

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Tesis para optar al título de Ingeniería Industrial

Línea de investigación: Industria, Arquitectura y Medio Ambiente

Línea específica de investigación: Gestión de la Calidad y Productividad

Propuesta de mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación.

AUTOR(ES)

Delgado-Hernández, Mariangel Isabel

Loáisiga-Orozco, Oscar Adrián

Membreño-Urey, Alejandra Lorena

Managua, Nicaragua

2026

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Tesis para optar al título de Ingeniería Industrial

Línea de investigación: Industria, Arquitectura y Medio Ambiente
Línea específica de investigación: Gestión de la Calidad y Productividad

*Propuesta de mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento
de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez
mediante modelado de simulación y tecnificación.*

AUTOR(ES)

Delgado-Hernández, Mariangel Isabel
Loáisiga-Orozco, Oscar Adrián
Membreño-Urey, Alejandra Lorena

TUTOR CIENTÍFICO Y METODOLÓGICO

Julio Alfonso Baltodano Gutiérrez
Docente Investigador
<https://orcid.org/0009-0006-9714-0860>

Managua, Nicaragua

2026

CARTA AVAL TUTOR

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico y metodológico, certifico que el proyecto titulado:

Propuesta de mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación.

Realizado por Delgado-Hernández, Mariangel Isabel; Loáisiga-Orozco, Oscar Adrián; Membreño-Urey, Alejandra Lorena, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su proyecto de graduación para optar al título de Ingeniería Industrial.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a las y los egresados, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 04 de agosto de 2026.

Atentamente,

Julio Alfonso Baltodano Gutiérrez
Docente Investigador
jbaltodano8@unica.edu.ni

Dedicatoria

A Dios y a la virgen María Auxiliadora, porque en cada etapa de este camino me brindaron fortaleza, sabiduría y la oportunidad de culminar esta carrera. Su guía y amor me permitieron seguir adelante aun en los momentos más difíciles.

A mi mamá, por ser mi mayor apoyo, mi ejemplo de perseverancia y la persona que ha estado a mi lado en cada paso de este proceso. Gracias por creer en mí, impulsarme a seguir adelante y acompañarme incondicionalmente en el cumplimiento de este sueño.

Mariangel Delgado

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza para no rendirme a lo largo de este camino.

A mi mamá, por su amor, apoyo incondicional y por ser mi mayor inspiración para alcanzar esta meta.

Asimismo, dedico este trabajo a todas las niñas y mujeres del mundo que, por diferentes motivos sociales y familiares, no han podido iniciar o culminar sus estudios. Que este logro represente un mensaje de esperanza y motivación para seguir luchando por sus sueños.

Alejandra Membreño

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi mamá, a mis abuelos y a Bayardo, quienes han creído en mí incluso más de lo que yo misma lo he hecho. Su confianza, apoyo y palabras de aliento fueron fundamentales para alcanzar esta meta. A Snow, mi compañero incondicional durante toda mi vida universitaria, por acompañarme desde el primer año de carrera y permanecer a mi lado durante largas jornadas de estudio, trabajos y desvelos.

Al ingeniero Freddy Cárdenas, por su constante apoyo a lo largo de mi formación académica, por su compromiso con el desarrollo integral de sus estudiantes y por enseñarnos que la excelencia se construye con disciplina, dedicación y voluntad, dejando siempre de lado las excusas.

A mi increíble equipo de trabajo y estudio, con quienes compartí incontables horas de esfuerzo, aprendizaje y dedicación. Su compromiso y amistad hicieron de este recorrido una experiencia más enriquecedora y llevadera. Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional durante esta etapa, les agradezco profundamente por formar parte de este logro.

Mariangel Delgado

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen, quienes me brindaron la fortaleza para seguir adelante y la esperanza necesaria para no renunciar a mis sueños.

Asimismo, expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Freddy, quien nos dio la valiosa oportunidad de desarrollar nuestra tesis en Panadería Gámez, así como por su apoyo durante este proceso.

De igual manera, agradezco profundamente a mi mamá, por su apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera universitaria hasta el último día, siendo un pilar fundamental en cada paso de este camino.

Finalmente, agradezco a mi sobrina, quien siempre creyó en mí y me motivó a seguir adelante.

Alejandra Membreño

En primer lugar, agradezco siempre a mi padre, que es la persona que me aconseja y sé que me seguirá acompañando en cada paso que dé, como siempre lo ha hecho en cada etapa de mi vida.

Agradezco de igual manera a mis hermanos, a mi mamá y a mi abuelita, por ser pilares fundamentales de mi desarrollo estudiantil y profesional, pues son mi motor y el motivo por el que doy cada paso en la vida.

Y asimismo, agradezco a mi novia, por siempre estar dispuesta a escucharme y ser mi mano derecha en este trayecto.

Adrián Loáisiga

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una propuesta de mejora para el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez, orientada a fortalecer la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria mediante modelado de simulación y tecnificación. El marco referencial abordó conceptos relacionados con tiempos de ciclo, utilización de recursos, simulación de eventos discretos, automatización e inocuidad alimentaria en la industria panificadora. Metodológicamente, se desarrolló un estudio cuantitativo, aplicado, descriptivo y propositivo, utilizando observación directa, estudios de tiempo y análisis estadístico para caracterizar el proceso.

El contexto organizacional evidenció que Panadería Gámez es una empresa semiindustrial con oportunidades de mejora en las etapas de enfriamiento, corte y empaque. Mediante el software Arena se construyó y validó un modelo de simulación que permitió identificar el enfriamiento como el principal cuello de botella del sistema. Posteriormente se evaluaron distintos escenarios de tecnificación mediante la incorporación de una enfriadora industrial, una cortadora y una empacadora automática. Los resultados demostraron incrementos significativos en la capacidad productiva, reducción de tiempos de proceso y disminución de la manipulación directa del producto. Finalmente, la propuesta seleccionada resultó técnica y económicamente viable, fortaleciendo la productividad, la calidad y las condiciones de inocuidad alimentaria, contribuyendo al crecimiento sostenible y competitivo de Panadería Gámez.

Palabras claves

Simulación de eventos discretos, Eficiencia operativa, Inocuidad alimentaria, Tecnificación de procesos, Mejora de procesos productivos, Industria panificadora

Abstract

The objective of this research was to design a proposal to improve the post-baking process for cakes at Panadería Gámez, aimed at enhancing operational efficiency and food safety through simulation modeling and technological upgrades. The theoretical framework addressed concepts related to cycle times, resource utilization, discrete-event simulation, automation, and food safety in the baking industry. Methodologically, a quantitative, applied, descriptive, and propositional study was conducted, using direct observation, time studies, and statistical analysis to characterize the process.

The organizational context revealed that Panadería Gámez is a semi-industrial company with opportunities for improvement in the cooling, slicing, and packaging stages. Using Arena software, a simulation model was built and validated, which identified cooling as the system's main bottleneck. Subsequently, various modernization scenarios were evaluated by incorporating an industrial chiller, a slicer, and an automatic packaging machine. The results demonstrated significant increases in production capacity, reduced processing times, and a decrease in direct product handling. Ultimately, the selected proposal proved to be technically and economically viable, enhancing productivity, quality, and food safety standards, and contributing to the sustainable and competitive growth of Panadería Gámez.

Keywords

Discrete-Event Simulation, Operational Efficiency, Food Safety, Process Modernization, Production Process Improvement, Bakery Industry

Índice de Contenidos

I.	Introducción.....	12
II.	Objetivos	14
2.1.	Objetivo general	14
2.2.	Objetivos específicos	14
III.	Marco referencial.....	15
3.1.	Tiempo de ciclo.....	16
3.2.	Utilización de recursos	19
3.3.	Inocuidad del producto	23
IV.	Marco Metodológico	26
4.1.	Enfoque y Tipo de Investigación.....	26
4.2.	Unidad de Análisis y Delimitación del Sistema.....	28
4.3.	Técnicas de Recolección y Análisis de Datos	30
V.	Contexto organizacional.....	34
5.1.	Característica General de la Organización	34
5.2.	Análisis del entorno organizacional.....	38
5.3.	Procesos principales del sistema	52
5.4.	Diagnóstico Técnico-Operativo	55
VI.	Simulación.....	62
6.1.	Definición del Problema	62
6.2.	Presentación de Datos.....	63
6.3.	Construcción y Programación.....	68
6.4.	Validación	73
6.5.	Experimentación (Análisis de Escenarios)	74
6.5.1.	Escenario 1: Situación actual de Panadería Gámez.....	75
6.5.2.	Escenario 2: Incorporación de una enfriadora industrial.....	77

6.5.3. Escenario 3: Incorporación de enfriadora, cortadora y empacadora automática
81

VII. Propuesta de Mejora	86
7.1. Evaluación Financiera	86
7.2. Impacto Operativo y en el Cliente	91
7.3. Toma de Decisiones y Recomendaciones.....	98
VIII. Conclusiones	101
IX. Referencias	103
X. Apéndices	105
XI. Anexos.....	115

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables e Instrumento de Recolección.....	31
Tabla 2 Análisis Estadístico de los Datos	32
Tabla 3 Análisis de Factores del Entorno	39
Tabla 4 Identificación de Amenazas y Debilidades	41
Tabla 5 Síntesis de Fuerzas de Porter aplicadas a Panadería Gámez	43
Tabla 6 Amenazas y Oportunidades Derivadas de Porter.....	44
Tabla 7 Fortalezas y debilidades derivadas de la Cadena de Valor.....	47
Tabla 8 Fortalezas principales	48
Tabla 9 Debilidades Principales.....	48
Tabla 10 Herramientas Utilizadas para FODA	49
Tabla 11 Fortalezas y Oportunidades.....	49
Tabla 12 Debilidades y Amenazas	50
Tabla 13 Estrategias derivadas del análisis FODA	51
Tabla 14 Condiciones de Control Preventivo de Inocuidad Alimentaria Identificadas en el Proceso Post-horneado	58
Tabla 15 Cuadro de Indicadores Clave (KPI).....	59
Tabla 16 Estadísticos Descriptivos del Proceso de Enfriamiento.....	64
Tabla 17 Estadísticos Descriptivos de las Actividades de Empacado.....	66
Tabla 18 Comparación de Tiempos Promedio por Rack	67
Tabla 19 Distribuciones Probabilísticas Incorporadas al Modelo de Simulación.....	69
Tabla 20 Comparación Sistema Real vs Simulación	74
Tabla 21 Resumen de Resultado Obtenidos en los Escenarios.....	75
Tabla 22 Datos Escenario 1	77
Tabla 23 Datos Escenario 2	81
Tabla 24 Datos Resumen de Escenario 3	85
Tabla 25 Inversión de Equipos.....	87
Tabla 26 Comparación de los Principales Beneficios de Inocuidad Alimentaria	93
Tabla 27 Comparación de Resultados Operativos de los Escenarios Simulados	95

Tabla 28 Síntesis de los Beneficios sobre la Productividad, la Inocuidad Alimentaria y el Servicio al Cliente	97
Tabla 29 Plan de Implementación	100
Tabla 30 Instrumento de Recolección de Datos Empacado.....	105
Tabla 31 Instrumento de Recolección de Datos Enfriado	106
Tabla 32 Ficha Técnica Transportador Espiral de Enfriamiento.....	115
Tabla 33 Ficha Técnica Empacadora Horizontal Automática Tipo Flow Pack	116
Tabla 34 Ficha Técnica Cortadora de Prensa Artesanal	117

