtime	258.03	5.3244	934.53	4
Trozado y desemillado 2.queue.waitingtime	27.105	5.7945	59.367	9
Trozado y desemillado 1.queue.waitingtime	24.585	6.8130	48.464	9
Pesado.queue.waitingtime	12.120	0.0000	42.189	25
Precocción.queue.waitingtime	54.378	0.0000	208.96	18
Pasteurizado.queue.waitingtime	450.07	0.0000	801.88	17

Nota. Elaboración propia.

El análisis de los tiempos de espera obtenidos del modelo de simulación permite identificar procesos críticos dentro del sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña. En primer lugar, se observan los tiempos más elevados en las etapas de pasteurizado, cuyo tiempo promedio de espera alcanza los 450.07 minutos; en el reproceso de

etiquetado, donde la demora llega a 258.03 minutos; en el llenado, pesado y sellado de bolsas, con un tiempo de 184.00 minutos; y finalmente en el etiquetado y perforado, que presenta 124.70 minutos de espera; ante ello, se observan que estos procesos poseen los principales cuellos de botella del sistema, debido a la considerable acumulación de producto en cola y a la limitada capacidad operativa para atender la demanda del proceso.

Asimismo, se identifican etapas con tiempos de espera significativos que, si bien no alcanzan los niveles de criticidad anteriores, contribuyen de manera importante al incremento del ciclo total; por ejemplo, la cocción, cuyo tiempo asciende a 88.98 minutos; el pelado y raspado, con valores que se sitúan entre 83.03 y 90.41 minutos; y el lavado en su segunda etapa, cuyos tiempos oscilan entre 81.86 y 96.11 minutos, evidenciando así la necesidad de revisar la asignación de recursos, la secuencia de operaciones y los tiempos de servicio para equilibrar el flujo productivo.

Por otra parte, se encuentran procesos con esperas moderadas que, aunque no representan cuellos de botella severos, sí aportan a la acumulación general del sistema, teniendo por ejemplo empaquetado en cajas, con un tiempo de 34.94 minutos; el trozado y desemillado, cuyas demoras varían entre 24.58 y 27.11 minutos; el picado de la fruta, con valores que fluctúan entre 58.40 y 58.90 minutos; el pesado, que presenta 12.12 minutos; y la descarga y selección de materia prima, cuyo tiempo de espera llega a 11.91 minutos.

Finalmente, se identifican procesos con tiempos mínimos, entre los que destacan el lavado en su primera etapa, con 7.00 minutos, indicando así que su capacidad operativa es adecuada y que no representan puntos de congestión dentro del sistema.

Al respecto, cabe destacar que, en el caso del proceso de pasteurizado, el modelo de simulación reporta un tiempo promedio de espera en cola de 450.07 minutos, equivalente aproximadamente a 7.5 horas, donde este indicador no representa un tiempo de espera diario, sino el tiempo medio que los lotes que efectivamente ingresan a la cola de pasteurizado

experimentan a lo largo de los 30 días de simulación, y dado que el pasteurizado se ejecuta por lotes, presenta tiempos de proceso relativamente prolongados y dispone de una capacidad limitada frente al flujo de producto que llega desde las etapas anteriores, lo que resulta coherente que este recurso se comporte como el principal cuello de botella del sistema, por lo que, las esperas elevadas observadas en esta etapa reflejan la congestión acumulada en el proceso y evidencian la necesidad de plantear propuestas de mejora orientadas a incrementar la capacidad operativa, redistribuir la carga de trabajo o reducir los tiempos de servicio asociados a esta operación. Sucede similar con los procesos de reetiquetado y llenado y pesado de bolsas, dada también la limitada mano de obra y los reprocesos del proceso por errores.

Por tanto, los mayores tiempos de espera se concentran en las etapas intermedias y finales del proceso, lo cual evidencia una desalineación en la sincronización de las operaciones, generando esta situación acumulaciones, lo cual incrementa los costos de oportunidad y disminuye la eficiencia global del sistema productivo. Por ende, es necesario implementar estrategias de mejora que permitan balancear la carga de trabajo, optimizar la disponibilidad de recursos y reducir las demoras críticas, con el fin de elevar el desempeño integral del sistema.

En cuanto a la cantidad de cajas enviadas a almacén, cantidad de productos desechados, cantidad de bolsas a reetiquetar, clientes atendidos, clientes perdidos, lotes desechados, lotes reprocesados, se obtuvo tabla 42:

Tabla 42*Indicadores actuales*

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	64
Cantidad de productos desechados	1
Cientes atendidos	46
Cientes perdidos	90
Lotes reprocesados	5
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4
Lotes desechados	1

Nota. Elaboración propia.

El análisis de los indicadores actuales mostrado en la tabla 42 correspondientes a un periodo de 30 días permite evaluar el desempeño operativo del sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña. Los resultados evidencian que se enviaron 64 cajas al almacén, lo cual representa la cantidad de producto terminado que logró completar el proceso sin incidencias durante el periodo evaluado; no obstante, se identificaron 4 bolsas que requirieron reetiquetado, lo que refleja la presencia de errores en la etapa de etiquetado y la necesidad de mejorar los controles de verificación para reducir retrabajos y costos asociados; asimismo, se registró 1 lote desechado, indicador que, si bien es bajo, pone de manifiesto la existencia de defectos puntuales que deben ser atendidos para asegurar la calidad del producto final.

En relación con la atención de la demanda, se atendieron 46 clientes, mientras que 90 no pudieron ser atendidos, lo que evidencia una demanda insatisfecha significativa y una capacidad de respuesta limitada frente a las solicitudes del mercado. Esta situación implica

costos de oportunidad relevantes y afecta directamente la satisfacción del cliente. Finalmente, se identificaron 5 lotes reprocesados y 1 lote desechado, lo que sugiere inconsistencias en la estabilidad del proceso productivo y la necesidad de reforzar las actividades de control de calidad y seguimiento de parámetros críticos.

Por tanto, estos indicadores muestran que, durante los 30 días analizados, el sistema presenta oportunidades de mejora en la eficiencia operativa, la gestión de calidad y la capacidad de atención, por lo que se requiere optimizar los recursos disponibles, disminuir reprocesos y minimizar pérdidas para elevar el desempeño global del proceso productivo. De igual forma, los datos obtenidos permitieron identificar que, en los 30 días de simulación. Cabe destacar que sólo se atendieron 46 clientes, que en promedio pueden llevar 8 cajas, cada una con 8 unidades; es decir, en ventas se atendieron 2944 bolsas de 500 gr de mermelada de papaya arequipeña, pero que por falta de stock no se atendieron 90 clientes; es decir, no se logró vender 5760 bolsas de 500 gr de mermelada de papaya arequipeña.

4.10. Principales problemas identificados

Del análisis del sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña, considerando los tiempos de espera y los indicadores obtenidos durante los 30 días de simulación, se identificaron diversas limitaciones que afectan la eficiencia y la capacidad de atención del proceso, donde los resultados permiten reconocer que las principales restricciones del sistema están relacionadas con cuellos de botella operativos, reprocesos, desechos y baja capacidad de respuesta frente a la demanda.

En primer lugar, se evidencian cuellos de botella críticos en las etapas de pasteurizado, reproceso de etiquetado y llenado, pesado y sellado de bolsas, donde los tiempos de espera alcanzan 450.07, 258.03 y 184.00 minutos respectivamente. De igual modo, procesos como etiquetado y perforado, cocción, pelado y raspado y lavado 2 presentan esperas significativas que superan los 80 minutos, lo que demuestra una falta de

sincronización en la línea de producción, ya que varias operaciones intermedias y finales acumulan colas extensas, mientras que etapas iniciales como lavado 1 o agrupado de tinajas presentan esperas mínimas, evidenciando así la existencia de un desequilibrio en el flujo del proceso, donde algunas operaciones avanzan más rápido que otras, generando acumulación, retrasos y aumento del tiempo total del ciclo productivo.

En segundo lugar, los indicadores muestran la existencia de reprocesos y desechos dentro del sistema, ya que durante el periodo evaluado se registraron 5 lotes reprocesados, 1 lote desechado y 1 producto desechado, además de 4 bolsas que requirieron reetiquetado, permitiendo observar así que existen inconsistencias en las operaciones que requieren ser analizadas y controladas, ya que los reprocesos generan mayores costos, incrementan la carga operativa y prolongan la duración del ciclo de producción.

Respecto a la atención de clientes, los resultados reflejan una baja capacidad de respuesta frente a la demanda real, puesto que sólo se atendieron 46 clientes, mientras que 90 no pudieron ser atendidos, lo que implica que el sistema cubre menos de la mitad de las solicitudes recibidas; por ante, ante esta demanda insatisfecha se observa que la capacidad del proceso es insuficiente para responder al nivel de requerimientos del mercado, y que los cuellos de botella previamente identificados impactan directamente en el cumplimiento de pedidos.

Asimismo, la baja cantidad de cajas enviadas a almacén, siendo estas un total de 64 unidades en 30 días, confirma que la producción efectiva es limitada frente a las necesidades del sistema, lo cual se respalda ante los altos tiempos de espera encontrados, que provocan la lentitud del avance de la producción a lo largo de la línea e impiden alcanzar mayores niveles de producción.

Por tanto, los resultados demuestran que las principales problemáticas del proceso productivo están asociadas a restricciones de capacidad en etapas clave, acumulación de

trabajo en proceso, reprocesos, desechos y una insuficiente atención de pedidos, generando así retrasos, incrementando los tiempos totales del ciclo de manufactura y reduciendo el nivel de servicio del sistema. Por lo que, se hace necesaria la implementación de herramientas orientadas al equilibrio de líneas, la reducción de tiempos de espera, el control de calidad y la planificación adecuada de la capacidad, con el fin de mejorar la eficiencia global del sistema productivo y aumentar su capacidad de respuesta ante la demanda.





CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

5. Propuesta de mejora

En el presente capítulo V se presentan las propuestas de mejora sustentadas en los resultados obtenidos del modelo de simulación desarrollado en el Capítulo IV, el cual permitió identificar con precisión los cuellos de botella, tiempos de espera, niveles de reprocesos y restricciones operativas del sistema productivo de mermeladas. Los indicadores simulados tales como los tiempos de cola en pasteurizado con un tiempo de cola de 450.07 min, llenado y sellado con un tiempo de cola de 184.00 min y etiquetado con un tiempo de cola de 124.70 min que fueron los procesos con mayor tiempo de cola, además de las pérdidas de clientes y los reprocesos recurrentes, evidenciaron la necesidad de intervenir en el flujo productivo mediante metodologías orientadas a la reducción de variabilidad, la optimización de tiempos y la mejora en la disponibilidad del recurso crítico.

Ante ello, se seleccionó como parte de las mejoras la aplicación del ciclo PHVA, lo cual se fundamenta en la necesidad de corregir las ineficiencias globales del proceso identificadas en la simulación, permitiendo planificar y ejecutar acciones sistemáticas sobre las etapas con mayor congestión. Por su parte, la metodología SMED se justifica porque los resultados del modelo mostraron tiempos excesivos y variabilidad en las actividades que tenían como parte preliminar a su funcionamiento, tiempos de preparación y cambio de equipos, especialmente en la cocción y el uso de la autoclave, procesos que concentran gran parte de la espera identificada. Finalmente, la aplicación de Kanban se deriva de la evidencia simulada de quiebres de inventario y demoras en la atención de pedidos, lo cual permitió observar la necesidad de sincronizar la producción con la demanda real. Por ello, estas propuestas parten del diagnóstico proporcionado por el modelo de simulación y se plantean como respuestas directas a las restricciones detectadas, asegurando que las mejoras presentadas sean coherentes, necesarias y plenamente justificadas.

5.1.Optimización del flujo productivo mediante el ciclo PHVA

Esta propuesta tiene como finalidad mejorar el desempeño general del proceso productivo de mermelada de papaya arequipeña aplicando la metodología PHVA, también conocida como ciclo de mejora continua. A través de este enfoque se pretende abordar de forma estructurada las causas que generan cuellos de botella y tiempos prolongados de espera en procesos críticos como pasteurizado, remojado y etiquetado. En la etapa Planear, se identificarán los procesos con mayores demoras y se definirán los objetivos de mejora junto con los indicadores de desempeño; en Hacer, se implementarán las acciones correctivas propuestas, priorizando la redistribución de recursos y la nivelación de cargas de trabajo; en Verificar, se evaluará la efectividad de los cambios mediante la comparación de resultados antes y después de la intervención; y en Actuar, se estandarizarán las mejoras que demuestren ser efectivas. Con la aplicación del ciclo PHVA se busca establecer un proceso más equilibrado, con flujos más ágiles, reducción de tiempos de espera y mayor aprovechamiento de la capacidad instalada.

5.1.1. Planear

En esta primera fase de la metodología PHVA se realiza la identificación, análisis y priorización de los problemas que afectan el desempeño del proceso productivo de mermelada de papaya arequipeña. El propósito de esta etapa es definir objetivos de mejora concretos, establecer indicadores de desempeño y diseñar un plan de acción estratégico que permita abordar de forma efectiva los cuellos de botella, los retrasos y las deficiencias de capacidad detectadas en el diagnóstico inicial.

Durante esta fase, se analizaron los resultados obtenidos del modelo de simulación, los tiempos de espera promedio y la utilización de recursos en cada proceso, identificándose que las etapas de pasteurizado, remojado y etiquetado presentan los mayores niveles de congestión, lo cual limita la productividad global del sistema. Asimismo, se determinó que

estas ineficiencias se deben a causas como equipos compartidos, procesos manuales, falta de balance de línea y ausencia de planificación de producción sincronizada.

A partir de este diagnóstico, se plantean objetivos de mejora específicos en la tabla 43, orientados a la reducción de tiempos improductivos, la nivelación de la carga de trabajo y el incremento de la capacidad operativa. Estos objetivos se formulan bajo el enfoque SMART, lo que facilita su control y seguimiento en las siguientes fases del ciclo PHVA.

Tabla 43

Planear

Objetivo específico	Indicador de desempeño	Meta	Acción propuesta	Responsable	Plazo estimado
Incrementar la capacidad de pasteurizado para eliminar el cuello de botella	Tiempo promedio de cola (minutos)	Reducir de 50% en tres meses	Adquirir e instalar una segunda máquina de pasteurizado para operar en paralelo con la existente	Gerente General / Jefe de Producción	Mediano plazo
Optimizar el flujo de trabajo en el proceso de etiquetado	Tiempo de ciclo (minutos por unidad)	Reducir 25%	Estandarizar el método de trabajo y ajustar los tiempos de operación	Supervisor de Calidad / Jefe de Producción	Corto plazo
Equilibrar la carga de trabajo entre procesos consecutivos	Utilización de recursos (%)	Alcanzar un equilibrio entre 85% y 95%	Revisar los tiempos de proceso y redistribuir tareas entre áreas	Jefe de Producción	Mediano plazo
Mejorar la planificación y coordinación	Cumplimiento del plan (%)	Alcanzar 100% cumplimiento	Disenar un cronograma de producción	Jefe de Almacén / Jefe de Producción	Mediano plazo

Objetivo específico	Indicador de desempeño	de Meta	Acción propuesta	Responsable	Plazo estimado
entre producción y almacén		semanal	integrado con los niveles de stock y pedidos		
Implementar un sistema de monitoreo de indicadores de desempeño	Número de KPIs definidos y activos	Establecer indicadores operativos iniciales	5 Crear un formato de control semanal de tiempos, producción y eficiencia	Secretaría / Jefe de Producción	Corto de plazo

Nota. Elaboración propia.

Ante ello, se ejecutará el plan de mejoras a implementar acorde a las siguientes fases.

5.1.2. *Hacer*

5.7.1.1. **Compra de máquina de pasteurizado (autoclave).**

Como parte de la fase Hacer del ciclo PHVA, se consideró la adquisición de una dos autoclaves industriales que cumplan la función de pasteurización en el proceso de producción de mermelada de papaya arequipeña. Esta acción responde al diagnóstico efectuado durante la fase Planear, en el que se identificó que el proceso de pasteurizado es el principal cuello de botella del sistema productivo, debido a la utilización compartida del equipo actual entre distintas líneas de producto. Asimismo, los resultados del modelo de simulación confirmaron que el pasteurizado es la etapa con el mayor tiempo de ejecución y la mayor acumulación de colas, alcanzando un máximo de 801 minutos de espera, lo cual representa el valor más elevado de todo el sistema. Este tiempo evidencia que la capacidad actual del equipo es insuficiente para atender la demanda operativa, aun cuando el proceso trabaja mediante el ingreso de lotes completos al autoclave.

La magnitud de la cola demuestra que la máquina no se da abasto, generando retrasos acumulativos que se trasladan a las operaciones posteriores, incrementando los costos de

oportunidad y reduciendo la productividad global; por ello, se prioriza intervenir esta etapa, ya que la teoría de restricciones indica que mejorar el proceso con mayor tiempo de ciclo y mayor congestión produce el impacto más significativo sobre la eficiencia total del sistema; por lo que, la compra e instalación de dos autoclaves permitirá triplicar la capacidad de tratamiento térmico, reducir los tiempos de espera y eliminar la saturación del recurso, mejorando la continuidad del flujo productivo y garantizando el cumplimiento oportuno de los pedidos de los clientes. La determinación de la cantidad óptima de autoclaves a comprar se realizó en base a la simulación en Arena, en la que se simuló el sistema con 1 sólo autoclave (proceso actual) y con 2, 3 y 4 autoclaves, evidenciándose que con 3 autoclaves (es decir dos adicionales al proceso actual), el proceso logra optimizarse significativamente, todo ello acorde a los resultados presentados en el Anexo 5 y considerando también una comparativa entre diversas opciones evaluadas. No se consideró la compra de una cuarta autoclave, dado que sólo se logra producir 1 unidad más y se tienen más clientes perdidos, por lo que se mantiene el sistema en tres autoclaves, para lo cual se deben comprar 2 adicionales.

Asimismo, la ficha técnica presentada a continuación detalla las especificaciones, criterios de selección y resultados esperados del nuevo equipo. Se adjunta el detalle en la tabla 44.

Tabla 44

Detalle de compra de autoclave

Apartado	Detalle
Equipo solicitado	Autoclave industrial con función de pasteurización
Área solicitante	Producción
Elaborado por	Jefe de Producción
Revisado y aprobado por	Gerente General
Fecha de emisión	27/08/25

Apartado	Detalle
Código de requerimiento	de RP-AUT-001-2025
Ubicación instalación	de Planta II – Área de Cocción y Pasteurización
Descripción del equipo	Dispositivo industrial cerrado en el que se utiliza vapor de agua sometido a presión y temperatura controlada para realizar el tratamiento térmico de mermeladas, cumpliendo la función de pasteurización. Aunque su uso tradicional corresponde a la esterilización, en este caso se operará bajo parámetros térmicos moderados (90–95 °C) para garantizar la reducción de la carga microbiana y la conservación del producto sin alterar sus propiedades organolépticas.
Justificación técnica	El equipo actual de autoclave constituye un cuello de botella en el proceso productivo, al ser utilizado de manera compartida entre diferentes líneas de mermelada (papaya y fresa). La adquisición de una segunda unidad permitirá operar en paralelo, duplicando la capacidad de pasteurización, reduciendo los tiempos de espera en un 50 %, mejorando la continuidad del flujo productivo y evitando demoras en la atención de pedidos.
Especificaciones técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad total: 250 L - Diámetro interno: 500 mm - Altura: 1600 mm - Ancho: 673 mm - Peso: 150 kg - Presión de cámara: 2 bar - Temperatura máxima: 133 °C - Material: Acero inoxidable AISI 304 - Equipado con 2 cestas de chapa perforada de acero inoxidable - Panel eléctrico con PLC que gestiona las secuencias de operación - Rampas de temperatura ajustables - Alimentación eléctrica: 220/380 V trifásico - Garantía mínima: 12 meses
Criterios de selección del proveedor	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas. - Certificación de calidad y cumplimiento de normas sanitarias. - Servicio postventa y disponibilidad de repuestos. - Plazo de entrega máximo de 45 días calendario. - Experiencia comprobada en la fabricación de equipos para la industria

Apartado	Detalle
	alimentaria.
Responsables del proceso	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración del requerimiento: Jefe de Producción - Revisión y aprobación: Gerente General - Evaluación técnica y económica: Jefe de Producción / Gerente General - Instalación y puesta en marcha: Jefe de Producción / Supervisor de Calidad
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del tiempo promedio de espera en pasteurizado en un 50 %. - Incremento de la capacidad productiva total en un 25 %. - Eliminación del cuello de botella en la etapa de tratamiento térmico. - Mejora del flujo continuo hacia los procesos de envasado y etiquetado. - Incremento de la eficiencia global del sistema productivo.

Nota. Elaboración propia.

5.7.1.2. Flujo de trabajo en el proceso de etiquetado.

Dentro de la fase *Hacer* del ciclo PHVA, se contempla la optimización del proceso de etiquetado, el cual fue identificado como una de las etapas con mayor variabilidad operativa y generación de reprocesos. Este proceso se realiza de forma manual, lo que incrementa la probabilidad de errores en la colocación, alineación o adherencia de las etiquetas. Para reducir estas incidencias y mejorar la eficiencia, se plantea el rediseño del flujo de trabajo mediante la aplicación de buenas prácticas de manufactura (BPM), la estandarización de los métodos de operación y la definición clara de roles y responsabilidades del personal involucrado.

El nuevo flujo busca asegurar que las etiquetas se apliquen correctamente, sin defectos visibles ni inconsistencias, garantizando la trazabilidad y presentación adecuada del producto final. A continuación, se presenta la matriz SIPOC que resume el proceso de etiquetado paso a paso, desde el suministro de insumos hasta la entrega del producto etiquetado al área de empaque. Se adjunta la matriz SIPOC en la tabla 45:

Tabla 45*SIPOC para etiquetado*

Elementos	Descripción
Proveedores (Suppliers)	<ul style="list-style-type: none">- Área de Producción (provee los frascos o bolsas con mermelada sellados y enfriados).- Área de Almacén (provee etiquetas, adhesivos y materiales de empaque).- Supervisor de Calidad (autoriza la liberación del lote para etiquetado).
Entradas (Inputs)	<ul style="list-style-type: none">- Producto terminado sin etiquetar.- Etiquetas autoadhesivas aprobadas.- Adhesivo en caso de etiquetas manuales.- Equipos y utensilios limpios (rodillos, mesas, aplicadores).- Registro de lote y número de producción.- Instrucciones de trabajo estandarizadas (POE).
Proceso (Process)	<ol style="list-style-type: none">1. Recepción y verificación del lote: Se recibe el lote de mermelada proveniente del área de envasado. Se verifica que los envases estén correctamente sellados, sin fugas ni deformaciones.2. Preparación del área de trabajo: Se realiza limpieza y desinfección de la superficie, asegurando que esté libre de residuos o materiales anteriores. (BPM: limpieza previa y separación física de lotes).3. Revisión de insumos: Se comprueba que las etiquetas correspondan al producto y lote en proceso. (BPM: control visual de lote y vencimiento de etiquetas).4. Aplicación de etiquetas: Se coloca la etiqueta de manera uniforme, siguiendo las guías visuales de alineación. (BPM: capacitación en manipulación higiénica y uso de guantes limpios).5. Inspección visual: El Supervisor de Calidad revisa aleatoriamente los envases etiquetados, verificando adherencia, posición y legibilidad. (BPM: inspección por muestreo y registro en hoja de control).

Elementos	Descripción
	6. Re-etiquetado (si aplica): En caso de defectos detectados, se retira la etiqueta defectuosa y se sustituye correctamente, manteniendo registro del número de reprocesos. (BPM: registro de trazabilidad y control de reprocesos).
	7. Almacenamiento temporal: El lote etiquetado se traslada a la zona de productos terminados, con rotulación del lote y fecha de producción. (BPM: orden, limpieza y segregación por lote).
Salidas (Outputs)	- Producto etiquetado correctamente, conforme a especificaciones. - Registro de control de calidad y trazabilidad. - Reporte de lotes aprobados y reprocesados.
Clientes (Customers)	- Área de Empaque (recibe el producto etiquetado para embalaje final). - Área de Control de Calidad (recibe reportes de inspección). - Área de Almacén (recibe el producto terminado aprobado para su almacenamiento y despacho).

Nota. Elaboración propia.

Se adjunta en el Anexo 3, las buenas prácticas de manufactura consolidadas para evitar los reprocesos.

5.7.1.3. Sistema de monitoreo de indicadores de desempeño.

La implementación de un sistema de monitoreo de indicadores de desempeño permite evaluar de forma objetiva el impacto de las mejoras introducidas en el proceso productivo de mermelada de papaya arequipeña. Este sistema constituye una herramienta fundamental de la fase Hacer dentro del ciclo PHVA, ya que facilita la medición, análisis y control continuo de los resultados operativos, asegurando que las acciones implementadas contribuyan al cumplimiento de los objetivos de eficiencia, productividad y calidad definidos en la fase Planear.

El monitoreo sistemático de los indicadores (KPI) permitirá identificar desviaciones, anticipar problemas y tomar decisiones correctivas oportunas, garantizando la sostenibilidad de las mejoras aplicadas. Además, la información generada servirá como base para los reportes de gestión, auditorías internas y procesos de mejora continua.

Los indicadores seleccionados se centran en medir las variables críticas del sistema, tales como tiempos de espera, utilización de recursos, productividad, cumplimiento del plan de producción, reprocesos y eficiencia global. Estos indicadores serán registrados en un formato de control semanal y supervisados por los responsables designados, quienes deberán analizar las tendencias y reportar resultados a la gerencia general. Se adjunta el table de indicadores en la tabla 46.

Tabla 46

Tablero de indicadores

Indicador	Definición Fórmula	Unidad de medida	Meta esperada	Responsable del seguimiento	Frecuencia de medición	Fuente de información
Tiempo promedio de cola en procesos críticos (Pasteurizado y Etiquetado)	Promedio de tiempo de espera en las colas de cada proceso.	Minutos	Reducción del 50 % respecto a la situación inicial	Jefe de Producción	Semanal	Reportes de simulación y control de planta
Utilización de recursos	$(\text{Tiempo de operación efectiva} / \text{Tiempo total disponible}) \times 100$	Porcentaje (%)	85 – 95 %	Jefe de Producción	Semanal	Hojas de control de turnos
Cumplimiento del plan de producción	$(\text{Lotes producidos} / \text{Lotes programados}) \times 100$	Porcentaje (%)	100 % de cumplimiento semanal	Jefe de Producción / Jefe de Almacén	Semanal	Plan de producción y reportes diarios
Porcentaje de reprocesos	$(\text{Lotes reprocesados} / \text{Total de lotes producidos}) \times 100$	Porcentaje (%)	≤ 5 %	Supervisor de Calidad	Quincenal	Reportes de control de calidad
Porcentaje de productos desechados	$(\text{Productos desechados} / \text{Total de productos elaborados}) \times 100$	Porcentaje (%)	≤ 2 %	Supervisor de Calidad	Quincenal	Registros de inspección
Eficiencia	$(\text{Disponibilidad} \times$	Porcentaje	≥ 80 %	Jefe de	Mensual	Reportes

Indicador	Definición Fórmula	/	Unidad de medida	Meta esperada	Responsable del seguimiento	Frecuencia de medición	Fuente de información
global del sistema (OEE)	Rendimiento de Calidad) × 100	×	(%)		Producción		integrados de producción
Nivel de satisfacción del cliente interno (producción – almacén)	Evaluación del cumplimiento de tiempos y calidad entre áreas		Escala de 1 a 5	Promedio ≥ 4	Jefe de Almacén / Secretaría	Mensual	Encuesta interna y registros de despacho
Costo de oportunidad por pedidos no atendidos	Valor de ventas no realizadas por falta de stock		Soles (S/.)	Reducción del 100 %	Gerente General	Mensual	Registros contables y reportes de ventas

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se propone implementar un tablero visual de indicadores (Dashboard) en el área de producción, donde se actualicen los resultados de los KPI más relevantes, facilitando la comunicación interna y el compromiso del personal con los objetivos de mejora.

Finalmente, los resultados serán presentados mensualmente a la Gerencia General, quien evaluará el cumplimiento de las metas y autorizará la ejecución de acciones correctivas o preventivas en función de los resultados obtenidos. Este sistema de monitoreo consolidará una cultura de control y mejora continua, asegurando la sostenibilidad de las acciones implementadas y la optimización permanente del sistema productivo.

5.1.3. Verificar

En esta fase del ciclo PHVA se propone realizar el seguimiento y análisis de los indicadores de desempeño definidos en el sistema de monitoreo, con el propósito de evaluar la efectividad de las acciones planteadas en las etapas anteriores del ciclo. Esta fase no se centra únicamente en la recolección de datos, sino en su interpretación y análisis comparativo respecto a las metas establecidas en la fase Planear, a fin de determinar el grado de avance hacia la optimización del proceso productivo.

El monitoreo se desarrollará utilizando los indicadores previamente propuestos: tiempo promedio de cola en procesos críticos, utilización de recursos, porcentaje de reprocesos y productos desechados, cumplimiento del plan de producción y eficiencia global del sistema. La información será recolectada de manera periódica mediante los formatos de control elaborados para tal fin, y posteriormente consolidada en reportes semanales y mensuales.

Durante la fase Verificar, se analizarán las tendencias de cada indicador para identificar posibles desviaciones y patrones de comportamiento del sistema. Por ejemplo, un incremento en los tiempos de cola o en el porcentaje de reprocesos podría indicar la necesidad de reforzar la capacitación o ajustar los métodos operativos. Este análisis permitirá valorar la efectividad de las medidas implementadas, reconocer avances y detectar oportunidades de mejora adicionales.

De esta forma, la fase Verificar se convierte en un proceso de evaluación continua y control estadístico de los resultados operativos, garantizando que las acciones de mejora no solo se apliquen, sino que sean medibles, trazables y verificables. Los hallazgos obtenidos de esta etapa constituirán la base para la toma de decisiones en la siguiente fase del ciclo.

5.1.4. Actuar

La fase Actuar representa el cierre y la retroalimentación del ciclo PHVA, orientada a consolidar, ajustar y proponer nuevas acciones de mejora en función de los resultados observados en la fase de verificación. Una vez analizados los indicadores de desempeño, se procederá a evaluar cuáles de las medidas implementadas han generado resultados positivos, cuáles requieren ajustes y qué nuevas oportunidades de mejora pueden desarrollarse para fortalecer la eficiencia del sistema productivo.

En esta etapa, se plantea que la Gerencia General, en coordinación con el Jefe de Producción y el Supervisor de Calidad, revise de forma periódica los resultados consolidados

de los indicadores y tome decisiones basadas en evidencia. Si los valores de los indicadores cumplen o superan las metas establecidas, se propondrá la estandarización de los procedimientos y la formalización de los nuevos métodos de trabajo mediante la actualización de los Procedimientos Estandarizados.

Por el contrario, si se detectan desviaciones significativas, la empresa podrá reiniciar el ciclo PHVA, formulando nuevas acciones correctivas o preventivas que respondan a las causas raíz de los problemas persistentes. De esta manera, el sistema se mantendrá en un proceso constante de mejora continua, garantizando la sostenibilidad de los avances alcanzados.

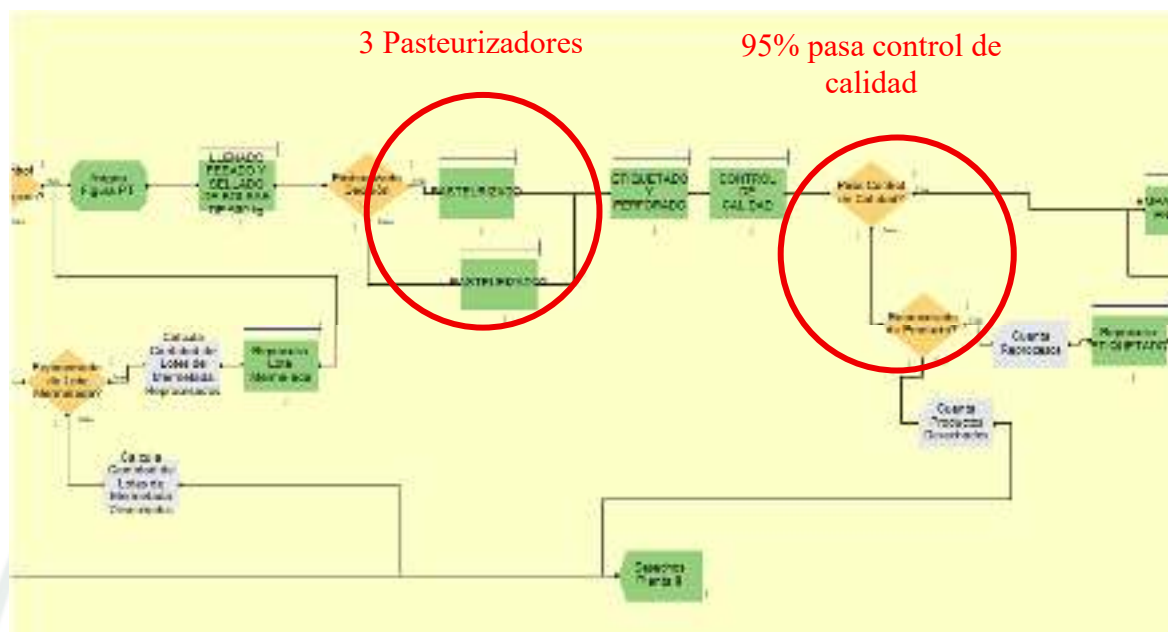
Asimismo, se sugiere que los resultados de los indicadores sean discutidos en reuniones mensuales de seguimiento, donde se promueva la participación del personal operativo, reforzando la cultura de calidad y de compromiso con la mejora continua. En este sentido, la fase Actuar asegura que el sistema productivo no permanezca estático, sino que evolucione de acuerdo con las necesidades del entorno y los cambios en la demanda.

5.1.5. Simulación de Propuesta 1

Con base en las mejoras, se eliminaron los reprocesos por reetiquetado y se adicionó una pasteurizadora, tal como se detalla en la figura 40:

Figura 40

Configuraciones para propuesta 1



Con base a dichas mejoras, se obtuvieron los siguientes resultados de los indicadores analizados:

Tabla 47

Resultados de indicadores propuesta 1

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	114
Cantidad de productos desechados	0
Clientes atendidos	70
Clientes perdidos	66
Lotes reprocesados	9
Cantidad de bolsas a reetiquetar	0
Lotes desechados	3

Comparando, se observa una evolución favorable en la mayoría de los indicadores operativos evaluados, donde en primer lugar la cantidad de cajas enviadas al almacén muestra un incremento al pasar de 64 a 114 cajas, reflejando una mejora significativa en la productividad, la cual se logra principalmente debido a la reducción de tiempos

improductivos en procesos críticos como pasteurizado, cocción y etiquetado; por lo que, la disminución de estos tiempos permitió generar un flujo de producción más continuo y estable, lo que incrementó el volumen de salida hacia el área de almacenamiento.

En cuanto a la cantidad de productos desechados, el valor se mantiene constante con un total de una unidad en ambos escenarios, resultando esta estabilidad positiva, ya que indica que los cambios implementados no comprometen la calidad del producto ni generan mayores tasas de desperdicio; por el contrario, se confirma que el sistema mantiene su nivel de control y consistencia respecto a la calidad del producto terminado.

Respecto a los clientes atendidos, los resultados evidencian una mejora relevante al pasar de 46 a 70 clientes. El incremento representa un aumento en la capacidad de atención y en la disponibilidad de producto terminado, el cual se ve directamente favorecido por la reducción de tiempos de espera y por una mayor rapidez en la liberación de lotes hacia las etapas finales del proceso, por lo que mayor capacidad de respuesta se traduce en un mejor cumplimiento de la demanda y una mejora en la percepción del cliente.

Por su parte, el número de clientes perdidos disminuye pasando de 90 a 66, evidenciando así la influencia de las mejoras en la disponibilidad de producto y en la estabilidad del sistema productivo, ya que, al existir menos interrupciones y tiempos ociosos, la empresa logra evitar quiebres de stock y atender un volumen mayor de pedidos, lo cual impacta positivamente en la retención de clientes y en la disminución de pérdidas por falta de abastecimiento.

En el caso de los lotes reprocesados, los resultados muestran una reducción de cinco a cuatro lotes, asociándose ello a la estandarización de tareas críticas, especialmente en los procesos de pasteurizado y etiquetado, ya que se contará más claros, evitando que los lotes deban ser reprocesados, con lo cual se optimizan recursos y se mejora la eficiencia general del sistema.

De manera similar, la cantidad de bolsas que requieren reetiquetado experimenta una mejora notable al pasar de cuatro a una unidad, demostrando que la estandarización de los métodos de etiquetado, junto con la implementación de controles visuales y buenas prácticas operativas, redujo significativamente los errores en esta etapa, donde la caída del 75% en reetiquetados permite concluir que el proceso se volvió más confiable y con menor probabilidad de incurrir en retrabajos.

Finalmente, se observa un incremento en la cantidad de lotes desechados, pasando de uno a tres lotes, que si bien representa un incremento en las unidades descartadas, puede deberse a un incremento simultáneo en el volumen total de producción o a controles de calidad más estrictos implementados como parte del proceso de mejora, ya que en escenarios donde aumenta la producción y a la vez se fortalecen los puntos de inspección, es común que el sistema detecte desviaciones que antes pasaban inadvertidas. Por ello, es necesario analizar si estos lotes desechados provienen de un mismo origen o proceso específico, de manera que se puedan plantear acciones correctivas focalizadas.

Por tanto, ante la comparación entre la situación actual y el escenario mejorado permite concluir que las propuestas aplicadas lograron elevar la productividad, mejorar la capacidad de respuesta, reducir retrabajos y disminuir la pérdida de clientes y aunque existen indicadores que requieren un análisis de causa raíz más detallado, la tendencia global muestra un avance importante en el desempeño del sistema productivo de la mermelada de papaya arequipeña.

5.2. Aplicación de SMED

La presente propuesta tiene como finalidad reducir los tiempos improductivos asociados a los cambios de lote y a la preparación de equipos en los procesos críticos del sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña, aplicando la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die). Los resultados del modelo de simulación evidenciaron

tiempos de espera elevados en etapas como pasteurizado con un valor de 450.07 minutos, llenado, pesado y sellado de bolsas con un valor de 184.00 minutos y etiquetado y perforado con valor de 124.70 minutos, lo que confirma la presencia de cuellos de botella en la parte media y final del proceso productivo.

Estos tiempos de espera prolongados se explican en parte por los tiempos de preparación, los cuales contemplan actividades tales como limpieza, montaje, calentamiento, verificación, ajustes que se realizan entre lotes, los cuales interrumpen el flujo continuo de producción y reducen la capacidad efectiva del sistema. Bajo este contexto, la metodología SMED se plantea como una herramienta para reorganizar las actividades de preparación, transformando el mayor número posible de tareas internas en tareas externas y estandarizando los procedimientos de cambio de lote.

SMED es una metodología de mejora continua orientada a la reducción de los tiempos de cambio de formato o cambio de lote, buscando que estos se realicen en menos de diez minutos siempre que sea técnicamente posible; además de ello, su aplicación se basa en cuatro principios:

- Separar actividades internas y externas.
- Convertir actividades internas en externas siempre que sea viable.
- Simplificar y estandarizar las actividades internas que no pueden externalizarse.
- Documentar y mejorar continuamente el procedimiento de cambio de lote.

En el caso del proceso de mermelada de papaya arequipeña, los resultados de la simulación mostraron que los mayores tiempos de espera se concentran en las etapas de tratamiento térmico tales como el pasteurizado y operaciones finales de envasado y etiquetado. Estas etapas requieren preparaciones previas tales como el calentamiento de equipos, limpieza de tinas y autoclave, purga de líneas, verificación de temperatura,

preparación de envases, organización de etiquetas, entre otros y que, muchas veces se realizan con el equipo detenido y con el producto esperando en cola.

Al aplicar SMED se busca:

- Reducir el tiempo total en que los equipos se encuentran fuera de operación productiva.
- Aumentar el número de lotes que pueden procesarse en el mismo turno.
- Disminuir la longitud de las colas y los tiempos de espera promedio, especialmente en pasteurizado y llenado y sellado de bolsas.
- Mejorar la estabilidad y previsibilidad del flujo productivo.

5.2.1. Consideraciones preliminares para uso de SMED

El alcance de la propuesta comprende los procesos que, según los resultados de simulación, presentan los mayores tiempos de espera y tienen una fuerte componente de preparación de equipos:

- Pasteurizado (tiempo de espera promedio: 450.07 minutos).
- Etapa previa de cocción y pre-cocción (tiempo de espera promedio: 88.98 minutos)

El enfoque se centra en los tiempos de preparación entre lotes, sin modificar las recetas ni los parámetros de proceso validados para la calidad del producto. La implementación de SMED se realizará sobre los procedimientos de cambio de lote, limpieza rápida y preparación.

Con base en la información levantada en planta y complementada con los resultados del modelo de simulación, se elaboró un diagnóstico preliminar de los procesos críticos; para lo cual, la Tabla 48 presenta un resumen de los tiempos de espera promedio observados en los procesos seleccionados.

Tabla 48*Resumen de tiempos de espera en procesos críticos*

Proceso	Tiempo promedio de espera (min)	Observaciones
Pasteurizado	450.07	Principal cuello de botella; alta cola de productos.
Cocción	88.98	Condiciona la alimentación a pasteurizado.

Del diagnóstico se identificó que:

Los tiempos de espera en pasteurizado son muy superiores a los de otras etapas, lo que confirma su condición de cuello de botella; además, una parte importante de estas demoras se debe a actividades previas, como limpieza, calentamiento, purga y verificación, que se realizan mientras el producto espera. Ante ello, no existe un procedimiento estándar detallado para el cambio de lote; el orden y la forma de ejecutar las tareas dependen de la experiencia del operario; por lo tanto, la aplicación de SMED se orienta a estructurar, clasificar y acortar estas actividades.

5.2.2. Aplicación de SMED para pasteurizado

El proceso de pasteurizado es el principal cuello de botella del sistema productivo, con un tiempo promedio de espera de 450.07 minutos y un tiempo total de preparación por lote cercano a 175 minutos; por lo que, la aplicación de la metodología SMED se orienta a reducir de manera concreta estos tiempos, mediante la eliminación de actividades innecesarias, la conversión de tareas internas en externas y la estandarización de actividades críticas.