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de Panadería Gámez.....	37
Figura 2 Cadena de Valor Aplicada a Panadería Gámez.....	45
Figura 3 Flujo Operativo de la Etapa de Producción de Tortas	53
Figura 4 Flujo Operativo del Procesos Posteriores al Horneado.....	54
Figura 5 Simulación Actual de Panadería Gámez	76
Figura 6 Simulación Incorporación de una Enfriadora Industrial.....	80
Figura 7 Simulación Incorporación de Enfriadora, Cortadora y Empacadora Automática	84
Figura 8 Flujo de Efectivo Proyectado	88
Figura 9 Indicadores de Viabilidad con Flujos Futuros.....	89
Figura 10 Distribución de Enfriamiento Sugerida por Input Analyzer	107
Figura 11 Distribución de Enfriamiento Utilizada	107
Figura 12 Distribución de Extraer torta de la columna Sugerida por Input Analyzer y Utilizada	108
Figura 13 Distribución de Posicionar torta Sugerida por Input Analyzer y Utilizada	108
Figura 14 Distribución de Cortar torta Sugerida por Input Analyzer	109
Figura 15 Distribución de Cortar torta Utilizada	109
Figura 16 Distribución de Abrir bolsa Sugerida por Input Analyzer	110
Figura 17 Distribución de Abrir Bolsa Utilizada.....	110

Figura 18	Distribución de Introducir torta Sugerida por Input Analyzer	111
Figura 19	Distribución de Introducir torta Utilizada	111
Figura 20	Distribución de Hacer nudo Sugerida por Input Analyzer	112
Figura 21	Distribución de Hacer Nudo Utilizada	112
Figura 22	Distribución de Pegar etiqueta Sugerida por Input Analyzer	113
Figura 23	Distribución de Pegar etiqueta Utilizada	113
Figura 24	Distribución de Acomodar paquete en la cajilla Sugerida por Input Analyzer y Utilizada	114
Figura 25	Enfriadora en espiral propuesta para el proceso post-horneado de tortas	118
Figura 26	Empacadora automática tipo pillow pack propuesta para el proceso de empaque	118
Figura 27	Diseño conceptual de cortadora artesanal para torta de 24 porciones	119

I. Introducción

En un entorno empresarial cada vez más competitivo, las organizaciones buscan incrementar su productividad, mejorar la calidad de sus productos y optimizar el uso de sus recursos mediante la implementación de herramientas que permitan analizar y evaluar el desempeño de sus procesos antes de realizar cambios en la operación real. En este contexto, la simulación de eventos discretos se ha consolidado como una de las metodologías más utilizadas en el ámbito de la ingeniería industrial para estudiar sistemas productivos complejos, identificar restricciones operativas, evaluar alternativas de mejora y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia. Su principal ventaja radica en la posibilidad de representar el comportamiento dinámico de un sistema y analizar diferentes escenarios sin afectar la operación real ni incurrir en riesgos asociados a la implementación inmediata de cambios.

Diversos estudios han demostrado la utilidad de la simulación para la identificación de cuellos de botella, la optimización de recursos, la reducción de tiempos de ciclo y el incremento de la capacidad productiva en sistemas manufactureros y de servicios. Gracias a los avances tecnológicos y al desarrollo de software especializado, la modelación y simulación se han convertido en herramientas fundamentales para el diseño, análisis y mejora continua de procesos, permitiendo a las organizaciones evaluar el impacto técnico, operativo y económico de diferentes alternativas antes de su ejecución.

La presente investigación se desarrolló en Panadería Gámez, empresa nicaragüense dedicada a la elaboración y comercialización de productos de panificación. Como parte del análisis realizado, se identificó que el proceso post-horneado de tortas presenta limitaciones operativas asociadas principalmente al tiempo prolongado de enfriamiento y a las actividades manuales de corte y empaque. Estas condiciones generan acumulación de producto en proceso, incrementan el tiempo total de producción, limitan la capacidad de respuesta ante la demanda y exponen el producto a mayores niveles de manipulación y contacto con el ambiente, aspectos que pueden afectar tanto la eficiencia operativa como las condiciones de inocuidad alimentaria.

Ante esta situación, surge la necesidad de evaluar alternativas que permitan optimizar el proceso post-horneado mediante la incorporación de tecnologías que reduzcan los tiempos de operación y mejoren el flujo productivo. Debido a la inversión requerida y a la importancia de

tomar decisiones fundamentadas, se empleó la simulación de eventos discretos como herramienta para representar el comportamiento actual del sistema, validar su desempeño y analizar distintos escenarios de mejora antes de su implementación.

El objetivo general de esta investigación fue proponer una mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación. Para alcanzar este propósito se plantearon como objetivos específicos: diagnosticar el proceso actual e identificar sus principales restricciones operativas; evaluar las condiciones que afectan la eficiencia operativa y la inocuidad alimentaria; desarrollar y validar un modelo de simulación que represente el comportamiento del sistema; y analizar diferentes escenarios de mejora para determinar la alternativa técnica y económicamente más conveniente para la organización.

La investigación se delimitó al proceso post-horneado de tortas de Panadería Gámez, comprendiendo las operaciones de enfriamiento, corte, empaque y acondicionamiento del producto terminado. El estudio se enfocó en la evaluación de alternativas de tecnificación relacionadas con la incorporación de una enfriadora industrial, una cortadora de tortas y una empacadora automática, considerando tanto su impacto operativo como su viabilidad económica. No se incluyeron modificaciones en las etapas previas de mezclado, horneado o formulación del producto.

El presente informe se encuentra estructurado en ocho capítulos. En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación de la investigación. El segundo capítulo desarrolla el marco referencial que sustenta los conceptos relacionados con simulación, eficiencia operativa, inocuidad alimentaria y mejora de procesos. El tercer capítulo describe la metodología empleada para el desarrollo del estudio. El cuarto capítulo presenta el diagnóstico y caracterización del proceso actual. El quinto capítulo aborda la construcción, programación y validación del modelo de simulación. El sexto capítulo expone los escenarios de experimentación y sus resultados. El séptimo capítulo presenta la propuesta de mejora, la evaluación financiera y el análisis de impactos. Finalmente, el octavo capítulo reúne las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las condiciones actuales del proceso post-horneado mediante tiempos del subproceso y utilización de recursos.
- Identificar las condiciones de control preventivo de inocuidad alimentaria presentes en el proceso post-horneado de tortas.
- Modelar el proceso productivo post-horneado de tortas en el software de simulación Arena, representando el flujo de materiales, recursos y tiempos del sistema.
- Proponer una mejora del proceso post-horneado de tortas orientada a fortalecer la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez.

III. Marco referencial

El presente capítulo tiene como finalidad establecer las bases teóricas y conceptuales que sustentan el desarrollo de la investigación, mediante la revisión de literatura relacionada con simulación de sistemas, modelación computacional y herramientas aplicadas al análisis y mejora de procesos productivos. Asimismo, se abordan fundamentos asociados a la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria dentro de procesos de producción panificadora, con énfasis en las operaciones posteriores al horneado.

En este sentido, el marco referencial integra investigaciones y antecedentes vinculados con el análisis de tiempos de ciclo, utilización de recursos, automatización parcial y control preventivo de inocuidad en sistemas productivos. De igual manera, se incluyen estudios relacionados con simulación de procesos mediante herramientas computacionales, especialmente el uso de software de simulación orientado a evaluar escenarios de mejora, identificar restricciones operativas y optimizar el comportamiento de los sistemas de producción.

Dentro de la revisión teórica se consideran conceptos relacionados con simulación de eventos discretos, modelado computacional, análisis de tiempos, utilización de recursos, eficiencia operativa y optimización de procesos. Estos elementos permiten comprender el comportamiento dinámico del proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez y facilitan el desarrollo de propuestas de mejora sustentadas técnicamente. Además, el análisis del flujo operativo permitirá identificar cuellos de botella, tiempos improductivos y restricciones que afectan el desempeño del sistema productivo.

Por otra parte, el marco referencial incorpora fundamentos asociados a la inocuidad alimentaria y Buenas Prácticas de Manufactura, considerando que el proceso post-horneado representa una etapa crítica dentro de la producción panificadora debido a la exposición del producto durante actividades como enfriado, empaclado y etiquetado. En este contexto, se analizan investigaciones relacionadas con contaminación microbiológica, manipulación de alimentos y control higiénico-sanitario en procesos posteriores al horneado, permitiendo

sustentar la importancia de fortalecer las condiciones preventivas de inocuidad dentro del sistema productivo.

De igual manera, la revisión bibliográfica incluye antecedentes relacionados con automatización y tecnificación en la industria panificadora, particularmente en procesos de final de línea como manejo de bandejas, enfriado, empaque y etiquetado. Estas investigaciones evidencian cómo la incorporación de tecnologías automáticas y semiautomáticas puede contribuir a reducir tiempos improductivos, optimizar la utilización de recursos y fortalecer la eficiencia operativa sin reemplazar completamente la participación del recurso humano.

En consecuencia, el marco referencial permite contextualizar el enfoque adoptado en la presente investigación, proporcionando sustento teórico para el análisis del proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación. Asimismo, este apartado facilita la comprensión de las variables estudiadas y de los elementos metodológicos necesarios para evaluar alternativas de mejora orientadas al fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria dentro del sistema productivo.

3.1. Tiempo de ciclo

Castro Aburto et al. (2024), en la investigación titulada *Propuesta de mejora para el proceso de producción de calzado aplicando la metodología DMAIC en el taller de Calzado Levi ubicado en el departamento de Masaya*, desarrollaron un estudio orientado al mejoramiento del proceso productivo en un taller dedicado a la fabricación de calzado de cuero bajo un sistema Make To Order (MTO). La investigación identificó oportunidades de mejora relacionadas con el control de inventarios, planificación de compras, organización del área de trabajo y definición de tiempos estándar dentro del proceso de producción. Asimismo, el estudio se enfocó en analizar el flujo operativo mediante herramientas de mejora continua, permitiendo identificar tiempos improductivos y limitaciones que afectaban el desempeño del sistema productivo.

De igual manera, los autores destacan que la aplicación de metodologías orientadas al análisis de procesos contribuye a optimizar el flujo de producción, reducir tiempos de espera y

fortalecer la eficiencia operativa dentro de las actividades manufactureras. En este sentido, la investigación permitió establecer parámetros para la organización de operaciones y el análisis de tiempos de producción, facilitando la identificación de oportunidades de mejora en el taller estudiado (Castro Aburto et al., 2024).

En relación con la presente investigación, este antecedente resulta relevante debido a que ambas propuestas consideran el estudio de tiempos como una herramienta fundamental para analizar el comportamiento de los procesos productivos. Aunque el trabajo desarrollado por Castro Aburto et al. (2024) se realizó en la industria del calzado y bajo la metodología DMAIC, sus aportes metodológicos guardan relación con el análisis que se desarrollará en Panadería Gámez, particularmente en el proceso post-horneado de tortas.

En este contexto, la presente investigación busca evaluar tiempos de ciclo, utilización de recursos y flujo operativo mediante modelado de simulación en Arena, con el propósito de identificar posibles rutas críticas, tiempos improductivos y restricciones que puedan afectar la eficiencia operativa del sistema. Por consiguiente, el estudio consultado constituye una referencia metodológica importante para el desarrollo de los estudios de tiempo y análisis del comportamiento del proceso productivo dentro de Panadería Gámez.

Por otra parte, Rodríguez Gálvez (2025), en la investigación titulada *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para optimizar los procesos productivos de helado de yogur en la Asociación Beky de la provincia de Chota, año 2024*, desarrolló un estudio orientado a optimizar los procesos productivos mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing, específicamente 5S, Kanban, SMED y TPM. La investigación fue desarrollada bajo un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental de tipo antes-después, comparando indicadores de desempeño previos y posteriores a la intervención. Asimismo, el análisis estadístico se realizó mediante el software Minitab 21, utilizando pruebas t pareadas y ANOVA de un factor para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Como resultado, el estudio evidenció mejoras significativas en la eficiencia operativa, incrementando este indicador del 87.8 % al 97.8 %, además de reducir las mermas del 12 % al 2

% y aumentar la productividad del sistema. De igual manera, se observaron mejoras en la calidad del producto, particularmente en aspectos relacionados con textura, consistencia y conformidad con especificaciones. A partir de ello, el autor concluye que la aplicación de herramientas Lean Manufacturing permitió optimizar los procesos productivos mediante la reducción de desperdicios, el fortalecimiento de la calidad y el incremento de la sostenibilidad económica de la organización (Rodríguez Gálvez, 2025).

En relación con la presente investigación, este antecedente resulta relevante debido a que uno de los aspectos principales abordados en el estudio corresponde a la reducción de tiempos improductivos dentro del sistema productivo. En el caso de Panadería Gámez, los tiempos de ciclo representan una variable fundamental para analizar el comportamiento del proceso post-horneado de tortas, permitiendo identificar cuánto tiempo requiere cada etapa operativa, desde el enfriado hasta el empaclado y etiquetado del producto terminado.

En este sentido, la presente investigación utilizará el análisis de tiempos y el modelado de simulación en Arena para evaluar el flujo operativo, detectar posibles restricciones y determinar oportunidades de mejora orientadas al fortalecimiento de la eficiencia operativa. Por consiguiente, el estudio desarrollado por Rodríguez Gálvez (2025) constituye un antecedente metodológico importante, debido a que demuestra cómo la optimización de operaciones y la reducción de tiempos improductivos pueden contribuir significativamente al mejoramiento del desempeño productivo.

De manera complementaria, Briceño Jaramillo (2023), en la investigación titulada *Propuesta de mejora en la gestión de producción para aumentar la productividad de una empresa panificadora, Trujillo 2022*, desarrolló un estudio orientado a determinar cómo una propuesta de mejora en la gestión de producción puede influir en la productividad dentro de una empresa panificadora. La investigación identificó como principales causas de la baja productividad la falta de stock de materia prima, deficiencias en la planificación de la producción, desorden y limpieza inadecuada en el almacén de producción, así como insuficiente capacitación del personal, factores que ocasionaban pérdidas económicas significativas para la empresa.

En respuesta a estas problemáticas, se aplicaron herramientas de Ingeniería Industrial como EOQ, MRP, 5S y programas de capacitación, logrando mejoras importantes en la gestión operativa y beneficios económicos para la organización. Asimismo, la evaluación económica demostró la viabilidad de las propuestas implementadas, obteniendo indicadores favorables como un VAN positivo, una TIR del 78.4 %, una relación beneficio-costos de 1.5 y un periodo de recuperación de la inversión inferior a un año (Briceño Jaramillo, 2023).

En relación con la presente investigación, este antecedente guarda estrecha relación debido a que evidencia cómo una gestión deficiente de la producción puede afectar directamente la productividad y los tiempos de ciclo dentro de una empresa panificadora. En el caso de Panadería Gámez, el estudio se enfoca en el proceso post-horneado de tortas, donde existen etapas que requieren pocos minutos y otras que demandan varias horas, especialmente durante el enfriado y empaclado del producto.

En este contexto, la presente investigación busca analizar los tiempos de ciclo mediante modelado de simulación en Arena, con el propósito de identificar restricciones operativas, tiempos de espera y posibles oportunidades de mejora orientadas a fortalecer la eficiencia operativa. Por consiguiente, el trabajo desarrollado por Briceño Jaramillo (2023) constituye un antecedente relevante, ya que demuestra la importancia de una adecuada planificación y gestión de producción para reducir tiempos improductivos y optimizar el flujo dentro de procesos panificadores.

3.2. Utilización de recursos

Sierra Suárez y López Sarmiento (2025), en el estudio titulado *Consultoría: Análisis de producción de pan perro y hamburguesa por medio de simulación en la empresa Panadería Tejaditos Duque*, desarrollaron una consultoría orientada a proponer mejoras en el proceso productivo mediante herramientas de simulación. La investigación se enfocó en analizar las distintas etapas de producción de pan perro y pan hamburguesa, evaluando variables relacionadas con tiempos de ciclo, capacidad diaria, utilización de operarios y retrasos dentro del

sistema productivo. Asimismo, mediante modelado y análisis de escenarios, los autores lograron identificar cuellos de botella, desperdicios y tiempos de espera que afectaban la eficiencia operativa de la panadería.

De igual manera, el estudio permitió detectar problemas asociados a la subutilización de ciertos recursos y sobrecarga laboral en operarios clave, especialmente en etapas críticas del proceso como el modelado del pan. A partir de ello, se realizaron diferentes experimentos relacionados con redistribución de tareas, ajustes en tiempos de producción y aumento de operarios, obteniendo mejoras significativas en la capacidad de producción y reducción de tiempos muertos. Además, se plantearon recomendaciones vinculadas con mantenimiento preventivo, fortalecimiento de la gestión de inventarios y capacitación del personal, orientadas a maximizar la productividad y mejorar el desempeño operativo del sistema productivo (Sierra Suárez & López Sarmiento, 2025).

En relación con la presente investigación, este antecedente resulta relevante debido a que ambos estudios utilizan herramientas de simulación para analizar el comportamiento de procesos panificadores y evaluar oportunidades de mejora dentro de las operaciones productivas. En el caso de Panadería Gámez, la investigación se enfoca en el proceso post-horneado de tortas, particularmente en etapas como enfriado, empackado y etiquetado, donde la utilización de recursos representa una variable clave para el fortalecimiento de la eficiencia operativa.

En este contexto, la presente investigación busca analizar la utilización de operarios, racks y tiempos del sistema mediante modelado de simulación en Arena, con el propósito de identificar restricciones operativas, tiempos muertos y posibles oportunidades de mejora orientadas a optimizar el flujo del proceso post-horneado. Asimismo, la reducción del tiempo de enfriado permitiría disminuir acumulaciones de producto, mejorar el aprovechamiento de recursos y aumentar la capacidad de respuesta de la empresa frente a la demanda. Por consiguiente, el estudio desarrollado por Sierra Suárez y López Sarmiento (2025) constituye un antecedente metodológico importante para el análisis de utilización de recursos y evaluación de escenarios de mejora dentro de Panadería Gámez.

Por otra parte, el artículo *Automation's promise falters as skills gap hits bakeries hard* (2026) expone cómo la automatización se ha convertido en una alternativa estratégica para mejorar la eficiencia operativa dentro de la industria panificadora, especialmente en procesos de final de línea como empaque, paletizado, manipulación de bandejas y manejo de productos terminados. El documento señala que la incorporación de tecnologías automatizadas en estas etapas permite reducir costos laborales, disminuir índices de error y optimizar el flujo operativo, contribuyendo a mantener la continuidad de las líneas de producción incluso ante limitaciones de mano de obra.

Asimismo, el artículo destaca que muchas panaderías conocen cuáles son sus principales cuellos de botella dentro del proceso productivo; sin embargo, frecuentemente enfrentan dificultades relacionadas con la evaluación técnica y económica de las alternativas de automatización, así como con la selección de tecnologías adecuadas para sus necesidades operativas. En este sentido, se resalta que la automatización no necesariamente implica la eliminación total del recurso humano, sino la redistribución de funciones hacia actividades de mayor valor agregado y supervisión del proceso (*Automation's promise falters as skills gap hits bakeries hard*, 2026).

En relación con la presente investigación, este antecedente guarda estrecha relación debido a que el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez contempla operaciones manuales como enfriado, manejo de racks, empackado y etiquetado, donde la utilización de recursos representa un aspecto clave para el fortalecimiento de la eficiencia operativa. Actualmente, dichas actividades requieren una importante participación manual, generando tiempos prolongados de espera y acumulación de producto durante ciertas etapas del flujo productivo.

En este contexto, la presente investigación busca evaluar alternativas de automatización parcial mediante modelado de simulación en Arena, con el propósito de optimizar la utilización de recursos dentro del proceso post-horneado. De igual manera, el estudio coincide con lo planteado en el artículo, ya que no se pretende reemplazar completamente al personal operativo, sino reducir la carga manual en actividades repetitivas y fortalecer el desempeño del

sistema mediante tecnologías que permitan mejorar tiempos de proceso, reducir errores y facilitar las operaciones de supervisión, control de calidad y manipulación del producto terminado. Por consiguiente, este antecedente respalda técnicamente la incorporación de herramientas de automatización parcial orientadas a mejorar la eficiencia operativa en Panadería Gámez.

De manera complementaria, Business Wire (2024), en el artículo *Bakery Processing Equipment Market Overview 2024-2030*, expone cómo la industria panificadora ha incrementado la implementación de equipos automáticos y semiautomáticos con el propósito de mejorar la eficiencia productiva frente al aumento de costos laborales, energéticos y de materias primas. El documento señala que las empresas panificadoras están priorizando la modernización de sus instalaciones mediante la incorporación de tecnologías de procesamiento que permitan aumentar la productividad, reducir desperdicios y fortalecer la rentabilidad de sus operaciones.

Asimismo, el artículo destaca que los equipos automáticos contribuyen a disminuir la intervención manual y reducir errores humanos dentro del proceso productivo, especialmente en operaciones repetitivas y de alta demanda. No obstante, también se menciona que muchas empresas optan por sistemas semiautomáticos debido a su mayor flexibilidad operativa y menor costo de implementación, permitiendo optimizar procesos sin eliminar completamente la participación del recurso humano. En consecuencia, el estudio evidencia que la automatización parcial representa una alternativa viable para fortalecer la eficiencia operativa y mejorar el aprovechamiento de recursos dentro de la industria panificadora (Business Wire, 2024).

En relación con la presente investigación, este antecedente se vincula directamente con la variable utilización de recursos, debido a que el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez contempla actividades manuales como enfriado, manipulación de racks, empackado y etiquetado, donde actualmente existe una alta participación del personal operativo. Estas condiciones pueden generar tiempos muertos, acumulación de producto y limitaciones en la capacidad de respuesta del sistema productivo.

En este sentido, la presente investigación busca evaluar alternativas de tecnificación mediante modelado de simulación en Arena, con el propósito de analizar cómo la incorporación de equipos semiautomáticos podría mejorar la utilización de recursos, reducir tiempos improductivos y optimizar el flujo operativo del proceso post-horneado. De igual manera, el estudio coincide con lo planteado por Business Wire (2024), ya que la propuesta no pretende sustituir totalmente la mano de obra, sino fortalecer el desempeño operativo mediante automatización parcial, permitiendo reducir la carga manual, mejorar la precisión de las operaciones y aumentar la productividad dentro de Panadería Gámez.

3.3. Inocuidad del producto

Vermelho et al. (2024), en el artículo titulado *Microbial Preservation and Contamination Control in the Baking Industry*, analizan los principales riesgos de contaminación microbiológica presentes en la industria panificadora y las medidas necesarias para preservar la inocuidad de los productos horneados. El estudio señala que durante el horneado las altas temperaturas eliminan eficazmente la mayoría de los microorganismos presentes en la masa, permitiendo que el producto salga del horno en condiciones microbiológicamente seguras. Sin embargo, los autores destacan que la contaminación puede producirse posteriormente en distintas etapas del proceso productivo, particularmente durante el enfriamiento, corte, transporte y envasado del producto.

Asimismo, el artículo expone que los manipuladores también pueden convertirse en una fuente potencial de contaminación microbiológica, debido al contacto directo con el producto terminado durante las operaciones posteriores al horneado. En este sentido, la investigación resalta la importancia de fortalecer las medidas de control higiénico-sanitario y reducir las fuentes de contaminación ambiental durante las etapas finales del proceso panificador, especialmente en actividades relacionadas con manipulación, empaque y almacenamiento del producto (Vermelho et al., 2024).

En relación con la presente investigación, este antecedente guarda estrecha relación con la variable inocuidad del producto, debido a que el proceso post-horneado de tortas en Panadería

Gámez contempla actividades como enfriado, empackado y etiquetado, donde el producto permanece expuesto al ambiente antes de convertirse en producto terminado. Actualmente, las tortas se enfrían a temperatura ambiente durante varias horas, condición que incrementa el tiempo de exposición y la interacción con manipuladores, superficies y factores ambientales.