El análisis del proceso permitió identificar 10 actividades de preparación que en su estado inicial se realizaban con el equipo detenido, generando una acumulación significativa

de producto. Con SMED se reestructuró el procedimiento para reducir la cantidad de trabajo interno y disminuir sustancialmente la duración total del setup.

Tabla 49

Tiempos de preparación actual de autoclave

Nº	Actividad	Tipo	Tiempo (min)
1	Revisión general del autoclave	Interna	10
2	Limpieza interna de cámara y canastillas	Interna	25
3	Traslado de tinas desde cocción	Interna	20
4	Conexión de líneas de vapor	Interna	15
5	Carga de tinas en canastillas	Interna	30
6	Cierre y ajuste de puertas	Interna	10
7	Programación de parámetros	Interna	10
8	Calentamiento inicial	Interna	40
9	Registro manual del lote	Interna	5
10	Búsqueda de documentos/formatos	Interna	10
Tiempo total interno antes de SMED			175 min

Ante ello se propusieron las siguientes mejoras, cuyas actividades que ha permitido disminuir los tiempos, se presentan en el Anexo 6.

Tabla 50

Propuestas SMED para autoclave

Nº	Actividad	Antes (min)	Después (min)	Variación	Tipo de mejora aplicada	Tipo
1	Revisión general del autoclave	10	5	-5 min	Conversión en tarea externa más aplicación de checklist técnico. La revisión se realiza mientras el lote anterior sigue en proceso. Se implementa un checklist estructurado que permite verificar puntos críticos en menos tiempo y sin improvisación.	Externa
2	Limpieza interna	25	15	-10 min	Estandarización de limpieza rápida más herramientas 5S. Se reducen limpiezas repetitivas, se introducen paños industriales, boquillas de lavado rápido y una secuencia definida para evitar	Interna

N°	Actividad	Antes (min)	Después (min)	Variación	Tipo de mejora aplicada	Tipo
3	Traslado de tinas	20	10	-10 min	retrabajos. Las tinas se dejan listas antes del término del lote anterior. Se elimina transporte innecesario.	Externa
4	Conexión de líneas de vapor	15	8	-7 min	Pre-verificación anticipada con marcadores visuales. Conexiones revisadas mientras el equipo aún opera. Se colocan marcas de posición rápida para evitar ajustes lentos y fugas.	Externa
5	Carga de tinas	30	20	-10 min	Guías de posicionamiento y soporte mecánico. Se implementan rieles o topes para alinear tinas sin maniobras.	Interna
6	Cierre y ajuste de puertas	10	8	-2 min	Secuencia estandarizada con lubricación preventiva. Se elimina pérdida de tiempo por desalineación o fricción. El cierre se vuelve una rutina de dos pasos.	Interna
7	Programación del ciclo	10	3	-7 min	Programas predefinidos en el PLC. Ya no se ingresan parámetros manualmente. Solo se selecciona el programa "Papaya-Lote". Se evita error humano y retrabajo.	Interna
8	Calentamiento inicial	40	30	-10 min	Pre-calentamiento automático del autoclave. Se activa 10 minutos antes de terminar el lote previo y así se inicia desde una temperatura más alta.	Interna
9	Registro del lote	5	3	-2 min	Estandarización con digitalización parcial. Se usan campos prellenados y solo se completan datos clave (hora, lote y operario).	Externa
10	Búsqueda de formatos	10	0	-10 min	Eliminación de documentos físicos, los formatos se cargarán digitalmente en la nube para revisión de operarios. Los documentos se encuentran permanentemente en un panel visual junto a la máquina.	Externa
Total reducción					-73 min	

Dichos valores de reducción con las mejoras, se validaron con los operarios, obteniendo un tiempo de disminución de 73 minutos por ciclo.

5.2.3. Aplicación de SMED para cocción

El proceso de cocción tiene un tiempo de operación de 88.98 minutos, identificado en la simulación como una etapa relevante porque actúa como puente directo hacia el pasteurizado y aunque la cocción no es un cuello de botella como tal, su tiempo de preparación generaba detenciones breves pero frecuentes, las cuales acumulaban retrasos en momentos de alta demanda.

Tras evaluar el proceso, se identificó que su “setup” real; es decir, las actividades previas a comenzar un nuevo lote, duraba 46 minutos en promedio. Ante ello, el objetivo de SMED fue reducir este tiempo a un valor mínimo que no afecte el flujo productivo, eliminando pérdidas y asegurando la sincronización con la etapa de pasteurizado.

A continuación, se presentan los tiempos de preparación de cocción antes de las propuestas:

Tabla 51

Tiempos de preparación actual de cocción

Nº	Actividad	Tipo (antes)	Tiempo (min)
1	Revisión del estado del tacho	Interna	5
2	Limpieza rápida del tacho	Interna	10
3	Encendido del quemador y verificación de gas	Interna	4
4	Calentamiento inicial del tacho	Interna	3
5	Traslado de materia prima (papaya picada)	Interna	8
6	Carga de materia prima al tacho	Interna	3
7	Adición de insumos (azúcar, ácido cítrico)	Interna	3

8	Verificación de instrumentos	Interna	6
9	Registro del lote	Interna	2
10	Búsqueda de utensilios	Interna	2
Tiempo total interno antes de SMED			46 min

Ante ello, se propusieron las siguientes mejoras:

Tabla 52

Propuestas SMED para cocción

Nº	Actividad	Antes (min)	Después (min)	Variación	Tipo de mejora aplicada	Tipo
1	Revisión del tacho y válvulas	5	3	-2 min	Se hace mientras el lote anterior aún está cocinando. Se usa un checklist simple para no olvidar nada.	Externa
2	Limpieza rápida del tacho	10	6	-4 min	Se define un método único de limpieza corta y se usan paños y herramientas que permiten limpiar más rápido.	Interna
3	Traslado de papaya picada	4	2	-2 min	La materia prima se deja lista antes, así ya no se pierde tiempo caminando a buscarla.	Externa
4	Preparación de insumos (azúcar, aditivos)	3	1	-2 min	Los ingredientes se dejan pesados previamente en potes individuales. Solo se vacían al tacho.	Externa
5	Carga del producto al tacho	8	4	-4 min	Se usa una bandeja o tolva inclinada para que la papaya caiga más rápido y sin levantar peso.	Interna
6	Acomodar tapa y asegurar cierres	3	2	-1 min	Se lubrican los seguros y se sigue una secuencia simple de dos pasos, evitando atascos.	Interna
7	Configuración del ciclo	3	1	-2 min	Se crean programas predefinidos (“Cocción-Papaya”) para escoger solo con un botón.	Interna
8	Pre calentamiento del tacho	6	4	-2 min	El equipo se enciende unos minutos antes de terminar el lote previo, así ya está caliente.	Interna
9	Registro del lote	2	1	-1 min	El formato está prellenado; solo se completa la hora y el número de lote.	Externa
10	Búsqueda de utensilios	2	0	-2 min	Se aplica 5S: cada herramienta tiene un lugar	Externa

N°	Actividad	Antes (min)	Después (min)	Variación	Tipo de mejora aplicada	Tipo
					fijo señalizado. Ya no se pierde tiempo buscando.	
	Total reducción				-21 min	

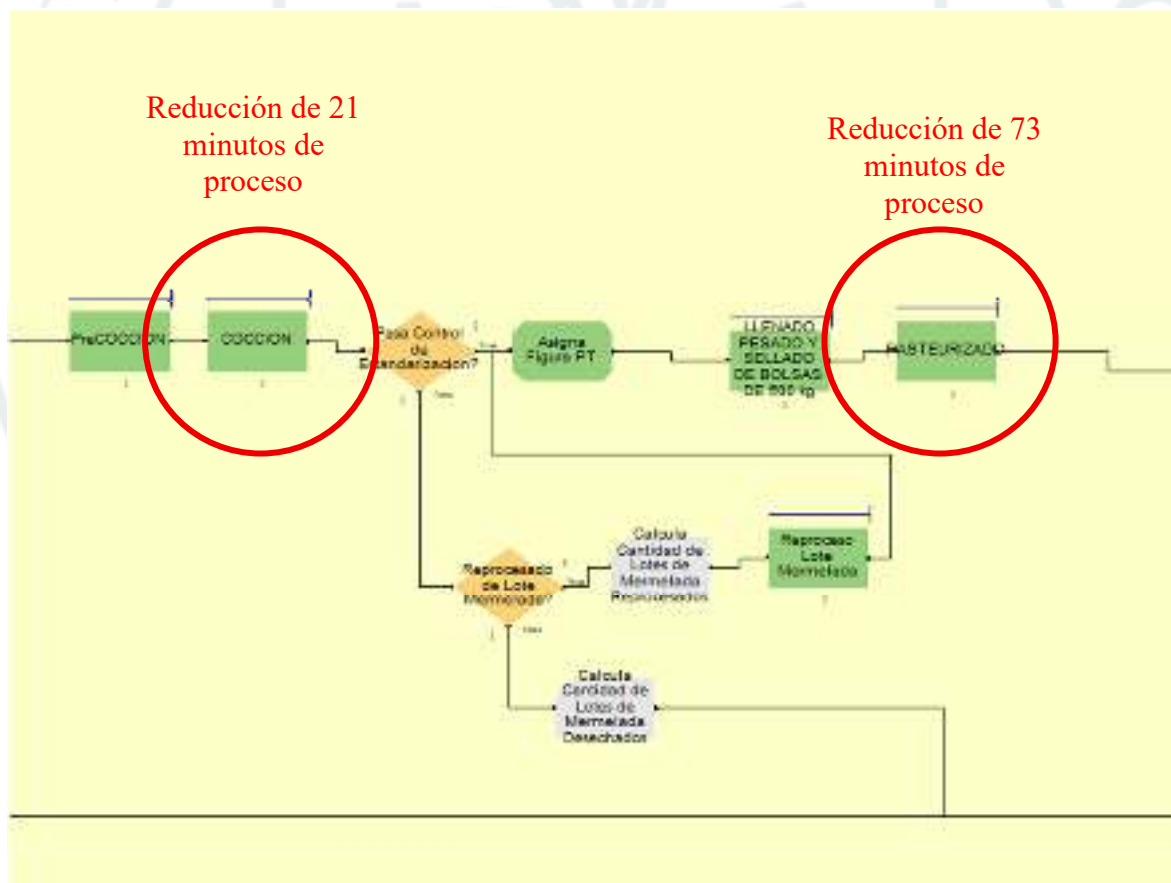
Por tanto, al igual que en las mejoras para pasteurizado, en el caso de cocción con las mejoras señaladas se logrará tener un decremento del tiempo de 21 minutos.

5.2.4. Simulación de Propuesta 2

En relación a las mejoras SMED, se identificó la factibilidad de reducir en 28 minutos el pasteurizado y en 21 minutos la cocción; abordando el sistema como se adjunta:

Figura 41

Configuraciones para propuesta 2



Con base a dichas mejoras, se obtuvieron los siguientes resultados de los indicadores analizados:

Tabla 53*Resultados de indicadores propuesta 2*

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	80
Cantidad de productos desechados	2
Cientes atendidos	54
Cientes perdidos	82
Lotes reprocesados	6
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4
Lotes desechados	2

Al analizar los indicadores antes y después de la implementación de la metodología SMED en los procesos de pasteurizado y cocción, se evidencia una mejora en la eficiencia operativa del sistema productivo, con un incremento en la cantidad de cajas enviadas a almacén, que pasa de 64 a 80 unidades que es uno de los resultados más visibles y es un efecto directo de la reducción de tiempos de preparación, ello gracias a la reorganización del setup, la conversión de tareas internas en externas y la estandarización de actividades críticas, el sistema logró operar con mayor continuidad, liberando tiempo útil para procesar más lotes en el mismo periodo.

La cantidad de productos desechados pasa a 2, lo cual indica que la reducción de tiempos no comprometió los controles de calidad, sino que permitió mantener la estabilidad de este indicador, obteniendo este resultado positivo porque demuestra que trabajar más rápido no generó errores adicionales ni incrementó la merma.

En el caso de los clientes atendidos, el aumento de 46 a 54 reflejando así que la capacidad productiva efectiva mejoró después de aplicar SMED, ello al disminuir los tiempos

improductivos del pasteurizado en 73 minutos y del setup de cocción en 21 minutos, donde el flujo de producción ganó velocidad, lo que permitió liberar más producto terminado para atender la demanda.

Por su parte, los clientes perdidos disminuyeron de 90 a 82, lo cual representa un impacto positivo derivado de la mayor continuidad en el flujo de producción, ya que antes de la aplicación de SMED, los tiempos prolongados de preparación generaban retrasos acumulados que impedían cubrir los pedidos a tiempo y con la reducción de estos tiempos, la planta logró disponer de mayor cantidad de producto listo para despacho, reduciendo la pérdida de clientes.

En cuanto a los lotes reprocesados, sube de 5 a 6, ello debido a que se tiene una mayor producción. La cantidad de bolsas a reetiquetar se mantuvo en 4, debido a que a la mejora no atacó directamente el proceso de reetiquetado.

Finalmente, se observa un incremento en los lotes desechados, que aumentan de 1 a 2 unidades, lo cual no implica una falla en SMED, sino que suele ser una consecuencia común al introducir estándares más estrictos en los procesos. Por tanto, los resultados evidencian que la aplicación de SMED generó mejoras reales y cuantificables en la productividad del sistema, reduciendo tiempos improductivos, aumentando el flujo de producción y mejorando la capacidad de atender la demanda, todo ello sin comprometer la calidad del producto final.

5.3. Aplicación de la metodología Kanban

Durante el diagnóstico inicial se identificaron tiempos de espera elevados en las etapas finales del proceso productivo, especialmente en:

- Pasteurizado: 450.07 min
- Llenado, pesado y sellado: 184.00 min
- Etiquetado y perforado: 124.70 min
- Cocción: 88.98 min

Estas demoras no se originan únicamente en los tiempos técnicos del equipo, sino también en esperas generadas por falta de coordinación entre procesos, liberación desordenada de lotes e interrupciones por falta de insumos. Por ello, la implementación de un sistema Kanban permite reducir tiempos improductivos mediante la regulación del flujo y la reposición visual de materiales.

La implementación del sistema Kanban en la línea de producción de mermelada de papaya arequipeña se orienta a reducir los tiempos de espera generados por la falta de coordinación entre procesos, más que a modificar los tiempos técnicos propios de cada operación. En el caso del pasteurizado, se observó que una parte importante de las demoras no se debía únicamente al ciclo térmico, sino a la forma en que llegaban los lotes desde cocción, ya que, en el escenario inicial, cocción liberaba las tinas apenas terminaba un lote, aun cuando el autoclave no se encontraba disponible, lo que generaba periodos prolongados en los que el producto permanecía inmóvil esperando ser tratado. Con el uso de Kanban, el traslado de tinas se condiciona a una señal visual emitida por el pasteurizado, de modo que cocción solo envía el siguiente lote cuando existe capacidad real para recibirlo.

Algo similar ocurre en la transición entre cocción y pasteurizado. En la situación inicial, la falta de una secuencia claramente definida producía movimientos correctivos, reubicación de tinas y tiempos muertos mientras se decidía qué lote debía pasar primero; por tanto, el sistema Kanban transforma este flujo en un esquema “jalado”, en el que es el proceso siguiente el que autoriza la entrada del lote, y no el proceso anterior el que decide cuándo liberar producto, contribuyendo así a ordenar la secuencia de atención y disminuyendo los tiempos dedicados a reorganizar físicamente los lotes, lo que se verá reflejado en una reducción en las demoras intermedias entre ambas operaciones.

En las etapas de llenado, pesado y sellado de bolsas, así como en el proceso de etiquetado y perforado, las principales pérdidas de tiempo se vinculaban a la falta oportuna de

materiales e insumos, así como a la llegada desordenada de grandes cantidades de producto en determinados momentos del turno; por lo que, en el caso de llenado y sellado, la ausencia de un mecanismo de reposición anticipada generaba paradas por falta de bolsas, tapas o elementos de empaque. La incorporación de tarjetas Kanban específicas para reposición permite que el almacén prepare con anticipación los insumos necesarios para cada lote, evitando detenciones para ir a buscarlos o solicitarlos de manera reactiva, con lo cual se estima una reducción de quince minutos por ciclo. Por su parte, en etiquetado y perforado, el uso de tarjetas de producción y transporte regula la cantidad de lotes que ingresan simultáneamente al proceso, impidiendo que se concentre un volumen excesivo de trabajo en un corto periodo. De esta forma, la estación recibe lotes de manera más uniforme y predecible, reduciendo los tiempos de espera originados por saturación puntual de la operación.

Finalmente, otra mejora se relaciona con el tiempo que los operarios dedicaban a buscar información sobre el estado de los lotes o a verificar manualmente qué proceso correspondía atender a continuación; por lo que, en la situación inicial, la ausencia de un tablero visual obligaba a realizar consultas verbales, revisar documentos sueltos o recorrer el área para identificar físicamente los lotes, lo que generaba retrasos acumulados en la toma de decisiones. Con la implementación de un panel Kanban, cada lote se representa mediante una tarjeta ubicada en una posición determinada, donde se señala su estado y su siguiente proceso, simplificando así la coordinación entre áreas y eliminando prácticamente el tiempo invertido en búsqueda o consulta, estimándose una reducción por ciclo asociados a estas actividades. Estos tableros pueden organizarse a lo largo de la planta de forma estratégica, con la finalidad de que la información se vaya actualizando y los operarios estén al tanto de los cambios. Dichos tableros, serán actualizados mediante computadoras y un sistema Google

Sheets en línea, para ir actualizando el tablero, visualizando en unas pantallas de televisión los tableros actualizados.

Ante ello, se prevén las siguientes mejoras:

Tabla 54

Propuestas Kanban

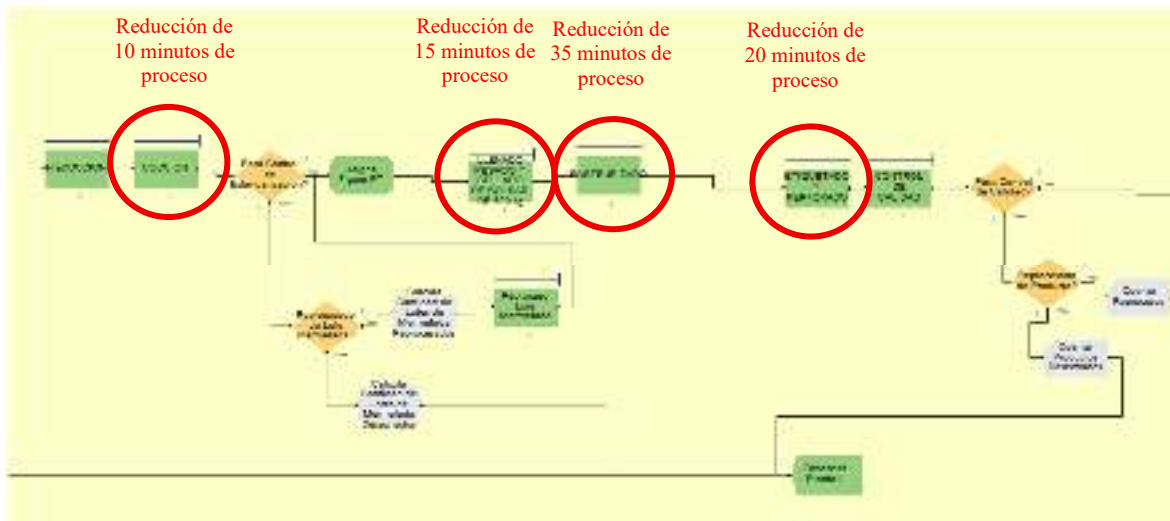
Proceso	Tiempo de espera actual (min)	Reducción con Kanban (min)	Nuevo tiempo estimado (min)	Justificación
Pasteurizado	450.07	-35	415.07	Se evita que cocción libere tinas cuando el autoclave no está listo, eliminando esperas por acumulación de lotes en la zona intermedia.
Cocción a Pasteurizado	22	-10	12	El flujo pasa de ser empujado a ser jalado; se reducen tiempos muertos mientras se decide el orden o se reacomodan tinas.
Llenado, pesado y sellado	184	-15	169	La reposición de insumos se realiza de forma anticipada mediante señales Kanban, evitando paradas por falta de bolsas o materiales de empaque.
Etiquetado y perforado	124.7	-20	104.7	La entrada de lotes al proceso se regula visualmente, evitando saturaciones temporales y largos periodos de producto esperando ser atendido.

5.3.1. Simulación de Propuesta 3

En relación a las mejoras Kanban, se identificó la factibilidad de reducir el tiempo de pasteurizado en 35 minutos, de igual forma la cocción en 10 minutos, el llenado, pesado y sellado en 15 minutos y el etiquetado y perforado en 20 minutos. En base a ello, se configuró nuevamente el sistema:

Figura 42

Configuraciones para propuesta 3



Con base a dichas mejoras, se obtuvieron los siguientes resultados de los indicadores analizados:

Tabla 55

Resultados de indicadores propuesta 3

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	78
Cantidad de productos desechados	2
Clientes atendidos	53
Clientes perdidos	83
Lotes reprocesados	6
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4
Lotes desechados	2

La implementación del sistema KANBAN generó cambios importantes en la organización del flujo productivo y en la respuesta frente a la demanda, lo que se ve reflejado en los principales indicadores operativos ya que, en primer lugar, la cantidad de cajas enviadas a almacén aumentó de 64 en la situación actual a 78 después de aplicar la mejora, evidenciando que la introducción de tarjetas KANBAN permitió ordenar la secuencia de

producción, reducir interrupciones y asegurar que los procesos dependan de señales visuales claras, evitando tiempos muertos por falta de coordinación entre áreas.