En este contexto, la investigación desarrollada por Vermelho et al. (2024) permite fundamentar técnicamente la importancia del proceso post-horneado como una etapa crítica dentro de la producción panificadora. De igual manera, el estudio respalda la necesidad de evaluar alternativas de mejora orientadas a reducir la exposición ambiental y fortalecer el control preventivo de inocuidad mediante automatización parcial y optimización del flujo operativo. Por consiguiente, este antecedente contribuye directamente a justificar la propuesta de mejora planteada para Panadería Gámez, enfocada en el fortalecimiento de la inocuidad alimentaria durante las operaciones posteriores al horneado.

Por otra parte, Calderón y Almendra (2023), en la investigación titulada *Propuesta de Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control para asegurar la inocuidad de los productos de la panadería Productos Artesanales de Panificación EIRL*, desarrollaron una propuesta orientada a elaborar un manual de Buenas Prácticas de Manufactura y analizar los peligros presentes en las materias primas y operaciones de producción de pan labranza, pan molde blanco y pan molde multigranos. Para ello, realizaron un diagnóstico inicial que permitió conocer el nivel de cumplimiento de las BPM dentro de la empresa, así como el grado de conocimiento de estas prácticas por parte de los operarios y jefes de área.

Asimismo, el estudio utilizó una ficha de inspección sanitaria para evaluar cualitativamente las condiciones de la panadería, tomando como referencia normas peruanas relacionadas con la vigilancia, control, fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería. A través de la observación directa y el diálogo con el personal, los autores lograron comprender las etapas del proceso productivo, identificar hallazgos relevantes que afectaban el cumplimiento de las BPM y proponer acciones correctivas orientadas a fortalecer la inocuidad de los productos (Calderón & Almendra, 2023).

En relación con la presente investigación, este antecedente resulta relevante porque aporta una base metodológica para evaluar condiciones de inocuidad en una empresa panificadora. En el caso de Panadería Gámez, el proceso post-horneado de tortas incluye actividades como enfriado, empaçado y etiquetado, donde el producto permanece expuesto al ambiente y puede entrar en contacto con manipuladores, superficies o materiales de empaque. Por ello, la revisión de BPM permite identificar condiciones preventivas necesarias para reducir riesgos durante esta etapa.

De igual manera, el estudio destaca la importancia de incluir información adecuada en las etiquetas, ya que estas permiten brindar al consumidor datos relevantes sobre el producto que va a consumir. Además, resalta el riesgo asociado al empaque manual cuando no se utilizan las protecciones necesarias para la manipulación, debido a que puede generarse contaminación directa del alimento. En este sentido, la investigación respalda la propuesta de mejora en Panadería Gámez, orientada a fortalecer la inocuidad del producto mediante la reducción de la exposición ambiental, la mejora del flujo post-horneado y la posible incorporación de tecnologías que disminuyan la manipulación directa durante el empaçado.

IV. Marco Metodológico

El presente capítulo describe el diseño metodológico que orienta el desarrollo de la investigación, estableciendo los procedimientos científicos y técnicos que permitirán analizar el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez. La metodología constituye la base para la obtención, organización y análisis de la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados, garantizando coherencia entre el problema de investigación, las variables de estudio y la propuesta de mejora.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque orientado al análisis de sistemas productivos mediante herramientas de simulación, considerando que este tipo de investigaciones en el área de Ingeniería Industrial requieren modelar procesos reales para evaluar su comportamiento y proponer alternativas de optimización. En este sentido, la investigación se enfoca en el subproceso post-horneado, comprendido desde la salida del producto del horno hasta su conversión en producto terminado, incluyendo las etapas de enfriado, corte, empacado y etiquetado.

Asimismo, el marco metodológico contempla la definición del enfoque y tipo de investigación, la delimitación del sistema objeto de estudio, las variables que influyen en el desempeño del proceso y las técnicas de recolección y análisis de datos utilizadas para la construcción del modelo de simulación. Lo anterior permitirá representar el comportamiento actual del sistema, identificar oportunidades de mejora y evaluar alternativas orientadas al fortalecimiento de la eficiencia operativa, calidad e inocuidad alimentaria mediante automatización parcial y mejoras en el flujo del proceso.

4.1. Enfoque y Tipo de Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, debido a que el estudio requiere medir, representar y analizar el comportamiento del proceso post-horneado de Panadería Gámez mediante datos numéricos asociados a tiempos de proceso, tiempos de espera,

utilización de recursos, niveles de producción e indicadores de desempeño. Este enfoque resulta pertinente porque el propósito del proyecto es identificar cuellos de botella operativos y evaluar alternativas de mejora mediante un modelo de simulación, lo cual exige trabajar con variables medibles que permitan representar el funcionamiento real del sistema productivo.

El enfoque cuantitativo se vincula directamente con el modelado de sistemas en ingeniería, ya que permite describir procesos reales mediante variables, relaciones matemáticas y herramientas computacionales. En este sentido, el modelado cuantitativo ha evolucionado hacia el uso intensivo de datos y modelos digitales capaces de representar sistemas reales con mayor precisión, lo cual fortalece la toma de decisiones en sistemas productivos dinámicos (Li et al., 2022). Esta perspectiva se relaciona con el presente estudio, debido a que Panadería Gámez se encuentra en un proceso de digitalización y mejora continua, por lo que el levantamiento de datos del proceso permitirá construir un modelo que refleje el comportamiento actual de la operación.

Asimismo, la investigación se apoya en la simulación de procesos como herramienta principal de análisis, ya que permite experimentar con el sistema sin intervenir directamente la operación real de la panadería. Esto es especialmente importante porque el proceso post-horneado involucra actividades críticas relacionadas con enfriamiento, manipulación, empaque e inocuidad alimentaria. La simulación permite representar sistemas de ingeniería y evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones, facilitando el análisis de escenarios sin necesidad de modificar físicamente el sistema (Wagg y Worden, 2020). En este proyecto, dicha herramienta permitirá comparar la situación actual con posibles mejoras orientadas a reducir acumulaciones, tiempos de espera y restricciones operativas.

En cuanto al tipo de investigación, el estudio se clasifica como aplicado, debido a que busca atender una problemática concreta dentro de Panadería Gámez, la necesidad de reducir cuellos de botella, mejorar el flujo post-horneado y fortalecer la inocuidad. No se pretende únicamente generar conocimiento teórico, sino formular una propuesta de mejora técnicamente sustentada que pueda ser utilizada por la empresa para optimizar su sistema productivo.

Además, la investigación tiene un alcance descriptivo, ya que inicialmente se caracteriza el comportamiento actual del proceso, identificando sus recursos, tiempos, restricciones, condiciones de trabajo y principales factores que afectan el desempeño operativo. Esta descripción es necesaria para comprender cómo funciona el sistema antes de construir el modelo de simulación y plantear alternativas de mejora. Los modelos deben apoyarse en datos empíricos y en procesos de validación que permitan comprobar su correspondencia con la realidad (Huldt y Stenius, 2019). Por tanto, en esta investigación, la descripción del proceso y el levantamiento de datos constituyen la base para validar que el modelo represente adecuadamente el comportamiento operativo de la panadería.

Finalmente, el estudio posee una finalidad propositiva, porque a partir del diagnóstico y de los resultados obtenidos mediante la simulación se formulará una propuesta orientada a mejorar el sistema post-horneado. Esta propuesta buscará reducir los tiempos improductivos y acumulaciones del proceso, mejorar las condiciones de manipulación del producto y fortalecer la inocuidad alimentaria. Por tanto, la investigación puede definirse como un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con alcance descriptivo y finalidad propositiva, apoyado en la simulación de procesos como herramienta de análisis y evaluación de escenarios de mejora.

4.2. Unidad de Análisis y Delimitación del Sistema

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde al subproceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez, ubicada en El Viejo, Chinandega. Dicho subproceso comprende el conjunto de actividades realizadas desde la salida del producto del horno hasta su conversión en producto terminado listo para la venta y distribución. Este sistema representa una etapa crítica dentro del flujo productivo, debido a que involucra operaciones relacionadas con el enfriado, manipulación, corte, empackado y etiquetado de productos alimenticios, donde influyen factores asociados a la eficiencia operativa, calidad e inocuidad alimentaria.

El sistema objeto de estudio estará delimitado específicamente a las operaciones posteriores al horneado, incluyendo el enfriado al ambiente, el corte del producto cuando

aplique, el empaçado, etiquetado y disposición final para despacho. Asimismo, se considerará la interacción entre los operarios, el uso de recursos físicos y las condiciones ambientales que inciden en el desempeño del proceso, tales como temperatura, humedad y tiempo de exposición del producto antes del empaque.

Dentro del sistema modelado se incorporarán los recursos humanos asignados al área post-horneado, los equipos y herramientas utilizados en las actividades de enfriado, corte, empaçado y etiquetado, así como los tiempos operativos, capacidades de procesamiento, tiempos de espera y flujo de trabajo entre las diferentes etapas. De igual manera, el modelo considerará posibles alternativas de automatización parcial orientadas a mejorar la eficiencia y reducir la exposición ambiental del producto, tales como la incorporación de sistemas de enfriado asistido, cortadora y empaçadora.

Por otra parte, quedan fuera del alcance de la investigación las etapas previas al horneado, incluyendo formulación, porcionado de ingredientes, batido, llenado de sartenes, decorado y horneado del producto. Asimismo, no se incluirán análisis relacionados con cambios en la formulación, características fisicoquímicas internas del producto, evaluación microbiológica de laboratorio, ni procesos de distribución externa posteriores al despacho.

Las variables críticas consideradas para el análisis y modelado del sistema estarán relacionadas con el desempeño integral del proceso post-horneado, destacando variables de tiempos de ciclo, utilización de recursos e inocuidad alimentaria. Entre las principales variables se incluyen el tiempo de enfriado, tiempo total post-horneado, tiempo de exposición ambiental, utilización de recursos, manipulación del producto y condiciones higiénico-sanitarias del área. Estas variables permitirán evaluar el comportamiento actual del sistema y analizar escenarios de mejora mediante modelado de simulación.

4.3. Técnicas de Recolección y Análisis de Datos

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon técnicas de recolección de datos orientadas a obtener información real y representativa del proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez. En este sentido, se utilizaron principalmente la observación directa en campo, el estudio de tiempos y la revisión de registros operativos del proceso productivo, permitiendo recopilar información relacionada con tiempos de ciclo, utilización de recursos y condiciones operativas presentes durante las etapas de enfriado, empaque y despacho.

La observación directa permitió identificar el comportamiento real de las operaciones, la secuencia de actividades, interacción entre operarios y recursos, así como posibles tiempos muertos, acumulación de producto y restricciones dentro del flujo operativo. Asimismo, esta técnica facilitó la comprensión de las actividades desarrolladas por los operarios durante el proceso post-horneado y permitió reconocer condiciones relacionadas con la inocuidad del producto, especialmente en las etapas donde existe mayor exposición ambiental y manipulación manual.

De igual manera, se aplicó un estudio de tiempos mediante cronometraje continuo sobre las actividades correspondientes al subproceso de empaque y enfriamiento. Para ello, se diseñó un formato de estudio de tiempos que permitió registrar las observaciones realizadas en cada actividad del proceso, incluyendo operaciones como extracción de tortas, posicionamiento, corte, apertura de bolsas, introducción del producto, cierre del empaque, colocación de etiquetas y acomodo en cajillas. Asimismo, se registraron los tiempos correspondientes a la etapa de enfriamiento mediante un formato específico de control operativo. En ambos casos, las observaciones fueron realizadas con un nivel de confianza del 95 %, garantizando representatividad y confiabilidad estadística en los datos recolectados.