En cuanto a la calidad del producto, la mejora también tuvo un impacto favorable, ya que la cantidad de productos desechados pasó de 1 a 2, y los lotes desechados aumentaron de 1 a 2, un comportamiento que suele observarse en las primeras semanas de implementación, cuando los operadores se adaptan a los nuevos límites de trabajo y a las reglas del KANBAN. Este indicador deberá monitorearse para asegurar que la variabilidad disminuya una vez estabilizada la operación.

Respecto a la atención al cliente, los resultados muestran una mejora significativa, dado que los clientes atendidos aumentaron de 46 a 53, mientras que los clientes perdidos se redujeron de 90 a 83, lo se debe a que el KANBAN permite que la producción fluya de manera más continua y predecible, reduciendo la falta de stock y asegurando que los pedidos se procesen en el orden correcto.

En relación con los reprocesos, la implementación del sistema redujo la cantidad de lotes reprocesados de 5 a 6, ello debido a que se procesan más unidades; sin embargo, el incremento no es significativo. En cuanto a cantidad de bolsas a reetiquetar, no se observó incremento.

Ante ello, los resultados muestran que el sistema KANBAN contribuyó a incrementar la productividad, mejorar el servicio al cliente y reducir los reprocesos, fortaleciendo la estabilidad del flujo operativo; no obstante, los indicadores como las bolsas a reetiquetar y los lotes desechados indican que aún es necesario acompañar la mejora con ajustes operativos y capacitación adicional para alcanzar un desempeño completamente estabilizado.

5.4. Análisis de mejoras en conjunto

Dado que se observó que las tres mejoras por separado traen beneficios positivos y se prevé una inversión no muy alta comparada a los beneficios, se decidió aplicar las tres propuestas de mejora; ante lo cual, se espera obtener los siguientes resultados:

Tabla 56

Resultados de indicadores para la integración de mejoras

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	192
Cantidad de productos desechados	0
Clientes atendidos	103
Clientes perdidos	32
Lotes reprocesados	2
Cantidad de bolsas a reetiquetar	1
Lotes desechados	0

De igual forma, se realizó la comparativa con la situación actual:

Tabla 57

Comparativa de mejoras

Indicador	Antes	Después	Variación
Cantidad de cajas enviadas a almacén	64	192	128
Cantidad de productos desechados	1	0	-1
Clientes atendidos	46	103	57
Clientes perdidos	90	32	58
Lotes reprocesados	5	2	-3
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4	1	-3
Lotes desechados	1	0	-1

Los resultados comparativos evidencian una mejora en el desempeño del sistema productivo tras la implementación conjunta de las metodologías PHVA, SMED y Kanban. En primer lugar, se observa un incremento significativo en la cantidad de cajas enviadas al

almacén, pasando de 64 a 192 unidades, lo que representa un aumento de 128 cajas, reflejando así el impacto directo de la eliminación de cuellos de botella, especialmente en pasteurizado, así como la mejora del flujo productivo en general, permitiendo un mayor volumen de producción finalizada y disponible para la venta.

Asimismo, el número de clientes atendidos se incrementó de 46 a 103, es decir, 57 clientes adicionales pudieron ser atendidos dentro del periodo simulado, relacionándose ello con la reducción acumulada de tiempos improductivos obtenida mediante SMED y la mayor continuidad operativa obtenida con el uso de Kanban; por tanto, como consecuencia de esta mejora en la capacidad de respuesta, el número de clientes perdidos disminuyó drásticamente de 90 a 32, lo que significa una reducción de 58 clientes y evidencia un incremento notable en el nivel de servicio. En términos de calidad, se observa que el reetiquetado pasó de 4 a 1 unidades, evidenciando un mejor reetiquetado.

Además, se identifica una disminución en los lotes reprocesados de 5 a 2 y en los lotes desechados de 1 a 0, así como en la cantidad de productos desechados que pasaron de 1 a 0, observándose en todos los casos que los indicadores han tenido resultados positivos derivado de las mejoras planteados.

Ante ello, los resultados muestran que las mejoras implementadas han generado impactos positivos en productividad, eficiencia y nivel de servicio al cliente, ya que la empresa no solo logra producir más y atender a una mayor cantidad de clientes, sino que además reduce pérdidas y optimiza la ejecución de tareas críticas. Además, si bien algunos indicadores muestran incrementos asociados al proceso de aprendizaje organizacional, la tendencia evidencia un desempeño superior respecto a la situación inicial, reafirmando la pertinencia de las herramientas aplicadas.

5.5. Plan de Capacitación

Con el fin de cumplir con las mejoras planteadas, se ha estructurado el siguiente cronograma de capacitación:

Tabla 58

Plan de capacitación

N°	Capacitación	Propuesta asociada	Objetivo	Personal capacitado	Duración	Fecha	Responsable	Resultado esperado
1	Capacitación en ciclo PHVA – fundamentos	PHVA	Introducir al personal en el enfoque de mejora continua y control de procesos	Operarios de producción	4 h	Lunes 06/01/2026	Instructor PHVA	Personal comprende el ciclo PHVA
2	Aplicación del ciclo PHVA en el proceso productivo	PHVA	Aplicar PHVA en cocción, pasteurizado y control de lotes	Operarios y supervisores	4 h	Martes 07/01/2026	Instructor PHVA	Correcta aplicación del PHVA en planta
3	Capacitación especializada en metodología SMED	SMED	Reducir tiempos de preparación y cambio de proceso	Operarios de cocción y pasteurizado	8 h	Viernes 10/01/2026	Instructor especialista SMED	Disminución de tiempos de setup
4	Capacitación en Kanban digital y flujo jalado	Kanban	Regular el flujo productivo y evitar acumulación de lotes	Operarios y encargado de almacén	6 h	Lunes 13/01/2026	Instructor Lean Kanban	Flujo continuo y control visual del proceso

De igual forma, para cumplir con dichas capacitaciones, se ha considerado un perfil mínimo de los capacitadores, los cuales se adjuntan en el Anexo 6.



CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

6.1. Análisis técnico de indicadores

El análisis de indicadores permitirá evaluar el impacto real de las propuestas de mejora implementadas en el sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña, ya que a través de la revisión de los principales indicadores de desempeño es posible determinar de manera objetiva los avances logrados tras la aplicación de las metodologías PHVA, SMED y Kanban. Ante ello, el presente punto 6.1. presenta una comparación entre la situación inicial y la situación posterior a la implementación de las mejoras, identificando tendencias, variaciones porcentuales y cambios estructurales en el proceso, permitiendo así validar técnicamente la efectividad de las intervenciones propuestas, así como reconocer aquellas áreas que requieren seguimiento o ajustes adicionales para asegurar la sostenibilidad de los resultados.

Tabla 59

Análisis técnico de indicadores

Indicador	Antes	Después	Variación porcentual
Cantidad de cajas enviadas a almacén	64	192	200.00 %
Cantidad de productos desechados	1	0	-100.00 %
Clientes atendidos	46	103	123.91 %
Clientes perdidos	90	32	-64.44 %
Lotes reprocesados	5	2	-60.00 %
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4	1	-75.00 %
Lotes desechados	1	0	-100.00 %

Los resultados obtenidos en la tabla 59 reflejan una mejora global significativa en el desempeño del sistema productivo de mermelada de papaya arequipeña, ya que en primer lugar, se evidencia un incremento en la cantidad de cajas enviadas a almacén, que aumentó de 64 a 192 unidades, representando una mejora del 200%; el cual, está directamente asociado a una reducción de los tiempos improductivos gracias a SMED, a la eliminación del cuello de botella en el pasteurizado mediante PHVA y a la organización visual del flujo productivo que proporcionó Kanban, que disminuyó los puntos de interrupción y esperas acumuladas.

Asimismo, la cantidad de clientes atendidos aumentó en 123.91%, pasando de 46 a 103, evidenciando así que las mejoras implementadas permitieron incrementar la capacidad de respuesta, reducir retrasos y atender un mayor volumen de demanda dentro del mismo periodo de análisis; en consecuencia, los clientes perdidos disminuyeron en 64.44%, lo que se observa en un mayor nivel de servicio, menos costos de oportunidad y una mejor percepción del cliente respecto a la disponibilidad del producto.

Asimismo, la cantidad de bolsas a reetiquetar se redujo en 75%, lo cual permite observar una mejora en la precisión del proceso de etiquetado y una disminución en los reprocesos manuales. Además, los lotes desechados disminuyeron en un 100% al igual que la cantidad de productos desechados, considerando también que los lotes reprocesados disminuyeron en un 60%.

Por tanto, los resultados demuestran que las mejoras aplicadas mediante PHVA, SMED y Kanban generaron impactos altamente positivos en proceso productivo, ya que el sistema no solo produjo más unidades y atendió a más clientes, sino que también redujo tiempos improductivos, disminuyó pérdidas y mejoró la fluidez del proceso productivo, reduciendo también los reprocesos y desechos.

6.2. Análisis Financiero

6.2.1. Inversión

Como parte de la inversión requerida para la implementación integral de las mejoras propuestas, se ha considerado un conjunto de recursos, equipos, infraestructura y servicios vinculados a las necesidades identificadas en el diagnóstico del sistema y a los requerimientos técnicos de cada metodología aplicada. En la Propuesta PHVA, la adquisición de una pasteurizadora industrial avanzada es la inversión central, dado que el proceso de pasteurizado presentó el mayor tiempo de espera del, lo que evidenció que la capacidad del equipo actual es insuficiente incluso trabajando por lotes. Para asegurar el desempeño óptimo de las autoclaves, se contempló además un sistema de precalentamiento automático con aislamiento térmico, sensores térmicos y sensores de seguridad industrial, tablets robustas para el registro digital de lotes y el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando la estabilidad operativa durante la etapa de implementación. Igualmente, la capacitación en el ciclo PHVA fue desglosada en honorarios del instructor, materiales impresos, lapiceros y útiles de apoyo, logística y recursos digitales, asegurando que el personal pueda operar los nuevos procedimientos estandarizados.

En cuanto a la Propuesta SMED, se destina inversión a reducir los tiempos de preparación y setup tanto en cocción como en pasteurización, mediante la adquisición de un kit profesional con válvulas, conectores y boquillas de cambio rápido, así como rieles reforzados para el movimiento eficiente de tinajas; además, la capacitación en SMED fue detallada en sus componentes tales como honorarios de instructor, materiales de mapeo, lapiceros indelebles para marcaje, logística y recursos digitales como plantillas y videos técnicos, garantizando una correcta implementación del método.

Finalmente, en la Propuesta Kanban digital, se consideran laptops empresariales, televisores LED de 43” para tableros visuales, estanterías metálicas de alta resistencia y un

router industrial con red reforzada, insumos necesarios para la gestión visual del inventario y el control del flujo de producción; además, la capacitación vinculada al uso del tablero Kanban incluye materiales impresos, rotuladores, logística y recursos digitales para asegurar la adecuada adopción del sistema.

Con base en los elementos considerados como parte la inversión, se calculó una inversión total que asciende a S/.185,837.

Tabla 60

Inversión

Ítem	Cant.	Costo Unit. (S/.)	Subtotal (S/.)
PROPUESTA 1: Ciclo PHVA			
Autoclave industrial (pasteurizadora avanzada)	2	39,800	79,600
Sistema de precalentamiento automático y aislamiento térmico	2	9,800	19,600
Mantenimiento preventivo y correctivo de la autoclave premium	2	8,500	17,000
Sensores térmicos y sensores de seguridad industrial	2	6,900	13,800
Tablets industriales para registro digital de lotes	2	1,800	3,600
Capacitación PHVA			
• Honorarios del instructor (8 h)	1	2,800	2,800
• Materiales impresos (hojas bond A4, 300 unidades)	1	120	120
• Lapiceros y útiles de apoyo (20 unidades)	1	80	80
• Coffee break / logística	1	300	300
• Recursos digitales (presentaciones, plantillas)	1	900	900
Subtotal Capacitación PHVA			4,200
Subtotal Propuesta 1			137,800
PROPUESTA 2: Metodología SMED			
Kit profesional SMED (válvulas, conectores, cierres, boquillas)	1	10,500	10,500
Rieles reforzados y sistema de guiado para tinas	1	8,900	8,900
Capacitación especializada SMED			
• Honorarios del instructor especialista (8 h)	1	3,900	3,900
• Materiales impresos para mapeo y setup sheet	1	150	150
• Lapiceros indelebles para marcaje de SMED	1	120	120
• Coffee break / logística	1	280	280
• Recursos digitales: formatos de setup, videos técnicos	1	1,350	1,350
Subtotal Capacitación SMED			5,800
Subtotal Propuesta 2			25,200
PROPUESTA 3: Kanban digital			
Televisores LED 43" para tablero Kanban	3	1,300	3,900
Estanterías Kanban de acero (alta resistencia)	2	2,900	5,800

Ítem	Cant.	Costo Unit. (S/.)	Subtotal (S/.)
Router industrial + red interna reforzada	1	3,200	3,200
Laptops gama empresarial	3	2,399	7,197
Capacitación Kanban digital			
• Instructor Lean (6 h)	1	2,400	2,400
• Material impreso: tarjetas, códigos, hojas	1	100	100
• Lapiceros/rotuladores	1	60	60
• Logística / coffee break	1	180	180
Subtotal Capacitación Kanban			2,740
Subtotal Propuesta 3			20,097
TOTAL GENERAL DE INVERSIÓN			185,837

Por tanto, se requiere una inversión de S/.185,837.00.

6.2.2. Ingresos

Referente a los ingresos, considerando que se pueden atender a 57 clientes adicionales, y que cada uno compra en promedio 8 cajas de mermelada de papaya arequipeña, las mismas que contienen 8 unidades de mermelada papaya arequipeña de 500 gr, se obtendrá un incremento de ventas de 3,648 unidades de 500 gr de la mencionada mermelada de forma mensual. Considerando que el año tiene 12 meses, se tendrá un incremento de 43,776 unidades de forma anual en cuanto a la producción de bolsas de papaya arequipeña de 500 gr, ello considerando el primer año; no obstante, para los siguientes cuatro años, se realizó un pronóstico de la demanda con Crystal Ball, el mismo que se adjunta en el Anexo 12. Asimismo, contando con un precio de S/6.10 por bolsa, se tendrá un ingreso adicional de S/.267,033.6 de forma anual. El mismo que puede crecer acorde a la inflación de 2.2%.

6.2.3. Costos y gastos

Con relación a los costos, se considera únicamente el costo de producción, el cual, de acuerdo con la información provista por la empresa, llega a un costo del 37.5% en relación al precio. De igual forma, considerando que, para mantener las mejoras, los operarios de producción deben involucrarse, se consideró la aplicación de bonos mensuales, de S/.200.00 por operario por cumplimiento de metas, los cuales se considerarán de forma anual en los gastos operativos.

6.2.4. Flujo de caja

Con dichos datos, se procedió a armar el flujo de caja:

Tabla 61

Flujo de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ventas		S/ 267,033.60	S/ 284,778.26	S/ 295,121.04	S/ 305,260.16	S/ 317,033.51
Costo de Ventas		S/ 100,137.60	S/ 106,791.85	S/ 110,670.39	S/ 114,472.56	S/ 118,887.57
Gastos Operativos		S/ 9,600.00	S/ 9,811.20	S/ 10,027.05	S/ 10,247.64	S/ 10,473.09
Utilidad Operativa		S/ 157,296.00	S/ 168,175.21	S/ 174,423.61	S/ 180,539.96	S/ 187,672.86
(-)Impuestos		S/ 46,402.32	S/ 49,611.69	S/ 51,454.96	S/ 53,259.29	S/ 55,363.49
Utilidad después de impuesto		S/ 110,893.68	S/ 118,563.52	S/ 122,968.64	S/ 127,280.67	S/ 132,309.36
(-) Inversión	-S/ 185,237.00					
Flujo de Caja	-S/ 185,237.00	S/ 110,893.68	S/ 118,563.52	S/ 122,968.64	S/ 127,280.67	S/ 132,309.36
VAN Económico	S/ 233,037.85					
TIR Económica	57%					
B/C Económico	2.67					
PR Económico	1.94					
COK	13.74%					

La evaluación económica demuestra que el proyecto es plenamente rentable, dado que los ingresos adicionales generados por la atención de 57 clientes adicionales, equivalentes a 3,648 unidades mensuales y 43,776 unidades anuales de mermelada, permiten incrementar las ventas en S/.267,033.60 durante el primer año; no obstante, para los siguientes años se consideró aplicar un pronóstico de la demanda con Crystal Ball, considerando también un incremento en el precio del 2.2% anual acorde a la inflación. Además, considerando el costo de ventas equivalente al 37.5% del precio del producto, las bonificaciones anuales de S/.9,600.00 y aplicando la tasa de impuesto a la renta del 29.5% sobre la utilidad operativa, los flujos de caja resultantes evidencian que la inversión inicial de S/.185,237.00 se recupera en un periodo de solo 1.94 años. El VAN económico obtenido asciende a S/ 233,037.85, lo que permite observar que el proyecto genera un valor alto para la empresa a lo largo de su horizonte de evaluación. Asimismo, la TIR económica alcanza el 57%, superando al COK de

13.74%, lo que demuestra que la rentabilidad del proyecto es muy superior al rendimiento mínimo exigido. De igual manera, el índice Beneficio/Costo de 2.67 indica que por cada sol invertido se generan S/2.67 en beneficios totales, lo que implica que se recupera el sol invertido y, adicionalmente, se obtiene un beneficio neto de S/1.67, reforzando la viabilidad financiera de las mejoras implementadas. Por tanto, estos resultados confirman que el proyecto no solo optimiza la eficiencia operativa del sistema productivo, sino que también es una inversión económicamente atractiva, sostenible y altamente favorable para la empresa.



CONCLUSIONES

Primera: Se desarrolló un modelo de simulación en Arena que permitió reproducir con precisión el comportamiento real del sistema productivo, evidenciando así de forma correcta los tiempos de cola, utilización de recursos y niveles de producción, obteniendo valores como 450.07 minutos de espera en pasteurizado, 184.00 minutos en llenado y sellado, y 124.70 minutos en etiquetado, lo que confirmó la existencia de cuellos de botella. Además, el modelo permitió calcular indicadores base tales como 64 cajas enviadas, 46 clientes atendidos, 90 clientes perdidos y 5 lotes reprocesados, los cuales sirvieron como referencia para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Segunda: Se analizó el proceso productivo mediante un diagnóstico basado en la simulación del sistema actual, identificándose limitaciones en la productividad. Ello dado que mostró que solo 64 cajas eran enviadas al almacén y que únicamente 46 clientes eran atendidos, mientras que 90 clientes se perdían por falta de producto, generando costos de oportunidad significativos; asimismo, se detectaron 5 lotes reprocesados, 4 bolsas a reetiquetar, 1 lote desechado y 1 producto desechado, evidenciando deficiencias en etapas críticas como pasteurizado, etiquetado y control de calidad, confirmando así la existencia de cuellos de botella y variabilidad operativa que afectaban el desempeño global del sistema.

Tercera: En tercer lugar, se propusieron y evaluaron tres escenarios de mejora tales como PHVA, SMED y Kanban, los cuales permitieron incrementar la capacidad de atención al cliente. En el escenario PHVA, los clientes atendidos aumentaron de 46 a 72, reduciéndose simultáneamente los clientes perdidos de 90 a 68, lo que representa una mejora directa en la disponibilidad de producto para satisfacer la demanda. Por su parte, el escenario SMED incrementó clientes atendidos a 56 y reduciendo los perdidos a 76. Finalmente, el sistema Kanban obtuvo el mejor desempeño, alcanzando 54 clientes atendidos y reduciendo los

clientes perdidos a solo 72 evidenciando una optimización del flujo productivo y la capacidad de respuesta ante la demanda.

Cuarta conclusión: Se modeló el sistema propuesto bajo los escenarios PHVA, SMED y Kanban utilizando el software Arena, lo que permitió comparar cuantitativamente los resultados respecto al sistema actual, evidenciando reducciones en tiempos de cola, sobre todo en pasteurizado, y mejoras en la estabilidad del flujo de producción.

Quinta: Se realizó la evaluación del modelo de simulación y de las mejoras planteadas, comprobándose beneficios operativos y económicos significativos, donde los indicadores económicos confirmaron la rentabilidad del proyecto, ya que se obtuvo un VAN económico de S/.233,037.85, una TIR del 57%, un B/C de 2.67 y un Periodo de Recuperación de 1.94 años, valores que demuestran que la implementación de las mejoras genera beneficios sostenibles y supera el costo de inversión.

RECOMENDACIONES

Primera: Dado que el modelo de simulación permitió identificar con precisión los cuellos de botella se recomienda institucionalizar el uso permanente del modelo de simulación en Arena como herramienta de soporte a la toma de decisiones, lo que implicará actualizar periódicamente los parámetros del modelo para poder proyectar escenarios futuros, validar nuevas propuestas de mejora antes de implementarlas y prevenir riesgos operativos asociados al crecimiento de la demanda.

Segunda: Considerando que el diagnóstico identificó pérdidas operativas cuantificadas en 5 lotes reprocesados, 4 bolsas a reetiquetar, 1 producto desechado, 1 lote desechado y la pérdida de 90 clientes, se recomienda implementar un sistema formal de control estadístico del proceso; el cual, debe monitorear las etapas más críticas tales como pasteurizado, etiquetado y control de calidad, permitiendo así reducir variabilidad, evitar reprocesos, disminuir desechos y mejorar la estabilidad del proceso productivo, garantizando que los indicadores negativos no vuelvan a alcanzar los niveles identificados en el diagnóstico inicial.

Tercera: Puesto que los escenarios desarrollados en cuanto a PHVA, SMED y Kanban demostraron mejoras significativas en la atención del cliente se recomienda implementar de manera escalonada las tres propuestas, priorizando primero PHVA, luego SMED y finalmente Kanban, permitiendo así estabilizar procesos internos antes de introducir sistemas visuales, garantizando que las mejoras se integren de forma gradual y que se mantenga la coherencia operativa entre las áreas.

Cuarta: Debido a que el modelamiento de los escenarios en Arena permitió cuantificar la reducción de tiempos de cola, especialmente en pasteurizado, y mejorar la estabilidad del flujo productivo, se recomienda generar una librería de modelos simulados para que la empresa pueda evaluar futuras mejoras, permitiendo así que todas las decisiones operativas

relevantes puedan ser comprobadas mediante simulación antes de ejecutarse, minimizando riesgos y costos asociados a decisiones no validadas.

Quinta: Debido a los resultados económicos obtenidos, se recomienda proceder con la implementación integral de las propuestas de mejora, priorizando aquellas que tengan mayor impacto económico y menor tiempo de ejecución, como SMED y Kanban.



REFERENCIAS

- Ahumada Morales, T., Casallins Barrios, H., Mercado Guardiola, Y., & Ruiz Comar, E. (2021, marzo 15). Utilización de simulación de eventos discretos para analizar una propuesta de mejora en los costos de almacenamiento. *Boletín Innovación, Logística y Operaciones*, 1–10.
- Alegre Linares, M. J. (2024). *Simulación con software Arena para la optimización de sistemas de producción en una empresa del sector calzado de Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional UNSA. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/18493>
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Alegria Rincón, A. O. (2024). *Implementación de una metodología integradora de simulación de procesos para abordar interferencias operacionales en el carguío y acarreo en la Unidad Minera Cerro Lindo 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7222>
- American Society for Quality. (2020). *Cause and effect diagram*. ASQ. <https://asq.org/quality-resources/fishbone>
- Ariza, L. V., & Jiménez, H. A. (2019, junio). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Scielo*, 28(2). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052020000200277
- Avila, H. M., & Vásquez, M. G. (2008). Aplicación de software de simulación como herramienta en el rediseño de plantas de producción en empresas del sector de

- alimentos. *Revista Colombiana de Tecnología Agroindustrial*, 6(2), 39–45.
<https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250974007.pdf>
- Azuero Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 4(8), 110–112.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2024). *Reporte de inflación: Panorama actual y proyecciones macroeconómicas*. BCRP.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2014). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Pearson.
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/discrete-event-system-simulation/P200000000281/9780136062127>
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (2013). *Nonlinear programming: Theory and algorithms* (3rd ed.). Wiley.
<https://www.wiley.com/en-us/Nonlinear+Programming%3A+Theory+and+Algorithms%2C+3rd+Edition-p-9780471486008>
- Calvo-Rivera, Y., Pérez-Cantillo, M., Quintero-Plata, B., Soto-Villalba, L., & Troncoso-Palacio, A. (2025). Una simulación de sistemas para mejorar el proceso de pelado de ajos en la industria de salsas. *BILO*, 7(1), 30–42. Universidad de la Costa.
<https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.04>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (s.f.). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (10.^a ed., pp. 609–610).
- Cis-Lab. (2020, enero 23). *Funciones y usos del autoclave*. Cis-Lab Corporation.
<https://www.cislab.mx/funciones-y-usos-del-autoclave/>

- Corea, J. L., Espinoza, J. E., & Gutiérrez, H. Y. (2018, diciembre). Política de inventarios máximos y mínimos en cadenas de suministro multinivel: Caso de estudio, una empresa de distribución farmacéutica. *Revista Ingeniería Industrial*, 31(2), 144–156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7216483>
- Cruz Llamo, A. (2022). *Propuesta de un modelo de simulación del sistema productivo de néctar para mejorar la productividad de una empresa de néctares* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5613>
- Duran, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*, 55–78.
- Eathisa Corporation. (2018, enero 12). *Dosificadores volumétricos*. <http://eathisa.com/productos/dosificadores-volumetricos/>
- Embalajes Terra. (2020, junio 12). *Corporación Terra: soluciones de embalaje industrial*. <https://www.embalajesterra.com>
- ESSALUD. (2017). *Evaluación de tecnologías de salud e investigación*. Lima, Perú.
- Euromonitor International. (2023). *Consumer trends in packaged food markets in Latin America*.
- Fábregas Ariza, A., Wadnipar Rojas, R., Paternina Arboleda, C., & Mancilla Herrera, A. (2003). *Simulación de sistemas productivos con Arena*. Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte.
- Fábregas, A. A. (2007). *Simulación de sistemas productivos con Arena*. Santa Fe de Bogotá: Ediciones Uninorte.
- Fitrah, N., & Kurniawan, S. (2020, febrero). Production smoothness improvement through ARENA application in the food manufacturing industry. *Journal of Production Systems Engineering*, 12(1), 45–52.

- Food and Agriculture Organization. (2022). *Food loss and waste reduction strategy*. FAO.
- Fritzson, P. (2015). *Introducción al modelado y simulación de sistemas técnicos y físicos con Modelica*. Wiley-IEEE Press.
- García, J. A., Reding, A. B., & López, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 2(8), 217–224. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000400007>
- García-Díaz, A., & Smith, J. M. (2013). *Facilities planning and design*. Cambridge Scholars Publishing. <https://www.cambridgescholars.com/product/9781443850159>
- Giordano, F. R., Weir, M. D., & Fox, W. P. (2014). *A first course in mathematical modeling* (5th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/c/a-first-course-in-mathematical-modeling-5e-giordano/>
- Gutiérrez Briceño, S. E. (2022). *Diseño del sistema productivo de una empresa de confecciones para aumentar la productividad apoyado por un modelo de simulación* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5830>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control estadístico de la calidad* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hasan, K. A., Kadhum, A. H., & Morad, A. H. (2019, diciembre). Evaluation of yogurt production line simulation using Arena software. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15(4), 71–78. <https://www.iasj.net/iasj/download/c5e74bee03fd4767>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la investigación*. Universidad de Guadalajara. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2707>

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education.
<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9000:2015—Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. ISO.
<https://www.iso.org/standard/45481.html>
- Jacobs, F., & Chase, R. (2014). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill.
- Jacobs, F., & Chase, R. (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (15.ª ed.). McGraw Hill Education.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2017). *Exploring corporate strategy* (10th ed.). Pearson.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Zupick, J. (2019). *Simulation with Arena* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Ways to study a system*. McGraw Hill.
- MAQUINARIA. (2023, enero 12). *Tecnomack Corporation: Qué es una licuadora industrial y cómo funciona*. <https://www.tecnomack.com/que-es-una-licuadora-industrial-y-como-funciona-2/>
- Martínez Ezquiche, J. (2018). Capítulo 1 - Inventarios. Universidad de las Américas Puebla.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/peregrina_p_pm/capitulo1.pdf
- Mendoza-Salguero, E., De-La-Asunción-González, A., Mejía-Vega, I., Triana-Infante, J., & Troncoso-Palacio, A. (2022). Análisis de restricciones a través del software Arena. Caso empresa de fabricación de calzado. *BILO*, 4(1), 17–28. Universidad de la Costa.
<https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.02>

- Ministerio de la Producción. (2024). *Políticas y programas de fortalecimiento empresarial para MYPE*. PRODUCE.
- Ministerio de Salud del Perú. (2023). *Reglamento sanitario de alimentos y buenas prácticas de manufactura*. MINSA.
- Mohammed Hasan, K., & Kadhum, A. (2019). Evaluación de la simulación de la línea de producción de yogur utilizando el software Arena. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15(4), 71–78.
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and analysis of experiments* (8th ed.). Wiley.
<https://www.wiley.com/en-us/Design+and+Analysis+of+Experiments%2C+8th+Edition-p-9781118097939>
- Morales, A., Barrios, C., Guardiola, D., Comas, L., & Palacio, R. (2021). Utilización de simulación de eventos discretos para analizar una propuesta de mejora en los costos de almacenamiento. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Industrial*, 8(2), 112–123.
- National Institute of Standards and Technology. (2013). *Sample size selection*. NIST.
<https://www.nist.gov/>
- Navarro, B. A., & Ripoll, F. S. (s.f.). *Clasificación de los sistemas productivos según la cantidad que sirven*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Nerda, Z. Z. (2021). Mejora de la suavidad de la producción mediante la aplicación ARENA en la industria de fabricación de alimentos. *International Journal of Food Production Engineering*, 10(2), 33–40.
- NIST/SEMATECH. (2012). *e-Handbook of statistical methods*.
<https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). *Productivity—OECD data*.
<https://data.oecd.org/lprdy/labour-productivity-levels.htm>

- Oscátegui Cueva, J. E., & Flores Arones, J. D. (2025). *Modelo de control de tiempos improductivos en el proceso de carguío y acarreo mediante el uso de software de simulación Arena en una unidad minera superficial del centro del Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/671239>
- Padrón, V. R. (2015). Los costes de la no calidad y la atención al cliente. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30006/modulo6costesyatencion.pdf>
- Paz, R. C., & Gómez, D. G. (s.f.). *El sistema de producción y operaciones*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Buenos Aires.
- Peregrina, P. (2000). Empleo de superficies de respuesta para la solución de problemas de inventarios estocásticos. *Revista de Modelización Empresarial*, 6(2), 87–98.
- Ramírez Espitia, C. (2010). *Desarrollo y aplicación de una simulación en el software Arena como solución en manejo de inventarios de la empresa Industrias Pintulutex* [Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana].
- Rentería Vasquez, R. de los M. (2023). *Simulación del proceso productivo de pegamento gris en la empresa Corporación Arellano Perú SAC para aumentar su productividad* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/7268>
- Rockwell Automation. (2021). *Arena simulation software*. <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html>
- Rockwell Automation. (2021). *Input Analyzer*. <https://www.rockwellautomation.com/>

- Rockwell Automation. (2021). *OptQuest optimization*.
<https://www.rockwellautomation.com/>
- Rockwell Automation. (2021). *Output Analyzer*.
<https://www.rockwellautomation.com/>
- Rojas De Gante, A. (2013, junio). *Aplicación de la teoría de inventarios a una empresa poblana*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/AreliRojasDeGante.pdf>
- Selcom Corporation. (2023, marzo 4). *Fechador codificador eléctrico para empacadoras industriales*. <https://selcom.pe/productos/Empacadoras/fechador-codificador-electrico>
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1997). *Planeación y control de la producción* (p. 219). México: McGraw Hill.
- Torres Vega, P. (2016). *Simulación de sistemas con el software Arena*. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2017). *Process flow diagrams*. EPA.
<https://www.epa.gov/>
- Valdivia, L. (2016). *Plan de mejora de la productividad a través del software Arena: Caso fábrica de chocolate orgánico* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao].
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4384/08_informe_Final_de_investigacion_ARENA_Valdivia.pdf
- Valverde, E., & García, L. (2017, enero). Propuesta de mejora en el proceso productivo de una empresa dedicada a la fabricación de mermeladas. *Revista de Ingeniería Industrial del Perú*, 2(1), 45–52.
- Zaibidi, N. Z., Yacob, S., & Isa, N. A. M. (2020). A simulation approach for performance measures of food manufacturing process. *International Journal of Industrial*



ANEXOS

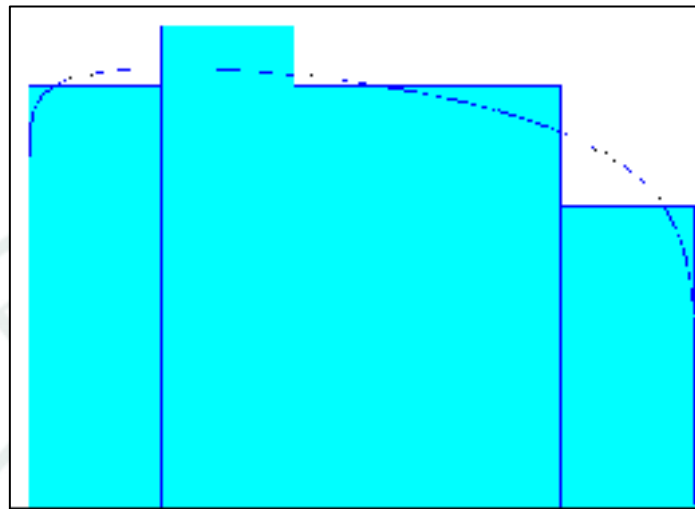
Anexo 1. Toma de Tiempos

Ítems	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Tamaño de muestra	34	71	61	1	33	39	38	35	35	38
1	4.37	19.42	2.87	2	74.83	5.18	16.27	0.96	48.95	54.24
2	3.84	28.57	2.41		77.26	6.49	18.54	1.21	49.87	45.15
3	3.15	21.83	3.64		67.54	6.92	20.13	1.08	40.94	42.95
4	4.59	15.91	2.19		68.95	5.62	17.82	1.03	34.98	61.34
5	3.71	23.76	3.22		82.11	5.77	15.54	0.87	49.87	61.69
6	4.93	26.05	2.73		70.79	4.94	15.92	0.87	41.72	58.42
7	3.26	18.29	3.93		88.01	4.73	19.65	0.80	47.68	47.94
8	4.65	20.14	2.56		100.15	6.12	21.09	1.15	40.53	43.63
9	3.97	29.36	3.78		85.34	6.84	16.43	1.03	42.91	55.83
10	4.22	16.78	2.35		72.45	6.37	14.97	1.07	48.67	50.76
11	3.41	25.91	3.41		63.58	4.82	15.35	0.76	41.16	44.14
12	4.88	17.63	2.95		60.74	5.93	21.75	1.23	40.92	51.90
13	3.57	22.48	2.12		67.24	5.21	17.11	1.13	45.87	42.32
14	4.05	27.14	3.67		79.92	4.36	20.92	0.90	32.51	60.51
15	3.32	16.27	2.28		81.1	6.71	16.88	0.88	35.84	46.98
16	4.78	19.87	3.13		95.84	5.43	18.71	0.88	49.65	55.38
17	3.64	30.00	2.81		67.54	6.06	14.62	0.93	33.64	48.08
18	3.09	21.06	3.56		66.43	6.23	21.38	1.01	43.55	52.42
19	4.13	15.23	2.47		80.14	4.56	15.76	0.98	41.8	52.97
20	3.78	24.78	3.33		62.54	4.26	12.58	0.93	33.95	45.45
21	4.43	18.94	2.64		87.16	6.58	17.26	1.04	43.99	61.77
22	3.23	29.18	3.19		78.39	5.87	14.23	0.86	32.58	57.72
23	4.52	23.41	2.07		75.08	6.78	23.15	0.93	41.68	61.14
24	3.48	17.02	3.74		84.23	4.41	18.16	0.96	32.87	60.21
25	4.27	15.77	2.62		98.75	5.35	16.11	0.99	43.4	54.04
26	3.63	26.99	3.46		76.02	6.15	20.34	1.10	34.68	60.78
27	3.13	20.89	2.24		69.92	5.06	14.42	0.89	30.85	43.44
28	4.02	28.23	3.89		60.15	4.68	15.67	1.00	40.97	45.68
29	3.37	16.55	2.31		86.65	4.12	19.87	1.03	36.84	42.54
30	4.71	22.79	3.08		62.54	6.95	13.68	0.79	31.68	48.37
31	4.13	23.12	2.75		75.45	5.55	19.02	0.76	45.95	42.95
32	3.89	18.89	3.27		89.18	6.27	15.13	1.23	36.84	61.34
33	3.52	17.31	2.93		60.28	4.89	17.94	1.13	42.98	61.69
34	4.57	20.77	3.62			5.91	12.58	0.90	30.97	58.42
35		25.55	2.16			6.63	14.37	0.88	47.68	47.94
36		15.42	3.14			4.48	18.29			46.98
37		28.06	2.83			6.7	16.55			55.38
38		19.97	3.39			5.14	24.68			48.08
39		27.83	2.52			4.64				
40		16.62	3.87							
41		22.09	2.43							
42		29.64	3.06							
43		21.73	2.22							
44		26.84	3.55							
45		15.98	2.38							
46		30.00	3.24							
47		16.45	2.99							
48		24.28	3.51							
49		18.14	2.69							
50		29.23	3.16							
51		23.65	2.09							
52		17.77	3.76							
53		20.33	2.58							
54		28.45	3.33							
55		22.79	2.47							
56		16.22	3.18							
57		25.77	2.67							
58		19.58	3.42							
59		15.66	2.31							
60		27.22	3.09							
61		21.19	2.81							
62		26.31								
63		17.92								
64		24.76								
65		15.36								
66		18.04								
67		29.49								
68		20.45								
69		23.57								
70		16.91								
71		30.00								

Ítems	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	X2	Y19
Tamaño de mu	34	39	42	1	46	41	33	44	43	34
1	29.83	6.04	14.56	50.72	1.44	8.93	7.40	1.59	6.14	6.71
2	32.48	5.86	15.54	51.49	1.18	8.21	7.65	1.39	1.67	6.10
3	33.39	4.61	13.84	36.13	1.63	9.3	6.35	1.22	5.49	6.05
4	38.70	5.04	14.36	45.19	1.32	8.4	7.55	1.39	2.95	5.45
5	36.20	4.65	15.19	43.51	1.05	8.88	6.70	1.35	3.14	4.98
6	28.83	6.27	19.15	40.00	1.67	12.81	7.30	1.23	6.58	6.98
7	36.13	5.63	16.27	38.16	1.26	8.1	7.30	1.36	1.56	7.00
8	33.65	6.02	16.58	42.08	1.39	7.75	7.08	1.31	7.77	6.26
9	32.63	7.03	20.28	52.97	1.15	8.44	5.79	1.45	5.94	5.68
10	37.14	5.47	19.31	41.82	1.51	7.53	7.90	1.33	4.09	5.70
11	38.61	5.83	18.38	45.34	1.23	6.9	6.58	1.37	1.09	6.47
12	38.26	6.54	15.53	48.65	1.11	7.58	6.18	1.48	6.36	6.98
13	32.06	5.42	18.77	42.55	1.57	7.77	5.50	1.33	2.83	6.95
14	33.92	4.91	15.17	53.49	1.08	8.55	7.20	1.39	2.78	6.61
15	36.16	5.57	14.91	53.32	1.69	10.79	7.41	2.01	7.62	6.28
16	38.41	5.22	13.75	40.53	1.35	8.99	5.28	1.39	7.44	4.94
17	33.32	7.13	18.81	44.95	1.02	11	7.03	1.35	6.90	5.22
18	34.35	6.69	17.71	41.42	1.61	8.42	6.31	1.27	3.78	6.99
19	31.13	6.26	11.61	41.13	1.29	7.01	7.33	1.19	5.69	6.20
20	30.81	6.89	14.37	36.66	1.46	10.78	6.14	1.33	2.83	4.44
21	37.84	6.67	17.09	46.97	1.13	7.55	7.45	1.34	3.97	5.01
22	39.75	5.30	14.98	45.05	1.54	7.35	6.75	2.13	9.79	6.32
23	34.75	6.97	18.25	36.93	1.21	8.53	8.35	1.32	2.76	4.38
24	38.51	6.07	14.33	41.02	1.01	8.08	6.00	1.26	1.68	5.22
25	36.27	6.68	24.84	52.35	1.66	7.79	6.63	1.3	3.81	6.09
26	32.74	6.98	17.54	40.31	1.04	7.72	5.90	2.06	6.70	6.39
27	36.27	5.64	13.71	38.61	1.58	8.72	8.29	1.27	10.55	6.30
28	40.38	5.04	13.75	44.81	1.34	8.51	8.06	1.25	5.60	5.41
29	34.88	5.42	19.73	53.74	1.07	11.36	6.41	1.32	1.95	6.43
30	40.48	5.86	16.22	40.36	1.71	7.55	7.37	1.28	8.92	5.44
31	38.41	6.27	12.95		1.16	7.75	6.75	1.35	7.60	5.01
32	33.32	5.63	14.37		1.21	11.32	7.41	1.48	9.92	6.47
33	34.35	6.02	21.52		1.68	7.48	7.90	2.01	7.85	5.45
34	31.13	6.68	18.09		1.37	9.19		1.67	7.47	5.70
35		5.64	22.47		1.54	12.02		1.91	7.18	
36		6.69	16.84		1.12	10.99		1.35	9.62	
37		5.04	20.33		1.46	9.67		1.79	6.20	
38		4.65	12.15		1.3	10.79		1.59	2.75	
39		6.27	24.12		1.63	12.81		2.11	2.48	
40			13.89		1.24	14.46		1.41	6.50	
41			17.64		1.57	11.78		1.84	4.68	
42			23.76		1.18			2.06	4.04	
43					1.43			1.27		
44					1.35			1.96		
45					1.5					
46					1.26					