Asimismo, se consideró la revisión de registros internos relacionados con tiempos operativos, producción diaria y comportamiento del proceso, los cuales sirvieron como información complementaria para contextualizar el desempeño actual del sistema y fortalecer la construcción del modelo de simulación.

Tabla 1*Operacionalización de Variables e Instrumento de Recolección.*

Variable específica	Indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fuente de datos
Tiempo de ciclo	Tiempo de enfriamiento	Observación directa	Formato de estudio de tiempos	Horas	Área de enfriamiento
	Tiempo de empaque	Estudio de tiempos	Formato de cronometraje	Segundos / minutos	Operarios de empaque
	% reducción del tiempo de ciclo	Simulación y análisis comparativo	Resultados del modelo Arena	Porcentaje (%)	Modelo de simulación
Utilización de recursos	Horas-hombre utilizadas	Registro operativo	Hoja de control operativo	Horas-hombre	Operarios
Inocuidad del producto	Tiempo de exposición al ambiente	Observación directa	Registro de tiempos de exposición	Horas	Área de enfriamiento
	Manipulación del producto	Observación directa	Observación directa	Horas	Operarios

Nota. Elaboración propia

El instrumento principal utilizado para el levantamiento de información fue el formato de estudio de tiempos aplicado al proceso de empaque de tortas. Dicho instrumento permitió registrar un total de 50 observaciones para cada actividad evaluada, garantizando suficiente representatividad estadística para el análisis posterior. Además, el formato incluyó campos relacionados con identificación del proceso, actividad observada, número de observaciones, tiempos registrados y cálculo de promedios operativos.

En relación con el tratamiento estadístico de los datos, se realizó un análisis preliminar orientado a verificar la consistencia y confiabilidad de la información recolectada. Para ello, los datos obtenidos fueron procesados mediante el software Minitab, utilizando análisis estadísticos asociados a distribución normal, estimación de desviación estándar, nivel de confianza e intervalo bilateral.

Asimismo, para cada actividad del proceso de empaque y enfriamiento se trabajó con un nivel de confianza del 95 %, permitiendo evaluar la precisión de las observaciones realizadas. Las actividades analizadas fueron: extraer la torta de la columna, posicionar torta, cortar torta, abrir bolsa, introducir torta, hacer nudo, pegar etiqueta, acomodar paquete en la cajilla y tiempo de enfriamiento. En todos los casos se obtuvo un tamaño de muestra de 50 observaciones, garantizando estabilidad estadística en los resultados.

Tabla 2

Análisis Estadístico de los Datos

Actividad	Tamaño de muestra	Nivel de confianza	Margen de error
Extraer la torta de la columna	50	95 %	0.187740
Posicionar torta	50	95 %	0.140641
Cortar torta	50	95 %	0.256774
Abrir bolsa	50	95 %	0.220587
Introducir torta	50	95 %	0.242308
Hacer nudo	50	95 %	0.190071
Pegar etiqueta	50	95 %	0.281282
Acomodar paquete en la cajilla	50	95 %	0.196897
Tiempo de enfriamiento	18	95 %	0.108622

Nota. Elaboración propia

De igual manera, el análisis permitió calcular márgenes de error para cada actividad evaluada, obteniendo resultados inferiores a una unidad de tiempo, lo cual evidencia un adecuado nivel de precisión en los datos recolectados. Las desviaciones estándar estimadas variaron según la naturaleza de cada operación, reflejando diferencias normales asociadas a actividades manuales dentro del proceso de empaque.

Posteriormente, los datos fueron depurados y organizados para su utilización dentro del modelo de simulación en Arena. Este tratamiento incluyó revisión de consistencia, eliminación de posibles errores de registro y estructuración de tiempos operativos conforme al flujo real del sistema. En consecuencia, el proceso de recolección y análisis estadístico permitió garantizar que

los datos utilizados en la modelación representaran adecuadamente el comportamiento operativo actual del proceso post-horneado en Panadería Gámez.

V. Contexto organizacional

El contexto organizacional permite comprender las condiciones bajo las cuales opera Panadería Gámez, una empresa nicaragüense de origen familiar dedicada a la elaboración y comercialización de productos de panificación. Este apartado tiene como finalidad caracterizar técnicamente a la organización y al sistema productivo seleccionado para el estudio, considerando su sector económico, giro de negocio, estructura operativa, recursos disponibles, procesos principales y dinámica actual de funcionamiento.

Panadería Gámez ha evolucionado desde un modelo de producción empírico y artesanal hacia una operación semiindustrial, incorporando maquinaria, controles de calidad, recetas estandarizadas, registros de producción y herramientas digitales. No obstante, aunque la empresa ha avanzado significativamente en su proceso de modernización, aún enfrenta retos asociados a la eficiencia operativa, la organización del flujo post-horneado, la manipulación del producto, el fortalecimiento de la inocuidad alimentaria y la consistencia de la calidad final.

El análisis de este contexto resulta fundamental para evidenciar la necesidad de aplicar un modelo de simulación, ya que el desempeño del sistema depende de la interacción entre tiempos de proceso, capacidad instalada, disponibilidad de recursos, comportamiento de la demanda, condiciones ambientales y métodos de trabajo. Por tanto, esta sección permite establecer una base descriptiva y técnica para comprender el funcionamiento actual de la panadería, identificar restricciones operativas y justificar el uso de la simulación como herramienta para analizar escenarios de mejora orientados a reducir cuellos de botella, fortalecer la inocuidad e incrementar la calidad del producto terminado.

5.1. Característica General de la Organización

Panadería Gámez es una empresa nicaragüense, clasificada como pequeña empresa, dedicada a la producción y comercialización de productos de panificación. Perteneciente al sector secundario de la economía, específicamente a la industria manufacturera de alimentos, dentro

del subsector de panadería y repostería. Su giro de negocio se basa en la transformación de materias primas como harina, azúcar, margarina, huevos, agua e insumos complementarios en productos horneados destinados al consumo directo, principalmente tortas, rosquillas, productos de harina de maíz, rines y pudines.

La empresa forma parte de un sector relevante para la economía nacional y regional, debido a que la industria alimentaria contribuye al abastecimiento de productos básicos de consumo diario, genera empleo directo e indirecto y dinamiza actividades relacionadas con proveedores, transporte, comercio mayorista, pulperías, cafetines y puntos de venta locales. En Nicaragua, la industria manufacturera registró un crecimiento de 0.5% en 2024, favorecido principalmente por la elaboración de productos alimenticios y textiles, lo que evidencia la importancia de este tipo de actividades dentro del aparato productivo nacional. Asimismo, el PIB nacional creció 3.6 % en 2024, en un contexto de aumento del consumo, inversión y empleo formal, según el Banco Central de Nicaragua.

En el ámbito regional, Panadería Gámez tiene presencia principalmente en el departamento de Chinandega, atendiendo a mayoristas, pulperías, cafetines, vendedores de ruta y clientes particulares. Una de sus plazas más fuertes son Corinto, por su actividad portuaria y tránsito comercial, y la zona norte del departamento, que incluye municipios como Somotillo, Cinco Pinos y Villanueva. Esta cobertura convierte a la empresa en un actor importante dentro del mercado local de productos panaderos, ya que abastece zonas con demanda frecuente y participa en la dinámica comercial del occidente del país.

La orientación institucional de la empresa se expresa en su misión: *Desarrollamos la pasión panadera con felicidad y calidad, pensando en la salud y satisfacción de las partes interesadas*. Esta declaración refleja que la organización no solo busca producir y vender alimentos, sino también entregar productos que generen confianza, bienestar y satisfacción en sus clientes, trabajadores, proveedores y demás grupos relacionados. En este sentido, la salud se asocia con la inocuidad alimentaria, la calidad con la consistencia del producto y la felicidad con la experiencia positiva del consumidor.

De igual forma, su visión establece: *Ser líderes en producción y comercialización de productos panaderos en el occidente del país*. Esta aspiración se relaciona directamente con el crecimiento regional de la empresa, su posicionamiento en Chinandega y su interés por fortalecer la eficiencia operativa, la capacidad de respuesta y la calidad de sus productos. Para alcanzar esta visión, Panadería Gámez ha venido incorporando tecnología semiindustrial, prácticas de estandarización, controles de producción, balanzas digitales, registros de pedidos y mejoras en la organización del flujo productivo.

Entre sus objetivos estratégicos se destacan la sostenibilidad, la reducción de huella de carbono y desechos, el uso de energía limpia mediante paneles solares, la eliminación del plástico de un solo uso en producción, el ahorro de agua, el ahorro de energía eléctrica y el aprovechamiento de instalaciones que favorecen la ventilación natural. Estos objetivos muestran una empresa nicaragüense en proceso de modernización, que busca mejorar su productividad sin desvincularse de la responsabilidad ambiental, la calidad del producto y el bienestar de las partes interesadas.

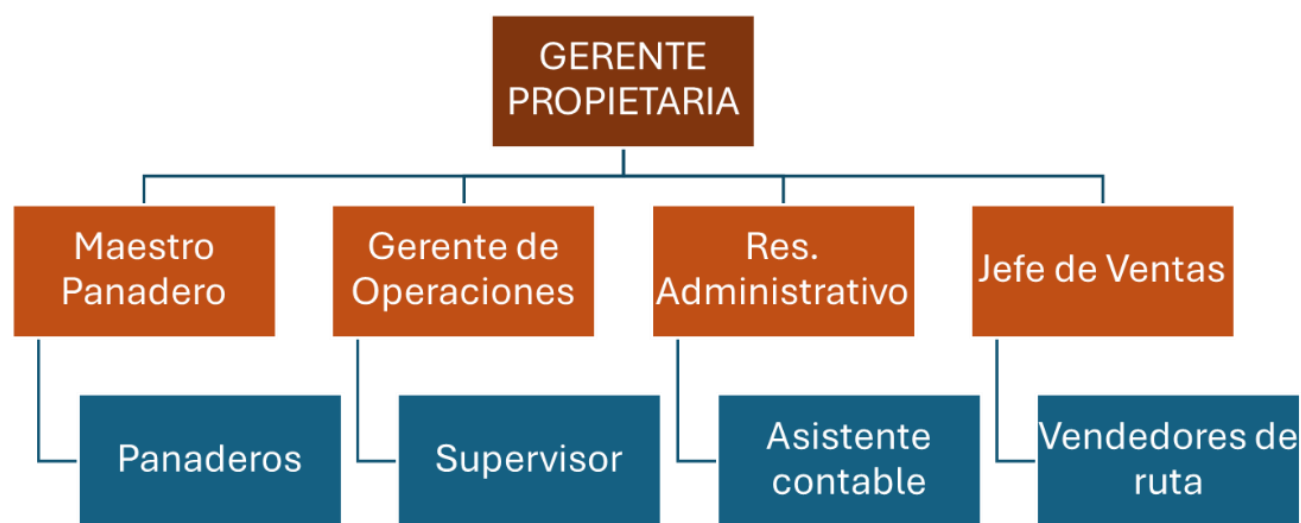
Panadería Gámez se caracteriza por ser una organización familiar con trayectoria, arraigo regional y una evolución progresiva hacia la tecnificación. Aunque conserva elementos propios de una empresa tradicional, ha avanzado hacia una operación más estandarizada, digitalizada y orientada a la mejora continua. Esta condición resulta relevante para el presente estudio, ya que permite analizar un sistema productivo real que combina experiencia empírica, tecnología semiindustrial, objetivos de sostenibilidad y la necesidad de optimizar sus procesos para responder mejor a la demanda del mercado occidental de Nicaragua.

La estructura organizativa de Panadería Gámez presenta una jerarquía funcional encabezada por la Gerente Propietaria, quien representa el nivel estratégico de la empresa y concentra la toma de decisiones generales, la dirección del negocio y la supervisión global de las áreas. Bajo este nivel se ubican cuatro cargos principales: Maestro Panadero, Gerente de Operaciones, Responsable Administrativo y Jefe de Ventas, los cuales conforman el nivel de coordinación y gestión operativa.