Anexo 2. Resultados del Input Analyzer

Y1: Tiempo de Descarga y Selección de Materia Prima



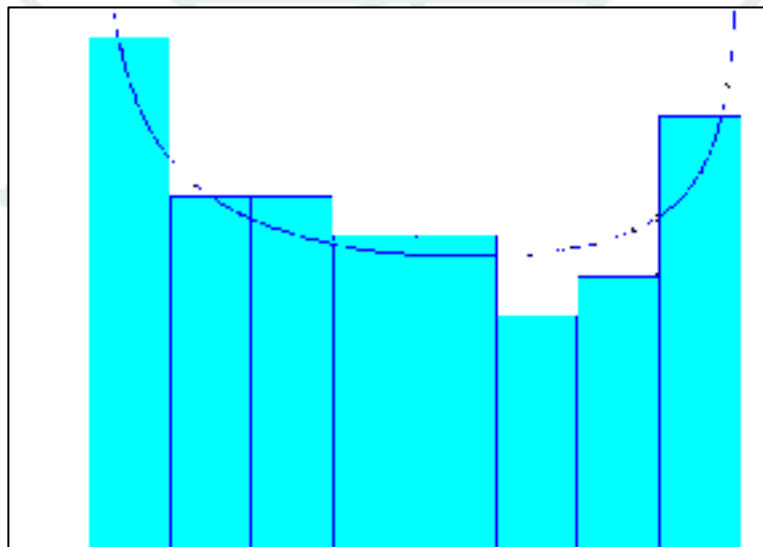
Distribution Summary

Distribution: Beta
Expression: $3 + 2 * \text{BETA}(1.04, 1.16)$
Square Error: 0.000772

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.133
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0447
Corresponding p-value > 0.15

Y2: Tiempo de Pesado de la Fruta



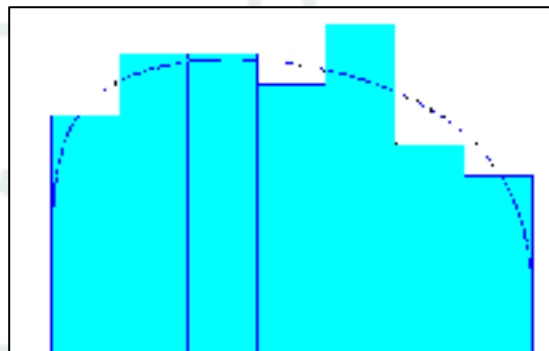
Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $15 + 15 * \text{BETA}(0.717, 0.796)$
 Square Error: 0.001218

Chi Square Test
 Number of intervals = 8
 Degrees of freedom = 5
 Test Statistic = 0.719
 Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.0562
 Corresponding p-value > 0.15

Y3: Tiempo de Lavado 1 de la Fruta



Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $2 + 2 * \text{BETA}(1.18, 1.29)$
 Square Error: 0.001472

Chi Square Test
 Number of intervals = 6
 Degrees of freedom = 3
 Test Statistic = 0.665
 Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.0359
 Corresponding p-value > 0.15

Y4: Tiempo de Remojado de la Fruta

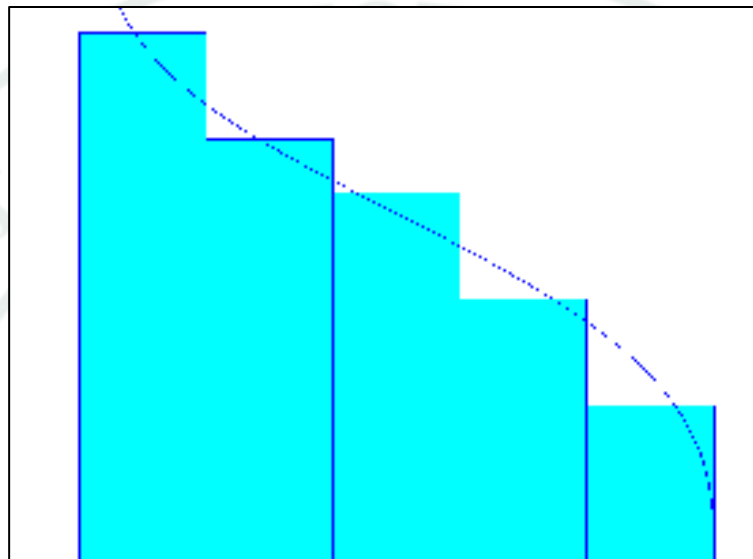
a) Datos

Tiempo de Tiempo de Remojado (horas/lote)
Y4
2

b) Justificación

Para poder estimar el tiempo de remojo se realizó la consulta a experto operarios que día a día realizan este procedimiento y poder estimar el tiempo promedio de remojo del lote de mermelada.

Y5: Tiempo de Pelado y Rayado de la Fruta

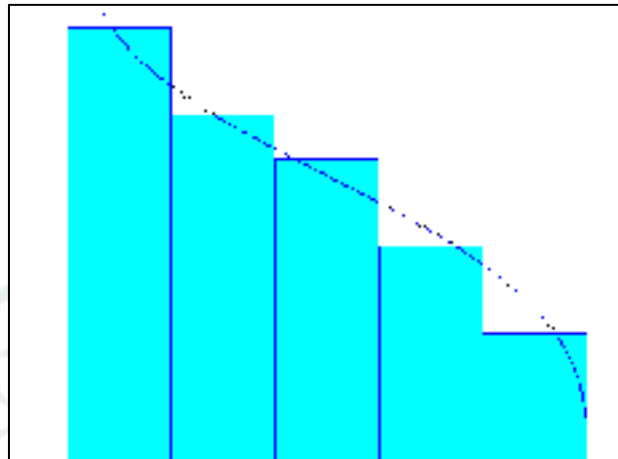


```
Distriбуция данных
Метод подгонки: ГСМ
Экспоненциал: 0.07 + 0.1 * GSE(0.001, 1.00)
Модель Фитера: 0.000000
```

```
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 0.109
Corresponding p-value = 0.748

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0836
Corresponding p-value > 0.15
```

Y6: Tiempo de Lavado 2 o Escaldado de la Fruta



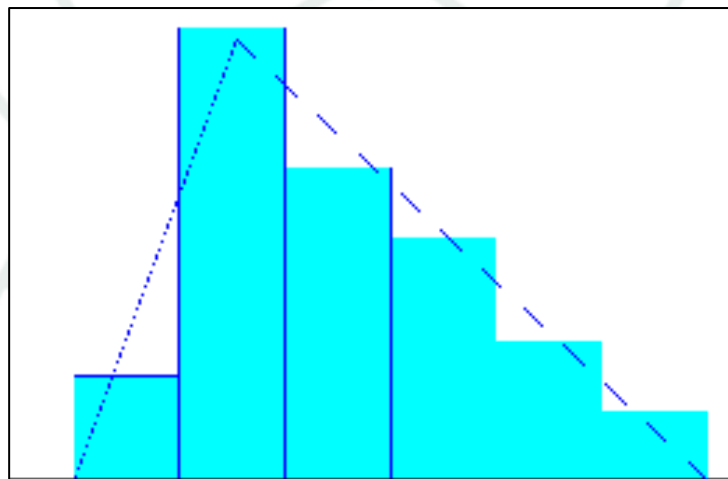
Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $4 + 3 * \text{BETA}(1.06, 0.918)$
 Square Error: 0.001127

Chi Square Test
 Number of intervals = 6
 Degrees of freedom = 3
 Test Statistic = 0.289
 Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.0594
 Corresponding p-value > 0.15

Y7: Tiempo de Trozado y Desemillado de la Fruta



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $\text{TRIA}(12, 15.3, 25)$
 Square Error: 0.004071

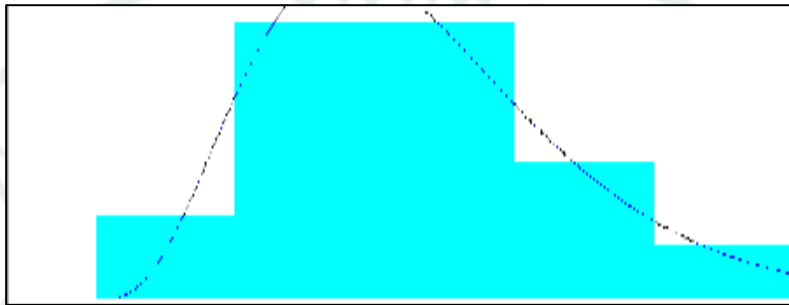
```

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.141
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0418
Corresponding p-value > 0.15

```

Y8: Tiempo de Pulpeado de las Pepas y Bagazo del corazón de la Fruta



```

Distribution Summary

Distribution:      Gamma
Expression:      0.71 + GAMM(0.0603, 4.41)
Square Error:    0.001190

```

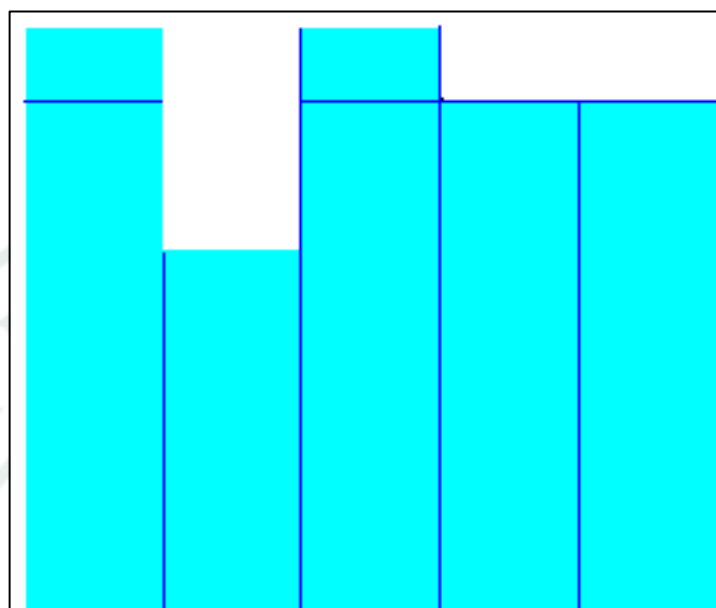
```

Chi Square Test
Number of intervals = 6
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 0.289
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0595
Corresponding p-value > 0.15

```

Y9: Tiempo de Picado de la Fruta



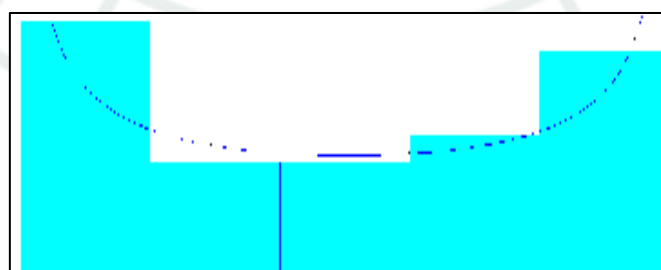
Distribution Summary

Distribution: Uniform
Expression: UNIF(30, 50)
Square Error: 0.004898

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 4
Test Statistic = 0.857
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.155
Corresponding p-value > 0.15

Y10: Tiempo de Precocción de la Fruta



```

Histograma de Frecuencias
-----
Estadísticos:      N=10
Ejemplares:      42 / 10 = 4.2000, 42
Escala:          0 - 60/100

```

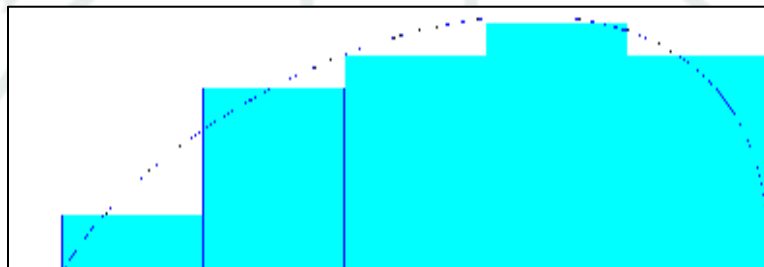
```

Chi Square Test
Number of intervals = 6
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 4.56
Corresponding p-value = 0.218

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.112
Corresponding p-value > 0.15

```

Y11: Tiempo de Cocción y Estandarización de la Mermelada.



```

Normalización de Datos
-----
Estadísticos:      N=4
Ejemplares:      64 + 14 = 78/100 = 0.78, 78
Escala:          0 - 100/100

```

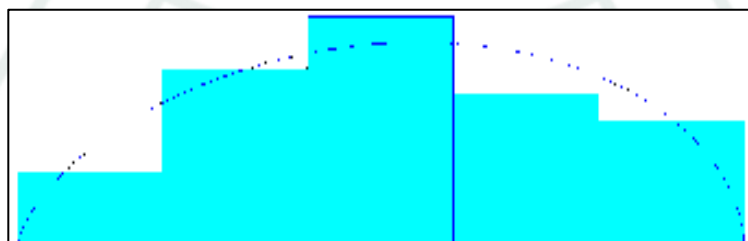
```

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 0.784
Corresponding p-value = 0.614

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0815
Corresponding p-value > 0.15

```

Y12: Tiempo de Reprocesado del Lote de Mermelada



```

Normalización de Datos
-----
Estadísticos:      N=4
Ejemplares:      1.00 + 3.00 = 4.00/100 = 0.04, 4.00
Escala:          0 - 100/100

```

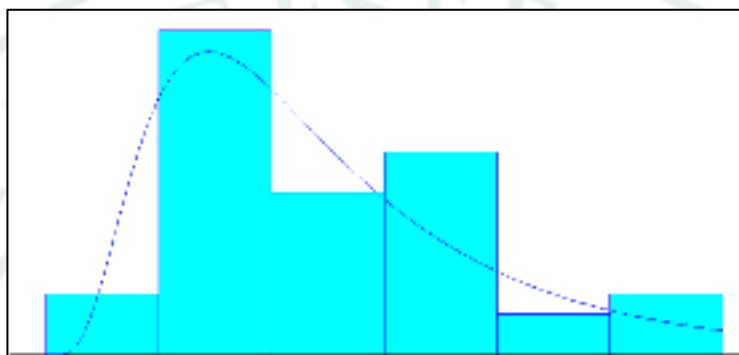
```

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degree of freedom = 1
Test Statistic = 0.914
Corresponding p-value = 0.368

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.107
Corresponding p-value > 0.15

```

Y13: Tiempo de Llenado Bolsas de Mermelada



```

Distribution Summary
Distribution: Lognormal
Expression: 11 + LOGN(6.16, 4.34)
Square Error: 0.018491

```

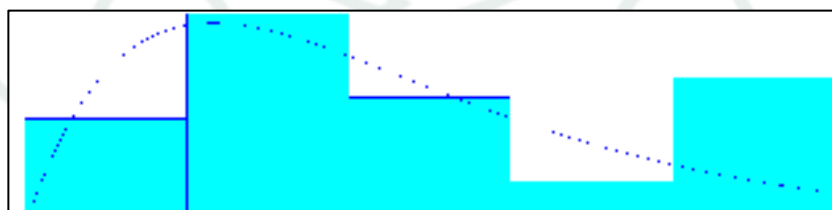
```

Chi Square Test
Number of intervals = 6
Degree of freedom = 3
Test Statistic = 0.289
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0595
Corresponding p-value > 0.15

```

Y14: Tiempo de pausterización del Producto Terminado



```

Distribution Summary
Distribution: Lognormal
Expression: 11 + LOGN(6.16, 4.34)
Square Error: 0.018491

```

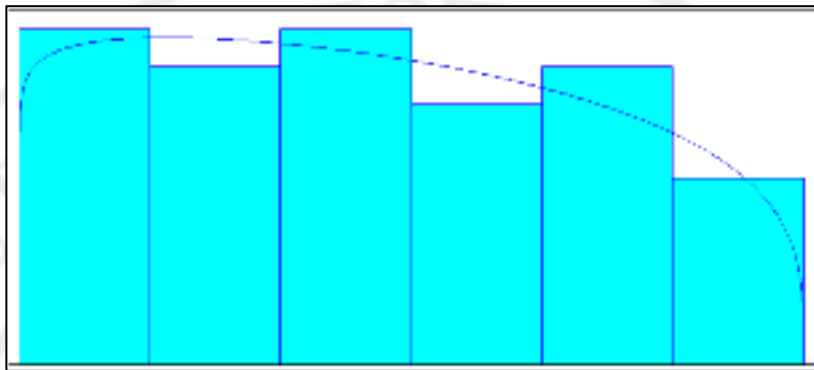
```

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.01
Corresponding p-value = 0.175

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.1
Corresponding p-value > 0.15

```

Y15: Tiempo de Etiquetado del Producto Terminado



```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 1 + 0.78 * BETA(1.06, 1.28)
Square Error: 0.001475

```

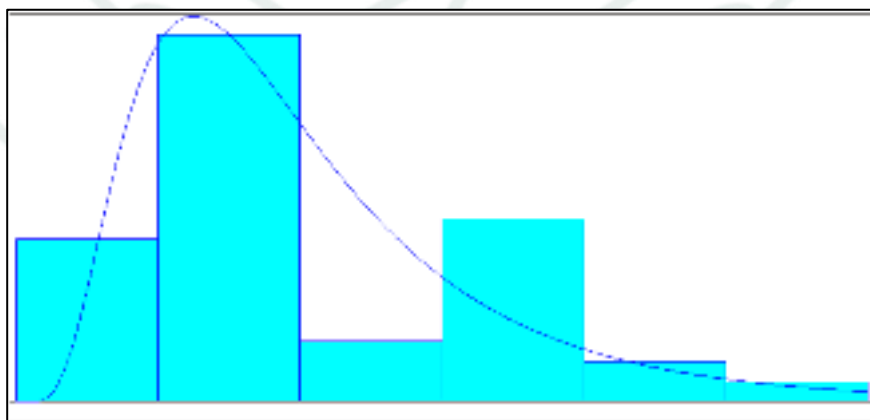
```

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.534
Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0651
Corresponding p-value > 0.15

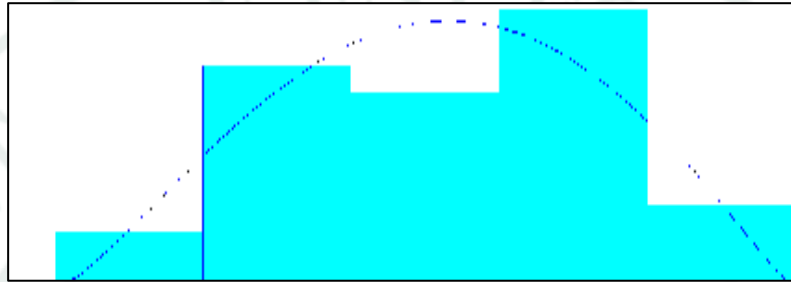
```

Y16: Tiempo de Control de Calidad de los Productos Terminados



Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	$6.14 + \text{LOGN}(3.07, 1.96)$
Square Error:	0.040712

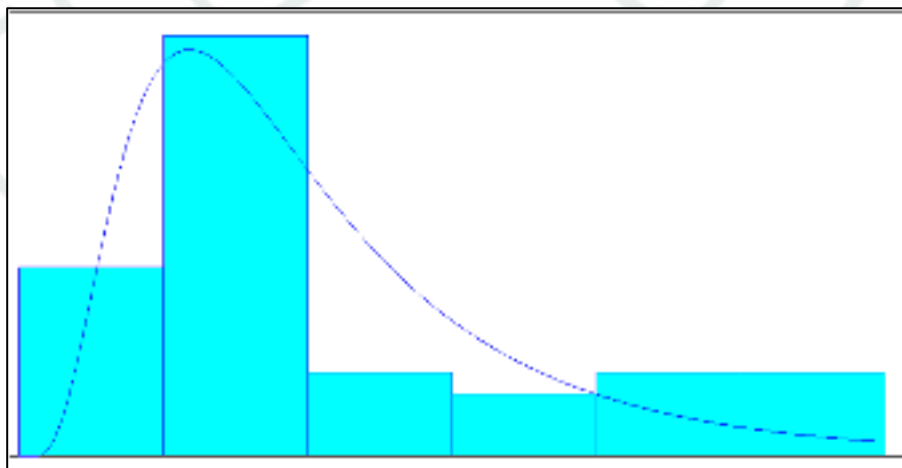
Y17: Tiempo de Reprocesado de los Productos Terminados Defectuosos



Distribution Summary	
Distribution:	Tema
Expression:	$5 + 3.87 * \text{NORM}(2.38, 2.22)$
Square Error:	0.011859

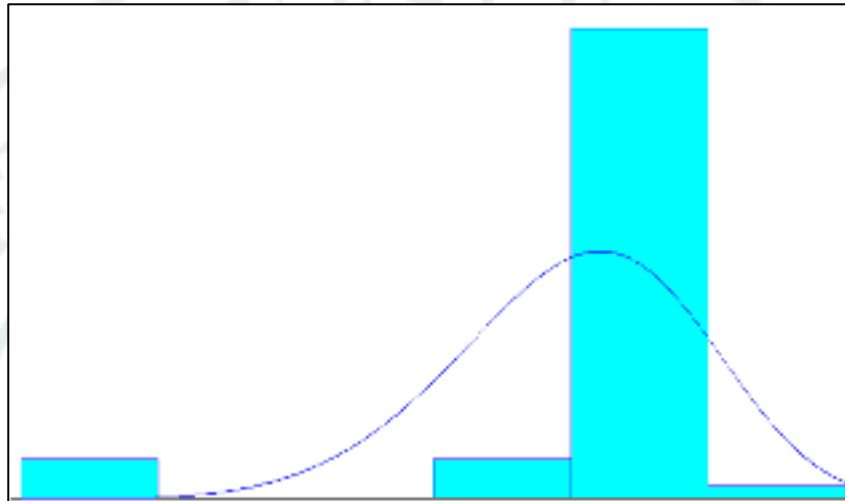
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 0.534
Corresponding p-value	> 0.75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0651
Corresponding p-value	> 0.15

Y18: Tiempo de Empaquetado en Cajas de los Productos Terminados



Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	$1.09 + \text{LOGN}(0.407, 0.284)$
Square Error:	0.028225

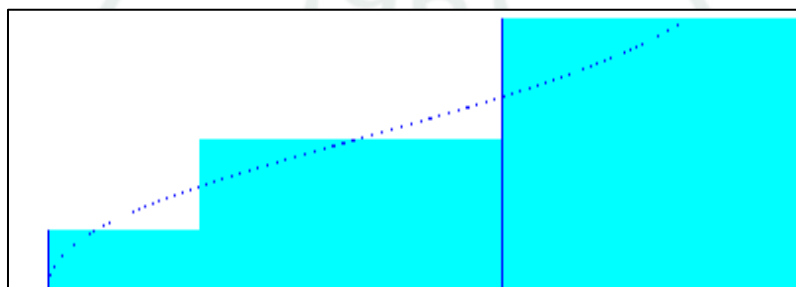
X2: Intervalo entre llegadas de pedidos de los clientes



Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	$1 + \text{WEIB}(1.21, 5.16)$
Square Error:	0.292042

Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 4
Test Statistic	= 0.857
Corresponding p-value	> 0.78
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.155
Corresponding p-value	> 0.18

Y19: Tiempo de picking y facturación de los productos según pedido



Statistical Summary

Method	Mean
Sample Size	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100
Significance Level	0.05

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 0.341
Corresponding p-value = 0.88

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.122
Corresponding p-value > 0.15



Anexo 3. Buenas prácticas de manufactura para etiquetado

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de normas y procedimientos que garantizan la calidad, inocuidad y consistencia del producto a lo largo del proceso productivo. En el caso del proceso de etiquetado de mermelada de papaya arequipeña, su aplicación es esencial para evitar reprocesos, minimizar desperdicios y asegurar la correcta presentación del producto terminado. A continuación, se detallan las BPM propuestas para cada etapa del proceso de etiquetado.

a) Limpieza y preparación del área de trabajo

- Realizar la limpieza y desinfección del área antes de iniciar el proceso, utilizando soluciones aprobadas para superficies de contacto con alimentos.
- Verificar que no existan restos de etiquetas, adhesivos o envases de lotes anteriores.
- Asegurar la correcta ventilación e iluminación del área de trabajo.
- Registrar las actividades de limpieza en el formato de control correspondiente antes del inicio de la jornada.

b) Control de insumos y materiales

- Comprobar que las etiquetas correspondan al lote y producto a procesar, verificando código, fecha y diseño.
- Almacenar las etiquetas en un área limpia, seca y protegida de la luz solar directa.
- Evitar el uso de etiquetas dañadas, descoloridas o con errores de impresión.
- Registrar los insumos recibidos y utilizados en la hoja de control de materiales.

c) Manipulación higiénica del producto

- El personal debe utilizar uniforme limpio, gorro, mascarilla y guantes durante toda la operación.
- Evitar el contacto directo de las manos con las superficies del envase o de la etiqueta.
- Prohibir el consumo de alimentos o bebidas dentro del área de etiquetado.

- En caso de interrupción prolongada, cubrir los productos y materiales con protectores sanitarios.

d) Aplicación de etiquetas

- Seguir las guías visuales o moldes establecidos para asegurar la correcta alineación de las etiquetas.
- Aplicar presión uniforme al momento de adherir la etiqueta para evitar burbujas o desprendimientos.
- Revisar la adherencia de las etiquetas de forma periódica durante el proceso.
- Reportar inmediatamente al supervisor cualquier lote que presente fallas en la adhesión o errores en la etiqueta.

e) Inspección visual y control de calidad

- El supervisor debe realizar inspecciones aleatorias de los envases etiquetados cada 15 a 30 minutos.
- Verificar que la posición, adherencia, texto y código de lote sean legibles y correctos.
- Registrar los resultados en el formato de control de calidad y anotar los reprocesos realizados.
- Separar y reetiquetar únicamente los productos aprobados para reproceso, siguiendo el procedimiento establecido.

f) Almacenamiento y trazabilidad

- Colocar los productos terminados en áreas designadas, identificadas con etiquetas de lote y fecha de producción.
- Evitar apilar los productos de forma que puedan deformarse o perder la etiqueta.
- Registrar el número de lote, fecha y cantidad de productos terminados en el sistema de control.

- Asegurar que los registros de trazabilidad sean completos y estén disponibles para auditorías internas o externas.



Anexo 4. Pruebas de Hipótesis

A. Indicador de Bolsas a reetiquetar

Resultados del indicador Cantidad de Bolsas Reetiquetar para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.48	2.6	0.426	0	16	145

Resultados del indicador Cantidad de Bolsas Reetiquetar para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cantidad bolsas reetiquetar final	4.3	2.31	1.65	1	9	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 4,500
H1: $E(x) \neq C \neq$ 4,500

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(X) - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 23)$$

PasoN°4: "Regla de Decisión"



PasoN°5: "Cálculos"

E(x)= 4.48
C= 4.50
s(n)= 2.6
n= 145
t0= -0.09262765

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t0 debe caer en la región de aceptación



Dado que $t_0 = -0.0926 \in RA$ se acepta H0:
y se rechaza H1:

B. Cajas enviadas final

Resultados del indicador Cajas Enviadas Final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cajas enviadas final	82.8	34.8	5.72	8	196	145

Resultados del indicador Cajas Enviadas Final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cajas enviadas final	79.6	26.2	18.7	36	132	10

PasoNº1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x) = C = 80.000$
H1: $E(x) \neq C \neq 80.000$

PasoNº5: "Cálculos"

$E(x) = 82.80$
 $C = 80$
 $s(n) = 34.8$
 $n = 145$
 $t_0 = 0.96886393$

PasoNº2: "Nivel de Significancia"

$\alpha = 5.0\%$

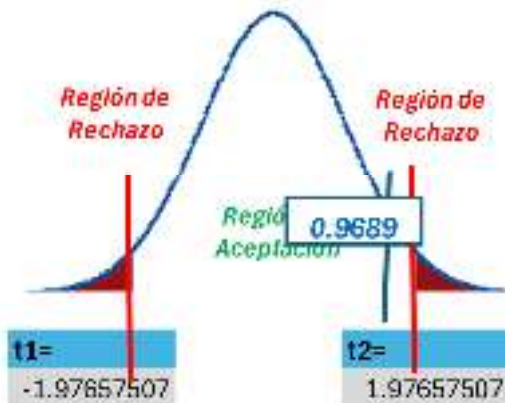
PasoNº3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x) - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoNº6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoNº4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0 = 0.9689 \in RA$ se acepta H0: y se rechaza H1:

C. Cantidad de productos desechados

Resultados del indicador Cantidad de Productos Desechados Final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cantidad productos desechados final	2.12	1.24	0.20	0.00	6.00	145

Resultados del indicador Cantidad de Productos Desechados Final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Cantidad productos desechados final	2.13	1.27	0.291	0	6	10

PasoNº1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 2.000
H1: $E(x) \neq C \neq$ 2.000

PasoNº2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoNº3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x)-C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoNº4: "Regla de Decisión"

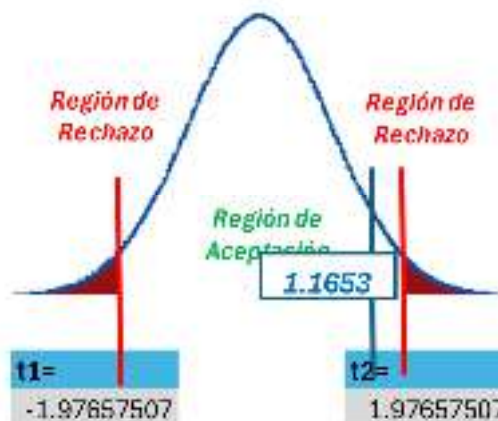


PasoNº5: "Cálculos"

$E(x)=$ 2.12
 $C=$ 2
 $s(n)=$ 1.24
 $n=$ 145
 $t_0=$ 1.1653156

PasoNº6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
 t_0 debe caer en la región de aceptación



Dado que $t_0=1.1653 \in RA$ se acepta H0: y se rechaza H1:

D. Clientes atendidos final

Resultados del indicador Clientes atendidos final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Clientes atendidos final	55.20	16.90	2.77	17.00	102.00	145

Resultados del indicador Clientes atendidos final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Clientes atendidos final	54.2	13.4	9.62	32	78	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 54.000
H1: $E(x) \neq C \neq$ 54.000

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 55.20
 $C=$ 54
 $s(n)=$ 16.9
 $n=$ 145
 $t_0=$ 0.85502447

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

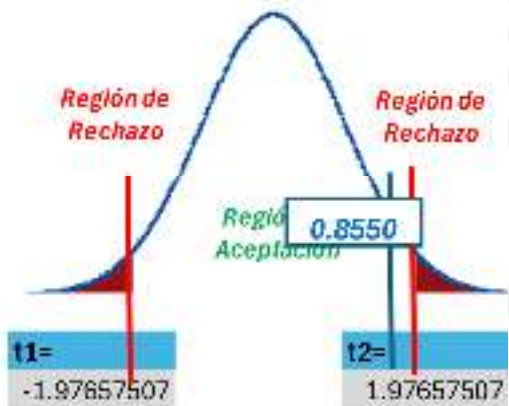
PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x)-C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0=0.855 \in RA$ se acepta H0: y se rechaza H1:

E. Clientes perdidos final

Resultados del indicador Clientes perdidos final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Clientes perdidos final	80.80	17.70	2.91	31.00	121.00	145

Resultados del indicador Clientes perdidos final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Clientes perdidos final	82.9	19.3	13.8	59	115	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x) = C = 83.000$
H1: $E(x) \neq C \neq 83.000$

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x) = 80.80$
 $C = 83$
 $s(n) = 17.7$
 $n = 145$
 $t_0 = -1.49669537$

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha = 5.0\%$

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x) - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$$

t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0 = -1.4967 \in RA$ se acepta H0:
y se rechaza H1:

F. Costo de Oportunidad

Resultados del indicador Costo de Oportunidad final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Costo de oportunidad	4280.0	958.0	157.0	1730.0	6860.0	145

Resultados del indicador Costo de Oportunidad Desechados Final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Costo de oportunidad	4230.0	919.0	211.0	1930.0	6330.0	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x) = C = 4231.000$
 H1: $E(x) \neq C = 4231.000$

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha = 5.0\%$

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(X) - C}{\frac{s(\bar{n})}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°4: "Regla de Decisión"



PasoN°5: "Cálculos"

$E(x) = 4280$
 $C = 4231$
 $s(\bar{n}) = 958$
 $n = 145$
 $t_0 = 0.61590619$

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t₀ debe caer en la región de aceptación



Dado que $t_0 = 0.6159 \in RA$ se acepta H0: y se rechaza H1:

G. Tiempo de espera de etiquetado

Resultados del indicador Tiempo de Espera de Etiquetado para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Tiempo de espera de etiquetado	151.0	51.8	8.5	18.8	325.0	145

Resultados del indicador Tiempo de Espera de Etiquetado para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Tiempo de espera de etiquetado	155.0	45.9	32.8	95.8	262.0	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 156.000
H1: $E(x) \neq C \neq$ 156.000

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 151
 $C=$ 156
 $s(n)=$ 51.8
 $n=$ 145
 $t_0=$ -1.16231608

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{\bar{X} - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



H. Longitud de cola etiquetado

Resultados del indicador Longitud de cola de etiquetado para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Longitud de cola de etiquetado	0.084	0.0	0.0	0.0	0.3	145

Resultados del indicador Longitud de cola de etiquetado para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Longitud de cola de etiquetado	0.081	0.0	0.0	0.0	0.2	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 0.085
H1: $E(x) \neq C \neq$ 0.085

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 0.08
 $C=$ 0.085
 $s(n)=$ 0.0475
 $n=$ 145
 $t_0=$ -0.30420871

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(X)-C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$$

t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0 = -0.3042 \in RA$ se acepta H0:
y se rechaza H1:

I. Lotes desechados final

Resultados del indicador Lotes desechados final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Lotes desechados final	2.1	1.3	0.2	0.0	6.0	145

Resultados del indicador Lotes desechados final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
		DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.
Lotes desechados final	2.1	1.3	0.3	0.0	6.0	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 2.000

H1: $E(x) \neq C \neq$ 2.000

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 2.14

$C=$ 2

$s(n)=$ 1.29

$n=$ 145

$t_0=$ 1.30683972

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x) - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$$

t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0 = 1.3068 \in RA$ se acepta H_0 ; y se rechaza H_1 :

J. Lotes reprocesados

Resultados del indicador Lotes reprocesados final para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Lotes reprocesados final	6.6	3.4	0.6	0.0	19.0	145

Resultados del indicador Lotes reprocesados final para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Lotes reprocesados final	6.7	3.0	2.2	3.0	11.0	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 7.000
H1: $E(x) \neq C \neq$ 7.000

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(X)-C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°4: "Regla de Decisión"



PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 6.63
 $C=$ 7
 $s(n)=$ 3.41
 $n=$ 145
 $t_0=$ -1.30656598

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
 t_0 debe caer en la región de aceptación



Dado que $t_0 = -1.3066 \in RA$ se acepta H_0 :
y se rechaza H_1 :

K. Tiempo de espera pasteurizado

Resultados del indicador Tiempo de espera pasteurizado para 145 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Tiempo de espera pasteurizado	461.0	135.0	22.2	51.5	927.0	145

Resultados del indicador Tiempo de espera pasteurizado para 10 réplicas						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Tiempo de espera pasteurizado	441.0	74.4	53.2	317.0	570.0	10

PasoN°1: "Definir las Hipótesis"

H0: $E(x)=C=$ 440.000
H1: $E(x) \neq C \neq$ 440.000

PasoN°5: "Cálculos"

$E(x)=$ 461.00
 $C=$ 440
 $s(n)=$ 135
 $n=$ 145
 $t_0=$ 1.87313693

PasoN°2: "Nivel de Significancia"

$\alpha=$ 5.0%

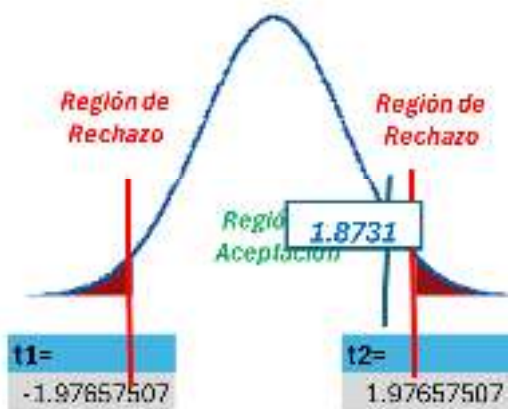
PasoN°3: "Estadística"

$$t_0 = \frac{E(x) - C}{\frac{s(n)}{\sqrt{n}}} \sim t(5\%, 145)$$

PasoN°6: "Decisión"

$|t_0| < t_{1-\alpha/2, n-1}$
t₀ debe caer en la región de aceptación

PasoN°4: "Regla de Decisión"



Dado que $t_0=1.8731 \in RA$ se acepta H0: y se rechaza H1:

Anexo 5. Simulación de pasteurizadora

A. Una máquina

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	64
Cantidad de productos desechados	1
Clientes atendidos	46
Clientes perdidos	90
Lotes reprocesados	5
Cantidad de bolsas a reetiquetar	4
Lotes desechados	1

B. Dos máquinas

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	80
Cantidad de productos desechados	1
Clientes atendidos	56
Clientes perdidos	76
Lotes reprocesados	4
Cantidad de bolsas a reetiquetar	1
Lotes desechados	3

C. Tres máquinas

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	128
Cantidad de productos desechados	0
Clientes atendidos	71

Clientes perdidos	61
Lotes reprocesados	11
Cantidad de bolsas a reetiquetar	1
Lotes desechados	4

D. Cuatro máquinas

Indicador	Cantidad
Cantidad de cajas enviadas a almacén	108
Cantidad de productos desechados	0
Clientes atendidos	72
Clientes perdidos	68
Lotes reprocesados	8
Cantidad de bolsas a reetiquetar	0
Lotes desechados	3

Comparación de Pasteurizadoras Analizadas

Criterio de comparación	Autoclave seleccionado (COMAP–KELING / JAMPAR)	ATTSU Klaus – Autoclave alimentario	Systec D-Serie
Marca / procedencia	COMAP – KELING (distribución JAMPAR Perú)	ATTSU Klaus (España)	Systec GmbH & Co. KG (Alemania)
Tipo de equipo	Autoclave industrial horizontal semiautomático	Autoclave industrial de esterilización, pasteurización y cocción	Autoclave horizontal de mesa
Enfoque principal	Pasteurización productiva de alimentos	Procesos térmicos alimentarios multipropósito	Esterilización de laboratorio
Sector objetivo	Industria alimentaria – planta productiva	Industria alimentaria	Laboratorio, investigación, control de calidad
Capacidad útil	250 litros	160 litros en versión eléctrica básica; mayores capacidades en modelos especiales	Hasta 200 litros máximo
Adecuación al volumen del proceso	Alta, alineada a lotes de mermelada	Media–alta, depende del modelo	Limitada, orientada a cargas pequeñas
Configuración	Horizontal, carga frontal	Horizontal industrial	Horizontal de mesa
Rango operativo requerido	90–95 °C (pasteurización)	Pasteurización y esterilización (P0 / F0)	Esterilización hasta 140 °C
Temperatura máxima	133 °C	Superior a 133 °C	140 °C
Sistema de calentamiento	Vapor de agua controlado	Vapor directo, indirecto o resistencias eléctricas	Resistencias eléctricas internas
Sistema de control	Panel eléctrico con PLC	Pantalla táctil + SCADA	Microprocesador con LCD
Rampas térmicas ajustables	Sí, adaptadas al producto	Sí	No orientadas a alimentos
Preservación de propiedades del producto	Alta, operación en rangos moderados	Alta, pero con mayor complejidad	No prioritaria
Facilidad de operación en planta	Alta, orientada a operarios de producción	Media–alta	Media
Integración al flujo productivo	Alta, trabajo en paralelo con otra línea	Alta, pero con mayor exigencia técnica	Baja, equipo independiente
Impacto en el cuello de botella	Elimina el cuello de botella	Reduce parcialmente	No aplicable
Costo–beneficio para mermeladas	Óptimo, sin funciones innecesarias	Alto, por sobredimensionamiento	Alto, por enfoque de laboratorio
Disponibilidad local y soporte	Alta, proveedor nacional	Soporte internacional	Soporte internacional
Alineación con objetivos del proyecto	Muy alta	Alta	Baja

Anexo 6. Detalle de mejoras

A. Aplicación de SMED para pasteurizado

Con base en la observación realizada en campo y las mejoras desarrolladas, se observó que se pueden mejorar los siguientes tiempos, parte de la actividad de pasteurizado:

Nº	Actividad principal	Actividad eliminada o reducida	Tiempo eliminado (min)
1	Revisión general del autoclave	Volver a revisar válvulas que ya estaban correctas	2
		Buscar visualmente puntos de revisión sin un orden fijo	3
Subtotal actividad 1			5
2	Limpieza interna	Lavar nuevamente zonas que ya estaban limpias	5
		Caminar para buscar paños, mangueras o detergentes	3
		Repetir pasos por no seguir un orden definido	2
Subtotal actividad 2			10
3	Traslado de tinas	Esperar a que encuentren las tinas	4
		Hacer recorridos adicionales dentro del área	3
		Mover nuevamente las tinas por mala ubicación inicial	3
Subtotal actividad 3			10
4	Conexión de líneas de vapor	Ajustar varias veces las conexiones	3
		Revisar fugas luego de conectar incorrectamente	2
		Acomodar mangueras por falta de marcas claras	2
Subtotal actividad 4			7
5	Carga de tinas	Intentar varias veces centrar las tinas	5
		Ajustar la posición por no tener guías	3
		Pausas para verificar si la tina está bien colocada	2
Subtotal actividad 5			10
6	Cierre y ajuste de puertas	Volver a cerrar la puerta por mala alineación	1
		Ajustar la puerta por falta de lubricación	1
Subtotal actividad 6			2
7	Programación del ciclo	Ingresar los mismos datos más de una vez	3
		Corregir datos mal ingresados	2
		Revisar parámetros por no tener programas guardados	2
Subtotal actividad 7			7
8	Calentamiento inicial	Esperar a que el equipo caliente desde frío	6
		Retraso por encender tarde el sistema de calor	4
Subtotal actividad 8			10
9	Registro del lote	Escribir varias veces los mismos datos	1
		Corregir errores al llenar el formato	1
Subtotal actividad 9			2
10	Búsqueda de formatos	Ir a buscar los formatos físicos	4
		Revisar varios documentos hasta encontrar el correcto	4
		Esperar a que los formatos estén disponibles	2
Subtotal actividad 10			10
TOTAL TIEMPO ELIMINADO			73 in