Cada uno de estos puestos tiene personal bajo su responsabilidad directa: el Maestro Panadero coordina a los panaderos encargados de la elaboración de los productos; el Gerente de Operaciones supervisa las actividades productivas mediante el apoyo del Supervisor; el responsable Administrativo dirige las funciones de control contable y administrativo con apoyo del Asistente Contable; y el Jefe de Ventas coordina a los vendedores de ruta encargados de la distribución y atención de clientes. Esta organización permite dividir las funciones de producción, operación, administración y ventas, manteniendo una línea de autoridad clara desde la gerencia hasta el personal operativo.

Figura 1

Organigrama de Panadería Gámez



Nota. Proporcionada por la administración de la empresa

5.2. Análisis del entorno organizacional

El contexto organizacional permite comprender las condiciones bajo las cuales opera Panadería Gámez, una empresa nicaragüense de origen familiar dedicada a la elaboración y comercialización de productos de panificación. Este apartado tiene como finalidad caracterizar técnicamente a la organización y al sistema productivo seleccionado para el estudio, considerando su sector económico, giro de negocio, estructura operativa, recursos disponibles, procesos principales y dinámica actual de funcionamiento.

Panadería Gámez ha evolucionado desde un modelo de producción empírico y artesanal hacia una operación semiindustrial, incorporando maquinaria, controles de calidad, recetas estandarizadas, registros de producción y herramientas digitales. No obstante, aunque la empresa ha avanzado significativamente en su proceso de modernización, aún enfrenta retos asociados a la variabilidad operativa, la organización del flujo post-horneado, la manipulación del producto, la inocuidad alimentaria y la consistencia de la calidad final.

El análisis de este contexto resulta fundamental para evidenciar la necesidad de aplicar un modelo de simulación, ya que el desempeño del sistema depende de la interacción entre tiempos de proceso, capacidad instalada, disponibilidad de recursos, comportamiento de la demanda, condiciones ambientales y métodos de trabajo. Por tanto, esta sección permite establecer una base descriptiva y técnica para comprender el funcionamiento actual de la panadería, identificar restricciones operativas y justificar el uso de la simulación como herramienta para analizar escenarios de mejora orientados a reducir cuellos de botella, fortalecer la inocuidad e incrementar la calidad del producto terminado.

5.2.1. Análisis PESTEL

El análisis PESTEL permite identificar factores del entorno macro que pueden influir en el desempeño de Panadería Gámez. En este caso, se consideran elementos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que afectan directa o indirectamente a la empresa, especialmente por tratarse de una panadería nicaragüense dedicada a la elaboración de productos alimenticios perecederos.

Tabla 3*Análisis de Factores del Entorno*

Dimensión	Factor identificado	Incidencias	Clasificación
Político	Regulaciones del gobierno local y nacional para empresas alimentarias.	Obligan a mantener condiciones sanitarias, permisos y cumplimiento operativo.	Amenaza
Político	Políticas públicas orientadas a formalización empresarial y laboral.	Influyen en la gestión del personal, pagos, seguro social y obligaciones administrativas.	Amenaza
Económico	Variación del poder adquisitivo de los consumidores.	Afecta la demanda, especialmente después de temporadas altas como Semana Santa o diciembre.	Amenaza
Económico	Costos de materias primas, energía y transporte.	Impactan directamente los costos de producción y distribución.	Amenaza
Social	Preferencia por productos tradicionales de consumo cotidiano.	Favorece la permanencia de la torta como producto representativo en el mercado local.	Oportunidad
Social	Exigencia creciente de productos frescos y de calidad.	Obliga a controlar vida útil, rotación, empaque y condiciones de distribución.	Oportunidad
Tecnológico	Mayor acceso a equipos semiindustriales para panaderías.	Permite aumentar capacidad, reducir esfuerzo manual y mejorar consistencia.	Oportunidad
Tecnológico	Necesidad de personal capacitado para operar nuevas tecnologías.	Favorece la toma de decisiones basada en datos, aunque aún requiere fortalecerse.	Amenaza
Ecológico	Tendencia hacia la eficiencia energética y sostenibilidad en la industria alimentaria.	Favorecen la adopción de prácticas sostenibles dentro de las panaderías.	Oportunidad
Ecológico	Reducción de desechos y eliminación de plástico de un solo uso en producción.	Contribuye a una operación más responsable ambientalmente.	Oportunidad
Legal	Cumplimiento de BPM establecidas para la industria alimentaria.	Condiciona las prácticas de limpieza, manipulación, empaque y almacenamiento.	Amenaza
Legal	Cumplimiento de Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) aplicables al sector panificador.	Inciden en la formalización de pagos, contratación y obligaciones patronales.	Amenaza

Nota: Elaboración propia

Aunque el PESTEL permite visualizar diversos factores del entorno, para efectos de la construcción del FODA se seleccionan tres dimensiones principales por su relación directa con el sistema objeto de simulación: económica, tecnológica y legal-sanitaria. Estas dimensiones son las más relevantes porque afectan la demanda, los costos, la capacidad de modernización, la inocuidad y la necesidad de control operativo.

Desde la dimensión económica, Panadería Gámez enfrenta una demanda variable, influenciada por temporadas de mayor consumo como diciembre, Semana Santa y mayo, así como por periodos de disminución asociados al poder adquisitivo de los clientes. Esta situación representa una posible amenaza, ya que obliga a la empresa a ajustar su producción sin comprometer la frescura ni generar sobreproducción. Además, la variación en los costos de materias primas, energía y transporte puede afectar la rentabilidad, especialmente en un producto perecedero que requiere rotación rápida.

Desde la dimensión tecnológica, la empresa cuenta con una oportunidad importante, ya que ha avanzado hacia una operación semiindustrial y mantiene un grado de digitalización aproximado del 75 %. Esto facilita el registro de pedidos, el control de producción y la posibilidad de utilizar datos para construir un modelo de simulación. Sin embargo, también se identifica una debilidad asociada a la digitalización incompleta de ciertos procesos, principalmente en los micropasos del batido y en el control detallado del post-horneado, donde todavía existen decisiones basadas en el criterio del operario.

Finalmente, desde la dimensión legal-sanitaria, el cumplimiento de regulaciones alimentarias representa una condición obligatoria para la empresa. Debido a que Panadería Gámez produce alimentos sin preservantes y con una calidad óptima limitada a pocos días, los controles de inocuidad, manipulación, enfriamiento, empaque y almacenamiento son fundamentales. Esta dimensión puede convertirse en amenaza si las exigencias regulatorias aumentan o si no se fortalecen los controles del proceso; pero también representa una oportunidad para diferenciarse mediante mejores prácticas sanitarias y mayor trazabilidad.

A partir del análisis PESTEL, se identifican como insumos iniciales para el FODA las siguientes amenazas y debilidades:

Tabla 4*Identificación de Amenazas y Debilidades*

Elemento derivado del PESTEL	Clasificación para FODA	Justificación
Variabilidad de la demanda por temporadas y poder adquisitivo.	Amenaza	Puede generar picos de producción o disminución de ventas, afectando la planificación.
Incremento o variación en costos de materia prima, energía y transporte.	Amenaza	Puede elevar costos operativos y reducir márgenes.
Mayores exigencias sanitarias o regulatorias.	Amenaza	Requieren mayor control documental, higiénico y operativo.
Preferencia por productos tradicionales de consumo cotidiano	Oportunidad	Favorece la permanencia y aceptación del producto en el mercado.
Mayor acceso a tecnologías semiindustriales para panaderías	Oportunidad	Facilita procesos de tecnificación y mejora operativa.
Tendencia hacia sostenibilidad y eficiencia energética	Oportunidad	Favorece la adopción de prácticas responsables y competitivas.

Nota. Elaboración propia

5.2.2. Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter

En el caso de Panadería Gámez, la rivalidad entre competidores existentes se considera relevante, ya que la empresa participa en un mercado local donde existen otras panaderías que ofrecen productos similares. Sin embargo, Panadería Gámez posee una ventaja competitiva basada en la estandarización de recetas, el uso de balanzas digitales, el control desde bodega, la tecnología semiindustrial y el enfoque en calidad. Aun así, la competencia representa una amenaza porque puede presionar precios, disponibilidad, presentación y rapidez de respuesta al mercado.

La amenaza de nuevos competidores también debe considerarse, debido a que el sector panificador tiene barreras de entrada relativamente moderadas. Una panadería pequeña puede iniciar operaciones con menor inversión y atender mercados locales específicos. No obstante, competir al nivel de Panadería Gámez requiere mayor capacidad productiva, distribución,

estandarización y control de calidad, por lo que la amenaza existe, pero se reduce cuando se considera el posicionamiento regional y la experiencia acumulada de la empresa.

En cuanto al poder de negociación de los clientes, este puede variar según el tipo de comprador. Los clientes mayoristas, pulperías, cafetines y vendedores de ruta pueden tener cierto poder porque compran volúmenes importantes y pueden comparar precios o cambiar de proveedor. Sin embargo, Panadería Gámez controla parcialmente esta presión mediante su política de no sobreabastecer al cliente si su historial de compra no lo justifica, priorizando la frescura y calidad del producto. Esto permite proteger la imagen de la marca y evitar que el producto pierda valor en el punto de venta.

Respecto a los productos sustitutos, la torta puede competir con otros productos de panificación, repostería, snacks, postres empacados o productos industriales con mayor vida útil. Estos sustitutos representan una amenaza especialmente cuando el consumidor busca precio, disponibilidad o mayor duración. Sin embargo, la torta de Panadería Gámez conserva valor por su carácter tradicional, frescura y aceptación en el mercado regional.

El poder de negociación de proveedores también es un factor importante. La empresa depende de insumos como harina, margarina, huevos, azúcar, empaques y energía. En particular, la harina puede presentar variabilidad en humedad, lo cual afecta la mezcla, la textura y la resistencia de la torta. Aunque la empresa ha logrado fortalecer relaciones con proveedores y acceder a crédito directo, la calidad variable de materias primas representa un riesgo operativo que puede afectar la consistencia del producto.

Tabla 5*Síntesis de Fuerzas de Porter aplicadas a Panadería Gámez*

Fuerza de Porter	Nivel estimado	Análisis aplicado a Panadería Gámez	Clasificación
Rivalidad entre competidores existentes	Media-alta	Existen panaderías locales con productos similares, lo que exige calidad, frescura y disponibilidad.	Amenaza
Amenaza de nuevos competidores	Media	El sector permite entrada de pequeños negocios, aunque competir con capacidad y distribución requiere inversión.	Amenaza
Poder de negociación de clientes	Medio	Mayoristas y rutas compran volúmenes relevantes, pero la empresa protege calidad controlando cantidades entregadas.	Amenaza
Amenaza de productos sustitutos	Media	Otros productos de panificación o repostería pueden sustituir la torta según precio, duración o disponibilidad.	Amenaza
Poder de negociación de proveedores	Medio-alto	La variabilidad de materias primas, especialmente harina, puede afectar calidad y costos.	Amenaza

A pesar de las amenazas identificadas dentro del entorno competitivo, el análisis también evidencia oportunidades relacionadas con la posibilidad de diferenciación mediante calidad, inocuidad alimentaria y tecnificación de procesos. Estas condiciones permiten a Panadería Gámez fortalecer su posición competitiva frente a empresas con menores niveles de estandarización y desarrollo tecnológico:

Tabla 6*Amenazas y Oportunidades Derivadas de Porter*

Elemento derivado de Porter	Clasificación para FODA	Justificación
Competencia de panaderías locales con productos similares.	Amenaza	Puede presionar precios, disponibilidad y preferencia del cliente.
Variabilidad y dependencia de proveedores de materia prima.	Amenaza	La humedad o calidad de insumos puede afectar la consistencia del producto.
Posibilidad de diferenciación mediante calidad e inocuidad alimentaria.	Oportunidad	Permite fortalecer el posicionamiento competitivo frente a empresas con menores niveles de estandarización y control de calidad
Incorporación de tecnología como elemento diferenciador dentro del sector	Oportunidad	Facilita mejorar la eficiencia operativa y generar ventajas competitivas frente a otros productores del mercado.