B. Aplicación de SMED para cocción

Con base en la observación realizada en campo y las mejoras desarrolladas, se observó que se pueden mejorar los siguientes tiempos, parte de la actividad de cocción:

Nº	Actividad principal	Actividad eliminada o reducida	Tiempo eliminado (min)
1	Revisión del tachó y válvulas	Volver a revisar válvulas que ya estaban en buen estado	1
		Buscar visualmente puntos de revisión sin checklist	1
Subtotal actividad 1			2
2	Limpieza rápida del tachó	Repetir limpieza en zonas ya limpias	2
		Caminar para buscar paños o herramientas	2
Subtotal actividad 2			4
3	Traslado de papaya picada	Esperar a que traigan la materia prima	1
		Caminar hasta el área de preparación para recogerla	1
Subtotal actividad 3			2
4	Preparación de insumos	Pesar azúcar y aditivos durante la parada del proceso	1
		Buscar recipientes o utensilios para dosificar	1
Subtotal actividad 4			2
5	Carga del producto al tachó	Levantar y vaciar manualmente la papaya en varios intentos	2
		Pausas por esfuerzo físico y mala posición de carga	2
Subtotal actividad 5			4
6	Acomodar tapa y asegurar cierres	Ajustar varias veces los seguros por fricción	1
Subtotal actividad 6			1
7	Configuración del ciclo	Ingresar parámetros manualmente	1
		Corregir valores mal seleccionados	1
Subtotal actividad 7			2
8	Precalentamiento del tachó	Esperar que el equipo caliente desde frío	1
		Retraso por encender tarde el sistema	1
Subtotal actividad 8			2
9	Registro del lote	Escribir datos repetidos en el formato	1
Subtotal actividad 9			1
10	Búsqueda de utensilios	Buscar cucharones, espátulas o recipientes	2
Subtotal actividad 10			2
TOTAL TIEMPO ELIMINADO			21 in

C. Aplicación de Kanban

Con base en la observación realizada en campo y las mejoras desarrolladas, se observó que se pueden mejorar los siguientes tiempos:

Proceso	Esperas eliminadas o reducidas con Kanban	Tiempo eliminado (min)
Pasteurizado	Espera de tinas provenientes de cocción cuando el autoclave aún está ocupado	12
	Acumulación de lotes en zona intermedia sin señal de disponibilidad	10
	Tiempo muerto por reordenar tinas que llegaron antes de turno	8
	Demoras por coordinación manual entre cocción y pasteurizado	5
Subtotal Pasteurizado		35
Cocción a Pasteurizado	Espera mientras se define qué tina pasa primero	4
	Reacomodo físico de tinas por falta de prioridad clara	3
	Tiempo muerto hasta recibir indicación del siguiente proceso	3
Subtotal Cocción a Pasteurizado		10
Llenado, pesado y sellado	Paradas cortas por falta de bolsas de empaque	6
	Espera por reposición tardía de tapas o insumos	5
	Ajustes y pausas mientras se coordina abastecimiento	4
Subtotal Llenado, pesado y sellado		15
Etiquetado y perforado	Acumulación de lotes sin orden visible de atención	8
	Espera por saturación temporal del puesto de trabajo	7
	Tiempo muerto mientras se libera espacio para nuevo lote	5
Subtotal Etiquetado y perforado		20
TOTAL REDUCCIÓN DE TIEMPO DE ESPERA		80 min

Anexo 7. Perfil de los capacitadores

A. Capacitador PHVA

Descripción	Detalle
Denominación del servicio	Servicio de capacitación en Ciclo PHVA
Tipo de vínculo	Servicio profesional por horas
Objetivo del servicio	Brindar capacitación al personal operativo en la aplicación del ciclo PHVA para la mejora continua del proceso productivo
Formación académica mínima del capacitador	Ingeniero Industrial o carrera afín
Experiencia mínima requerida	Mínimo tres años de experiencia en implementación de mejora continua en procesos productivos
Alcance del servicio	Capacitación teórica y práctica del ciclo PHVA
	Orientación en el uso de checklists y estandarización operativa
Conocimientos requeridos	Ciclo PHVA, estandarización de procesos, control de indicadores, mejora continua
Habilidades requeridas	Comunicación clara, enfoque práctico, capacidad de transferencia de conocimientos
Duración del servicio	8 horas
Modalidad	Presencial
Entregable del servicio	Personal capacitado en la aplicación del ciclo PHVA en planta

B. Capacitador SMED

Ítem	Descripción
Denominación del servicio	Servicio de capacitación especializada en Metodología SMED
Tipo de vínculo	Servicio profesional por horas
Objetivo del servicio	Capacitar al personal en la reducción de tiempos de preparación y cambio de proceso mediante la metodología SMED
Formación académica mínima del capacitador	Ingeniero Industrial, Mecánico o carrera afín
Experiencia mínima requerida	Mínimo tres años de experiencia en aplicación de SMED en procesos productivos
Alcance del servicio	Capacitación en principios y etapas de la metodología SMED
	Identificación de actividades internas y externas
	Uso de herramientas SMED y setup sheets
Conocimientos requeridos	Metodología SMED, análisis de tiempos, ergonomía básica, mejora de procesos
Habilidades requeridas	Capacidad analítica, orientación a resultados, enseñanza práctica
Duración del servicio	8 horas
Modalidad	Presencial
Entregable del servicio	Reducción sustentada de tiempos de preparación del proceso

C. Capacitador Kanban

Ítem	Descripción
Denominación del servicio	Servicio de capacitación en Kanban digital
Tipo de vínculo	Servicio profesional por horas
Objetivo del servicio	Capacitar al personal en la aplicación del sistema Kanban digital para el control visual del flujo productivo
Formación académica mínima del capacitador	Ingeniero Industrial o carrera afín
Experiencia mínima requerida	Mínimo tres años de experiencia en implementación de Kanban o sistemas de control visual
Alcance del servicio	Capacitación en fundamentos del sistema Kanban
	Uso de tableros Kanban digitales
	Control del trabajo en proceso y flujo jalado
Conocimientos requeridos	Kanban, control visual, gestión de inventarios, flujo productivo
Habilidades requeridas	Capacidad de explicación simple, enfoque visual, trabajo colaborativo
Duración del servicio	6 horas
Modalidad	Presencial
Entregable del servicio	Flujo productivo regulado y reducción de tiempos de espera

Anexo 8. Observación en Planta





Anexo 9. Análisis de Rachas Aleatoriedad – Run Test

Se aplicó la prueba de rachas de aleatoriedad (Runs Test) a las series de tiempos registradas con el propósito de evaluar la aleatoriedad de las observaciones, evidenciándose que en las variables analizadas se obtuvieron valores p superiores a 0.05, lo que indica que dichas secuencias no presentan patrones sistemáticos y, por tanto, pueden considerarse aleatorias.

Variable	Z	p-valor	Conclusión
Y1	-1.22	0.2223	Aleatoria
Y2	-1.04	0.2960	Aleatoria
Y3	0.74	0.4573	Aleatoria
Y5	0.54	0.5916	Aleatoria
Y6	0.82	0.4144	Aleatoria
Y7	-0.62	0.5320	Aleatoria
Y8	-0.82	0.4122	Aleatoria
Y9	1.55	0.1211	Aleatoria
Y10	-0.66	0.5106	Aleatoria
Y11	-1.04	0.2960	Aleatoria
Y12	-0.45	0.6512	Aleatoria
Y13	0.00	1.0000	Aleatoria
Y14	0.74	0.4573	Aleatoria
Y15	-0.72	0.4678	Aleatoria
Y16	-0.79	0.4310	Aleatoria
Y17	1.24	0.2133	Aleatoria
Y18	-1.22	0.2223	Aleatoria
X2	-0.62	0.5320	Aleatoria
Y19	-0.70	0.4860	Aleatoria

Anexo 10. Resultados de Opquest de Mejoras

A. Propuesta 1

Classical C.I. Intervals Summary						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	SUMMER OF OBS.
Cantidad bolsas reestreguetar final	0.876	1.03	0.17	0	6	145
Cajas enviadas final	114	81.3	9.42	30	264	145
Cantidad productos desechados final	0.469	0.667	0.111	0	5	145
Cientes atendidos final	70.2	26.4	4.01	25	133	145
Cientes perdidos final	69.7	26.6	4.21	2	122	145
Lotes desechados final	2.01	1.34	0.221	0	7	145
Lotes reprocessados final	0.83	4.5	0.708	0	28	145

Estos resultados alimentaron a la tabla 47, que permitió analizar si existieron mejoras significativas.

B. Propuesta 2

Classical C.I. Intervals Summary						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	SUMMER OF OBS.
Cantidad bolsas reestreguetar final	4.27	2.68	0.439	0	17	145
Cajas enviadas final	79.3	34.3	5.57	16	220	145
Cantidad productos desechados final	2.03	1.19	0.195	0	5	145
Cientes atendidos final	84.3	17.9	2.94	34	134	145
Cientes perdidos final	82.3	18.5	3.1	5	123	145
Lotes desechados final	2.07	1.26	0.206	0	5	145
Lotes reprocessados final	6.4	3.68	0.537	0	18	145

Estos resultados alimentaron a la tabla 53, que permitió analizar si existieron mejoras significativas.

C. Propuesta 3

Classical C.I. Intervals Summary						
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	SUMMER OF OBS.
Cantidad bolsas reestreguetar final	4.3	2.53	0.416	0	14	145
Cajas enviadas final	77.8	33.6	5.61	20	180	145
Cantidad productos desechados final	2.41	1.33	0.219	0	6	145
Cientes atendidos final	83.2	16.6	2.72	25	99	145
Cientes perdidos final	83.2	17.5	2.95	30	118	145
Lotes desechados final	2.09	1.19	0.195	0	5	145
Lotes reprocessados final	6.23	3.1	0.542	0	16	145

Estos resultados alimentaron a la tabla 55, que permitió analizar si existieron mejoras significativas.

D. Propuesta de Mejoras en Conjunto

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	2.980 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Cantidad bolsas reestreguetar final	0.717	0.55	0.144	0	2	145
Cajas enviadas final	180	45.2	10.7	20	328	145
Cantidad productos desechados final	0.372	0.565	0.0927	0	2	145
Clientes atendidos final	103	27.4	4.49	26	147	145
Clientes perdidos final	32.3	27.1	4.95	0	118	145
Lotes desechados final	0.469	0.705	0.116	0	4	145
Lotes reprocesados final	1.73	1.3	0.314	0	6	145

Estos resultados alimentaron a la tabla 58, que permitió analizar si existieron mejoras significativas.



Anexo 11. Validación de redistribución de planta

A. Fórmulas

Superficie total (St).

Corresponde al área necesaria para desarrollar una actividad segura, es la sumatoria de todas las áreas.

$$St = N(Ses + Sg + Sev)$$

Superficie estática (Ses).

Es el área correspondiente a máquinas e instalaciones.

$$Ss = L \times A$$

Superficie de gravitación (Sg).

Es el área que rodea el puesto de trabajo por el obrero y por el material acumulado para la transformación. Donde N es el número de lados.

$$Sg = Ss \times N$$

Superficie de evolución (Sev).

Es el área que se designa para el desplazamiento de operarios para mantenimiento.

$$Sev = (Ss + Sg)(K)$$

Coefficiente constante (K).

Coefficiente que toma valores desde 0.05 a 3 dependiendo de la producción de la empresa.

Valores del coeficiente K

Tipos de actividades productivas	k
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 0,1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

B. Modelo actual

AGENTE	n(Nro Equipos-maq)	N (Nro. De Lados)	l (Largo)	h (Altura)	a (ancho)	Ss (largox ancho)	Sg (Ssx N)	H_d	H_n	Se (Ss+Sg)k	St (unidad de maq)	St (total)
PULPEADORA	1.00	4.00	0.71	1.01	0.42	0.30	1.19	0.30	0.30	1.32	2.81	2.81
PAILA INDUSTRIAL	1.00	3.00	1.24	1.04	1.35	1.67	5.02	1.74	1.67	5.92	12.62	12.62
LAVADEROS INDUSTRIALES	2.00	1.00	1.20	0.90	0.60	0.72	0.72	1.30	1.44	1.27	2.71	5.43
BANCOS DE PLASTICO	6.00	2.00	0.36	0.47	0.36	0.13	0.26	0.37	0.78	0.34	0.73	4.40
MESA ACERO INOXIDABLE	2.00	1.00	1.50	0.80	0.60	0.90	0.90	1.44	1.80	1.59	3.39	6.78
CARRITO ACERO INOXIDABLE	2.00	3.00	0.85	0.94	0.60	0.51	1.53	0.96	1.02	1.80	3.84	7.69
ESTANTE METÁLICO	1.00	1.00	1.10	1.92	0.50	0.55	0.55	1.06	0.55	0.97	2.07	2.07
LAVADORES	10.00	2.00	0.31	0.80	0.31	0.10	0.19	0.77	0.96	0.25	0.54	5.43
MESA ACERO INOXIDABLE	2.00	1.00	1.80	0.80	0.31	0.56	0.56	0.89	1.12	0.99	2.10	4.21
BALDES INDUSTRIALES	1.00	2.00	0.31	0.40	0.33	0.10	0.20	0.04	0.10	0.27	0.58	0.58
AUTOCLAVE INDUSTRIAL	1.00	1.00	0.45	1.55	0.82	0.37	0.37	0.57	0.37	0.65	1.39	1.39
OPERARIOS	4.00			1.65		0.50	0.00	3.30	2.00	0.44	0.94	3.77
								9.43	10.11		32.79	57.16 M²

Calculo Hee y hEM

H_EM	1.65
h_EE	0.93
$k(H_{EM}/2 \cdot h_{EE})$	
k=	0.8841



C. Modelo Propuesto

AGENTE	n(Nro Equipos-maq)	N (Nro. De Lados)	l (Largo)	h (Altura)	a (ancho)	Ss (largox ancho)	Sg (Ssx N)	H_d	H_n	Se (Ss+Sg)k	St (unidad de maq)	St (total)
PULPEADORA	1.00	4.00	0.71	1.01	0.42	0.30	1.19	0.30	0.30	1.26	2.75	2.75
PAILA INDUSTRIAL	1.00	3.00	1.24	1.04	1.35	1.67	5.02	1.74	1.67	5.67	12.36	12.36
LAVADEROS INDUSTRIALES	2.00	1.00	1.20	0.90	0.60	0.72	0.72	1.30	1.44	1.22	2.66	5.32
BANCOS DE PLASTICO	6.00	2.00	0.36	0.47	0.36	0.13	0.26	0.37	0.78	0.33	0.72	4.31
MESA ACERO INOXIDABLE	2.00	1.00	1.50	0.80	0.60	0.90	0.90	1.44	1.80	1.52	3.32	6.65
CARRITO ACERO INOXIDABLE	2.00	3.00	0.85	0.94	0.60	0.51	1.53	0.96	1.02	1.73	3.77	7.53
ESTANTE METÁLICO	1.00	1.00	1.10	1.92	0.50	0.55	0.55	1.06	0.55	0.93	2.03	2.03
LAVADORES	10.00	2.00	0.31	0.80	0.31	0.10	0.19	0.77	0.96	0.24	0.53	5.32
MESA ACERO INOXIDABLE	2.00	1.00	1.80	0.80	0.31	0.56	0.56	0.89	1.12	0.94	2.06	4.12
BALDES INDUSTRIALES	1.00	2.00	0.31	0.40	0.33	0.10	0.20	0.04	0.10	0.26	0.57	0.57
AUTOCLAVE INDUSTRIAL	1.00	1.00	0.45	1.55	0.82	0.37	0.37	0.57	0.37	0.62	1.36	1.36
AUTOCLAVE INDUSTRIAL (NUEVA)	2.00	1.00	0.50	1.60	0.67	0.34	0.34	1.07	0.67	0.57	1.24	2.47
OPERARIOS	4.00			1.65		0.50	0.00	3.30	2.00	0.42	0.92	3.69
								10.50	10.78		33.37	58.5 M²

Calculo Hee y hEM

H_EM	1.65
h_EE	0.97
$k(H_{EM}/2 \cdot h_{EE})$	
k=	0.8465



Dado que la planta cuenta con una extensión de 63m² se valida que la redistribución calza en la misma.

Anexo 12. Pronóstico de la demanda con Crystal Ball

Seleccionar la ubicación de las series de datos

Ubicación de la serie de datos:

Orientación:

Datos en filas

Datos en columnas

Encabezados:

La fila superior tiene encabezados

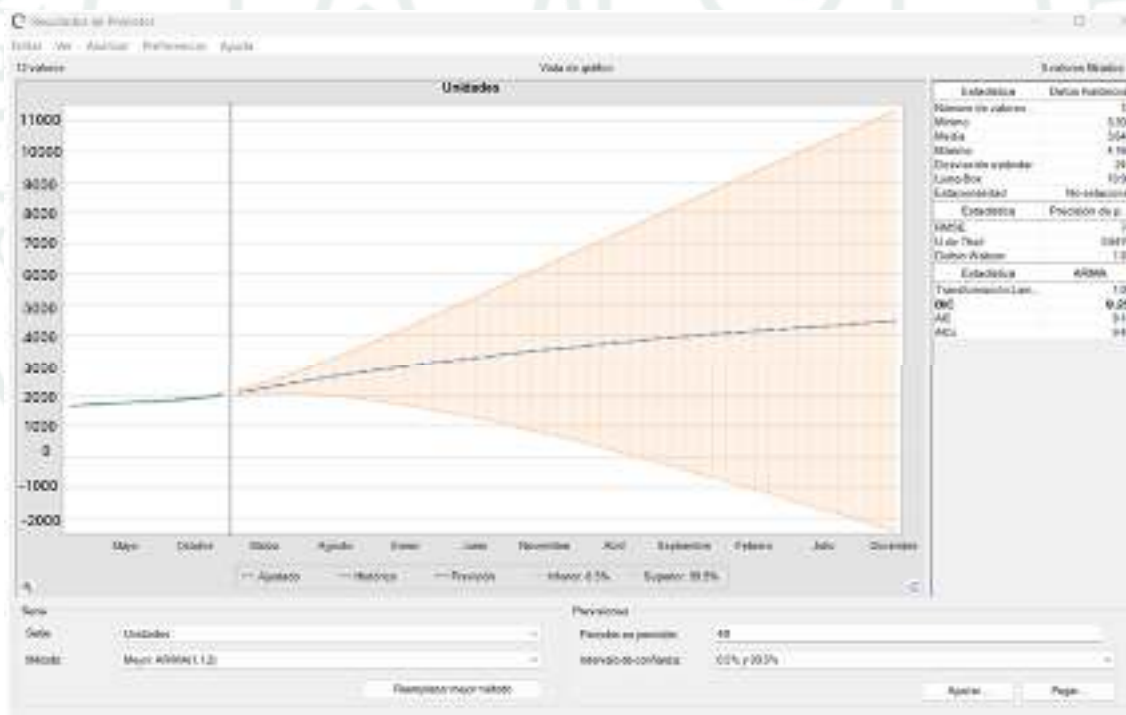
La columna izquierda tiene fechas

Serie de datos 1

Fila de datos 12

	A	B
1	Mes	Unidades
2	Enero	3,300
3	Febrero	3,420
4	Marzo	3,380
5	Abril	3,500
6	Mayo	3,560
7	Junio	3,620
8	Julio	3,590
9	Agosto	3,710
10	Septiembre	3,780
11	Octubre	3,860
12	Noviembre	3,890
13	Diciembre	4,165

Botones:



Pronóstico realizado por Crystal Ball

Mes	Unidades
Enero	3,300
Febrero	3,420
Marzo	3,380
Abril	3,500
Mayo	3,560
Junio	3,620
Julio	3,590
Agosto	3,710
Septiembre	3,780
Octubre	3,860
Noviembre	3,890
Diciembre	4,166
Enero	3,650
Febrero	3,700
Marzo	3,620
Abril	3,750
Mayo	3,800
Junio	3,720
Julio	3,850
Agosto	3,900
Septiembre	3,820
Octubre	3,950
Noviembre	4,000
Diciembre	3,920
Enero	3,700
Febrero	3,750
Marzo	3,680
Abril	3,800
Mayo	3,850
Junio	3,780
Julio	3,900
Agosto	3,950
Septiembre	3,880
Octubre	4,000
Noviembre	4,050
Diciembre	3,980
Enero	3,750
Febrero	3,800
Marzo	3,720
Abril	3,850
Mayo	3,900
Junio	3,820
Julio	3,950

Agosto	4,000
Septiembre	3,920
Octubre	4,050
Noviembre	4,100
Diciembre	4,020
Enero	3,800
Febrero	3,850
Marzo	3,780
Abril	3,900
Mayo	3,950
Junio	3,880
Julio	4,000
Agosto	4,050
Septiembre	3,980
Octubre	4,100
Noviembre	4,200
Diciembre	4,150

Proyección de ingresos

Para la demanda, se consideró las unidades proyectadas por Crystal Ball para 60 meses (5 años), considerando que el precio inicia en S/.6.10 y cada año incrementa en 2.2% de acuerdo a la inflación.

Datos	Unidades	Precio	Ingresos
Año 1	43,776	6.1	S/ 267,033.60
Año 2	45,680	6.2	S/ 284,778.26
Año 3	46,320	6.4	S/ 295,121.04
Año 4	46,880	6.5	S/ 305,260.16
Año 5	47,640	6.7	S/ 317,033.51