Nota. Elaboración propia

5.2.3. Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter

La Cadena de Valor permite analizar internamente a Panadería Gámez, identificando cómo cada actividad contribuye a la generación de valor para el cliente. En este caso, se consideran actividades primarias, relacionadas directamente con la producción y entrega del producto, y actividades de apoyo, relacionadas con infraestructura, recursos humanos, tecnología y abastecimiento.

Figura 2

Cadena de Valor Aplicada a Panadería Gámez



Desde las actividades primarias, una fortaleza importante se encuentra en la logística interna, ya que la empresa cuenta con una cultura de preparación previa desde bodega. Las recetas se alistan con anticipación y se controlan mediante balanzas digitales, lo que contribuye a reducir errores de dosificación y controlar costos. Esta práctica genera valor porque asegura mayor consistencia desde el inicio del proceso.

En operaciones, Panadería Gámez posee maquinaria semiindustrial, hornos, batidoras de distintas capacidades y racks estandarizados de 19 rieles. Estos recursos le permiten producir mayores volúmenes que una panadería artesanal tradicional. Sin embargo, también se identifica una debilidad, ya que algunos micropasos del batido todavía dependen del criterio del operario, especialmente los cambios de velocidad, la integración del huevo y el manejo de la margarina según su dureza. Esto puede afectar la textura, humedad y resistencia de la torta.

En logística externa, la empresa tiene cobertura en todo el departamento de Chinandega, con plazas fuertes como Corinto y la zona norte. Esta capacidad de distribución representa una fortaleza, ya que permite llegar a mayoristas, pulperías, cafetines y clientes de ruta. No obstante, la distribución también exige que el producto tenga resistencia suficiente, ya que si la torta no desarrolla adecuadamente el amarre de la miga, puede desmoronarse en las cajillas durante el traslado.

En marketing y ventas, la empresa utiliza información histórica de clientes para evitar sobreabastecimiento y proteger la calidad. Esto genera valor porque permite entregar cantidades ajustadas a la capacidad real de venta del cliente, conservando frescura y reduciendo desperdicio. Sin embargo, la dependencia de pedidos del día anterior y la variación de demanda por temporadas puede generar presión en la planificación.

En actividades de apoyo, la gestión de recursos humanos representa un área crítica. La empresa ha avanzado en formalización laboral, pagos semanales y seguro social; sin embargo, aún se requiere mayor capacitación y estandarización técnica para reducir la dependencia de decisiones subjetivas del operario. Esta debilidad es especialmente relevante para el proyecto, ya que la variabilidad humana puede afectar la calidad, inocuidad y eficiencia del proceso.

Tabla 7*Fortalezas y debilidades derivadas de la Cadena de Valor*

Actividad de la cadena de valor	Fortaleza identificada	Debilidad identificada
Logística interna	Preparación previa de recetas desde bodega y control con balanzas digitales.	Dependencia de la calidad variable de materias primas, especialmente humedad de harina.
Operaciones	Uso de maquinaria semiindustrial, hornos, batidoras y racks estandarizados.	Variabilidad en micropasos del batido y cambios de velocidad según criterio del operario.
Logística externa	Cobertura de distribución en Chinandega y rutas consolidadas.	Riesgo de deterioro físico del producto durante traslado si no tiene suficiente resistencia.
Marketing y ventas	Control de historial de compra para evitar sobreabastecimiento.	Demanda variable por temporadas que presiona la programación productiva.
Recursos humanos	Formalización laboral y experiencia operativa acumulada.	Necesidad de capacitación técnica para asegurar cumplimiento estricto de métodos.
Desarrollo tecnológico	Digitalización aproximada del 75 %, paneles solares y equipos semiindustriales.	Registros todavía incompletos en variables críticas del proceso post-horneado y batido.

Nota. Elaboración propia

Para consolidar la información de la Cadena de Valor, se seleccionan cinco fortalezas y cinco debilidades principales que servirán como insumo directo para el FODA.

Tabla 8

Fortalezas principales

Fortaleza	Sustento desde la cadena de valor
Recetas estandarizadas y preparación previa desde bodega.	Se relaciona con logística interna y control de insumos.
Uso de tecnología semiindustrial.	Se relaciona con operaciones y desarrollo tecnológico.
Racks estandarizados de 19 rieles.	Mejora la capacidad física y reduce variabilidad en el flujo.
Cobertura regional consolidada en Chinandega.	Se relaciona con logística externa y acceso al mercado.
Cultura orientada a calidad, frescura y control de producción.	Se relaciona con marketing, ventas y servicio al cliente.

Nota. Elaboración propia

Tabla 9

Debilidades Principales

Debilidad	Sustento desde la cadena de valor
Variabilidad en los micropasos del batido.	Se relaciona con operaciones y control del método de trabajo.
Digitalización incompleta de variables críticas.	Se relaciona con desarrollo tecnológico y trazabilidad.
Necesidad de mayor capacitación técnica del personal.	Se relaciona con gestión de recursos humanos.
Dependencia de condiciones ambientales en el post-horneado.	Se relaciona con operaciones, enfriamiento e inocuidad.
Riesgo de acumulaciones o esperas en el flujo post-horneado.	Se relaciona con operaciones, logística interna y empaque.

Nota. Elaboración propia

5.2.4. Consolidación de insumos para la Matriz FODA.

A partir del análisis PESTEL, las Cinco Fuerzas de Porter y la Cadena de Valor, se obtiene una base técnica para construir la matriz FODA. El PESTEL permite identificar amenazas y oportunidades del entorno general; Porter permite reconocer presiones competitivas del sector; y la Cadena de Valor permite validar fortalezas y debilidades internas desde las actividades que generan valor.

Tabla 10

Herramientas Utilizadas para FODA

Herramienta utilizada	Aporte al FODA
PESTEL	Identifica factores económicos, tecnológicos, legales y ambientales que influyen en la empresa.
Cinco Fuerzas de Porter	Permite analizar competencia, clientes, proveedores, sustitutos y nuevos entrantes.
Cadena de Valor	Permite identificar fortalezas y debilidades internas en actividades primarias y de apoyo.

Nota. Elaboración propia

Tabla 11

Fortalezas y Oportunidades

Fortalezas	Oportunidades
Recetas estandarizadas y control desde bodega.	Preferencia por productos tradicionales de consumo cotidiano.
Tecnología semiindustrial y balanzas digitales.	Exigencia creciente de productos frescos y de calidad.
Racks estandarizados de 19 rieles.	Mayor acceso a equipos semiindustriales para panaderías.
Cobertura regional consolidada en Chinandega.	Diferenciación por tendencia hacia la eficiencia energética y sostenibilidad en la industria alimentaria.
Cultura orientada a calidad, frescura y mejora continua.	Posibilidad de diferenciación mediante calidad e inocuidad alimentaria.

Nota. Elaboración propia

Tabla 12*Debilidades y Amenazas*

Debilidades	Amenazas
Variabilidad en micropasos del batido.	Competencia de panaderías locales con productos similares.
Digitalización incompleta de variables críticas.	Variabilidad y dependencia de proveedores de materia prima.
Necesidad de mayor capacitación técnica.	Variación del poder adquisitivo y comportamiento de la demanda.
Dependencia de condiciones ambientales en post-horneado.	Incremento de costos de materia prima, energía y transporte.
Posibles acumulaciones o esperas en el flujo post-horneado.	Mayores exigencias sanitarias, regulatorias y de trazabilidad.

Nota. Elaboración propia

El análisis FODA evidencia que Panadería Gámez dispone de fortalezas internas asociadas a la estandarización de procesos, disponibilidad de tecnología semiindustrial y experiencia operativa acumulada. Asimismo, se identifican oportunidades externas relacionadas con el acceso a nuevas tecnologías, la preferencia del mercado por productos tradicionales y la creciente importancia de la calidad e inocuidad alimentaria dentro del sector panificador.

Por otra parte, también se identifican debilidades asociadas a la variabilidad operativa, dependencia de condiciones ambientales y limitaciones en el registro de información crítica, así como amenazas relacionadas con la competencia, los costos de producción y las exigencias regulatorias. Estos elementos constituyen una base para la evaluación de alternativas de mejora mediante modelado de simulación, permitiendo analizar escenarios orientados al fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria dentro del proceso post-horneado.

Tabla 13*Estrategias derivadas del análisis FODA*

	OPORTUNIDADES (O)	AMENAZAS (A)
FORTALEZAS (F)	ESTRATEGIAS FO • Aprovechar la disponibilidad de tecnologías semiindustriales para fortalecer la eficiencia del proceso post-horneado. • Potenciar la diferenciación de los productos mediante estándares de calidad, frescura e inocuidad alimentaria. • Utilizar la experiencia operativa y la infraestructura existente para responder a las preferencias del mercado por productos tradicionales.	ESTRATEGIAS FA • Utilizar la estandarización de procesos y controles internos para enfrentar las exigencias regulatorias y sanitarias del sector. • Fortalecer la calidad e inocuidad como elemento diferenciador frente a la competencia local. • Aprovechar la infraestructura y experiencia operativa para mitigar impactos derivados de la variabilidad en materias primas y condiciones del mercado.
DEBILIDADES (D)	ESTRATEGIAS DO • Evaluar alternativas de tecnificación y automatización parcial para reducir actividades manuales y variabilidad operativa. • Implementar herramientas digitales que fortalezcan el registro, monitoreo y trazabilidad de variables críticas del proceso. • Analizar mediante simulación escenarios que permitan optimizar el flujo post-horneado y reducir tiempos improductivos.	ESTRATEGIAS DA • Priorizar soluciones tecnológicas compatibles con la capacidad financiera y operativa de la empresa. • Fortalecer la capacitación del personal para responder a nuevas exigencias tecnológicas y regulatorias. • Estandarizar actividades críticas del proceso post-horneado para disminuir riesgos operativos asociados a variabilidad interna y condiciones externas.

Nota. Elaboración propia

Las estrategias formuladas permiten establecer una orientación técnica y operativa para el desarrollo de la propuesta de mejora del proceso post-horneado en Panadería Gámez. En conjunto, estas acciones buscan fortalecer la eficiencia del flujo operativo, reducir tiempos improductivos, disminuir la exposición ambiental y manipulación manual del producto, así como facilitar la incorporación progresiva de alternativas de automatización parcial adaptadas a las condiciones reales de la empresa.

Asimismo, el análisis estratégico evidencia que la simulación constituye una herramienta fundamental para evaluar escenarios de mejora antes de su implementación física, permitiendo reducir riesgos operativos y respaldar técnicamente la toma de decisiones dentro del proceso de tecnificación.

5.3. Procesos principales del sistema

Panadería Gámez desarrolla sus operaciones mediante un sistema productivo orientado principalmente a la elaboración y comercialización de tortas, producto que representa la mayor proporción de su producción diaria. Para garantizar el cumplimiento de la demanda, la empresa integra diferentes procesos operativos que abarcan desde la preparación de materias primas hasta la obtención del producto terminado listo para distribución. En este contexto, se identifican como procesos principales la producción, el empaque y la distribución, los cuales interactúan de manera secuencial para asegurar la continuidad del flujo productivo y el abastecimiento de los diferentes clientes atendidos por la organización.

Asimismo, dentro de la estructura operativa de la empresa también participan procesos de apoyo relacionados con abastecimiento de materias primas, almacenamiento, mantenimiento de equipos y gestión administrativa. De igual manera, los pedidos realizados por los vendedores de ruta constituyen el principal insumo para la programación de la producción, permitiendo ajustar diariamente los volúmenes elaborados según el comportamiento de la demanda.

Con el propósito de comprender integralmente el funcionamiento del sistema productivo, se realizó el levantamiento y modelado de todo el proceso de elaboración de tortas mediante diagramas BPMN tipo carril. Sin embargo, aunque el proceso completo fue documentado y analizado, la presente investigación se enfoca específicamente en los subprocesos posteriores al horneado, debido a que en esta etapa se identifican oportunidades de mejora relacionadas con los tiempos de ciclo, utilización de recursos e inocuidad alimentaria.

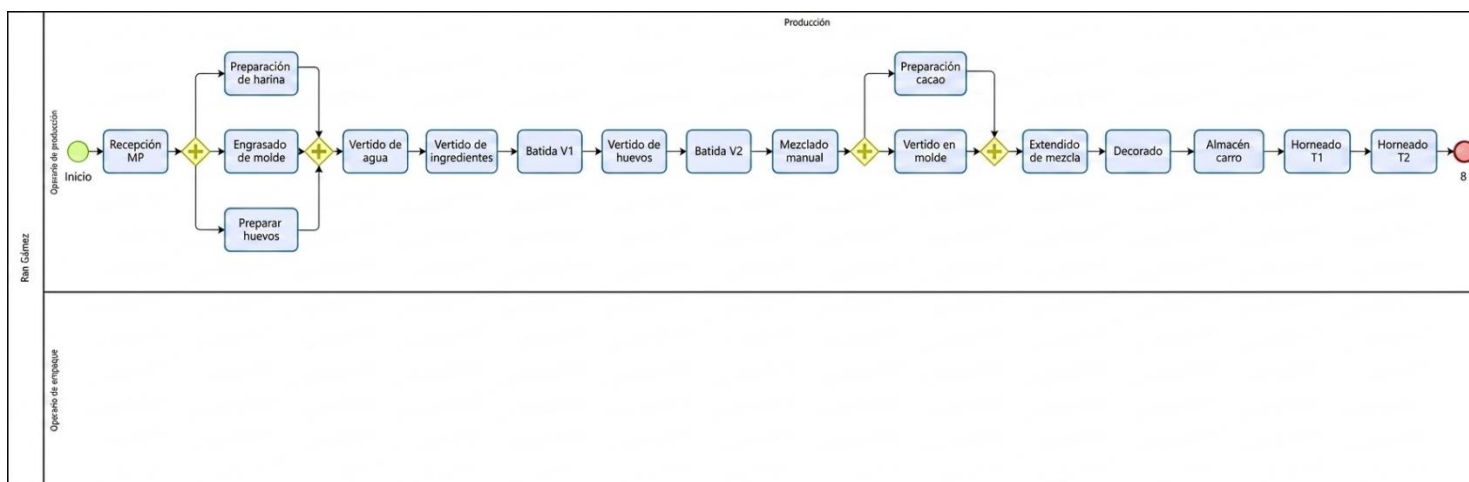
La Figura 3 presenta el flujo operativo correspondiente a la etapa de producción de tortas. El proceso inicia con la recepción de materias primas y continúa con actividades preparatorias realizadas de manera paralela, como la preparación de harina, preparación de huevos y

engrasado de moldes. Posteriormente, se desarrollan las operaciones de vertido de agua, incorporación de ingredientes, batidos en diferentes velocidades, vertido de huevos, mezclado manual y batido final, siguiendo los parámetros establecidos por la formulación del producto.

De igual manera, durante esta etapa se ejecutan actividades complementarias como el sobado y la preparación de cocoa, las cuales convergen en el proceso de vertido en molde. Una vez completada la preparación de la mezcla, se realiza el decorado de las tortas, seguido de su almacenamiento temporal en carros y posterior horneado mediante dos etapas de cocción consecutivas. Esta primera sección del diagrama permite visualizar el flujo de transformación de materias primas hasta la obtención del producto horneado, así como la participación del operario de producción dentro de las actividades principales del sistema.

Figura 3

Flujo Operativo de la Etapa de Producción de Tortas



Nota. Elaboración propia

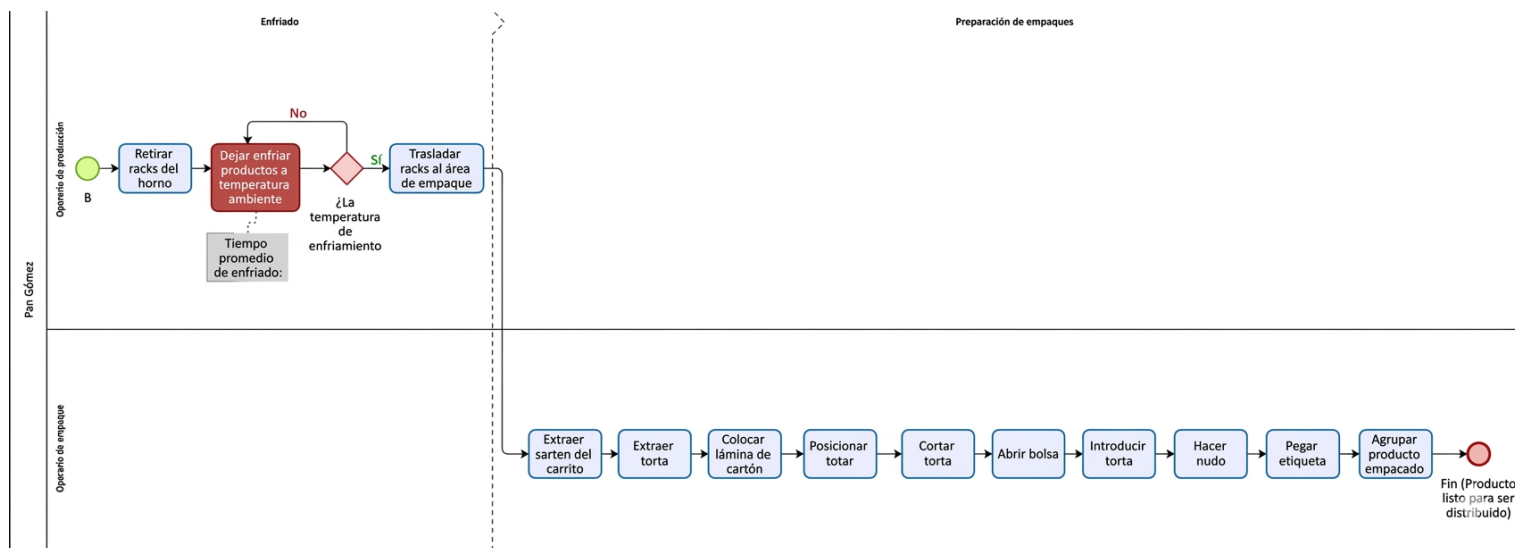
Por otra parte, la Figura 4 representa el flujo operativo correspondiente a los procesos posteriores al horneado, los cuales constituyen el objeto de estudio de la presente investigación. En esta etapa, el operario de producción retira los racks del horno y traslada el producto al área de enfriamiento, donde las tortas permanecen a temperatura ambiente hasta alcanzar las condiciones adecuadas para continuar con las operaciones posteriores. El diagrama muestra que esta actividad se encuentra condicionada por la temperatura de enfriamiento requerida,

generando un ciclo de espera que se repite hasta que el producto alcanza la temperatura establecida.

Posteriormente, los racks son trasladados hacia el área de empaque, donde interviene el operario encargado de realizar las actividades de preparación y acondicionamiento del producto terminado. Entre estas operaciones se encuentran la extracción de los sartenes del carrito, extracción de las tortas, colocación de la lámina de cartón, posicionamiento de la torta, corte, apertura de bolsa, introducción del producto, realización del nudo de cierre, colocación de etiqueta y agrupación de las unidades empacadas en cajillas para su posterior distribución.

Figura 4

Flujo Operativo del Procesos Posteriores al Horneado



Nota. Elaboración propia

A partir del análisis del flujo operativo representado en ambos diagramas, se observa que el proceso productivo involucra diferentes recursos humanos, tecnológicos y materiales. Los recursos humanos están conformados principalmente por operarios de producción y operarios de empaque, quienes ejecutan las actividades necesarias para la transformación y

acondicionamiento del producto. Por su parte, los recursos tecnológicos incluyen batidoras industriales, hornos, racks, mesas de trabajo y herramientas utilizadas durante el empaque. Finalmente, los recursos materiales comprenden materias primas, moldes, sartenes, láminas de cartón, bolsas de empaque, etiquetas y cajillas para distribución.

Desde una perspectiva de procesos, las entradas del sistema corresponden principalmente a materias primas, materiales de empaque y requerimientos de producción generados a partir de la demanda del mercado. Las actividades de transformación se desarrollan a través de las operaciones de producción, enfriamiento y empaque, mientras que la salida del sistema corresponde al producto terminado listo para ser distribuido hacia pulperías, cafetines, mayoristas y consumidores finales. En consecuencia, los clientes internos están representados por las áreas que reciben el producto entre etapas del proceso, mientras que los clientes externos corresponden a los diferentes canales de comercialización atendidos por Panadería Gámez.

Finalmente, el análisis del mapa de procesos permitió identificar que los subprocesos posteriores al horneado concentran actividades con tiempos prolongados de espera y elevada manipulación manual, particularmente durante el enfriamiento y el empaque. Estas condiciones convierten a dicha etapa en una sección crítica del sistema productivo y justifican su selección como objeto de estudio para el desarrollo de propuestas de mejora mediante modelado de simulación y tecnificación parcial del proceso.

5.4. Diagnóstico Técnico-Operativo

Panadería Gámez cuenta con una capacidad instalada orientada principalmente a la producción de tortas, producto que representa aproximadamente el 97 % de las operaciones realizadas en el área de batido. La empresa dispone de recursos tecnológicos como batidoras industriales, hornos industriales, racks de almacenamiento temporal y áreas destinadas al empaque y despacho. Asimismo, la organización ha implementado procesos estandarizados de producción, programación diaria basada en pedidos y controles relacionados con formulación, tiempos de batido y temperaturas de horneado.

En relación con la demanda, la producción se ajusta diariamente conforme a los pedidos realizados por los vendedores de ruta, alcanzando aproximadamente 300 tortas por día según el

comportamiento del mercado. Además, la empresa distribuye sus productos en distintas zonas del departamento de Chinandega, manteniendo operaciones continuas para abastecer pulperías, mayoristas y cafetines. Sin embargo, aunque la empresa posee capacidad instalada suficiente para responder a incrementos de demanda mediante ampliación de turnos u horas de trabajo, se identifican restricciones operativas dentro de las etapas posteriores al horneado que afectan el flujo del sistema productivo.

En este sentido, el análisis técnico-operativo permitió identificar que el proceso post-horneado presenta tiempos prolongados de espera, especialmente durante el enfriamiento de las tortas. Actualmente, el producto permanece aproximadamente entre cuatro y cinco horas a temperatura ambiente antes de pasar hacia las actividades de empaque y despacho. Esta condición genera acumulación de producto en racks, aumento del tiempo total de ciclo y prolongación de la exposición ambiental del producto terminado.

Asimismo, el proceso de empaque se desarrolla manualmente mediante la participación de cuatro operarios, quienes realizan actividades relacionadas con preparación de bolsas, colocación de etiquetas, manipulación del producto, cierre de empaques y organización de cajillas para despacho. Debido a la naturaleza manual de estas actividades, se generan tiempos de procesamiento variables y alta dependencia del recurso humano para mantener la continuidad operativa del sistema.

Desde la perspectiva de inocuidad alimentaria, se identificó que la empresa cuenta con diversas condiciones preventivas ya implementadas que contribuyen al aseguramiento de la calidad e inocuidad del producto. Entre ellas destacan la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la existencia de procedimientos documentados de producción, el sistema de trazabilidad por lote, el Programa Operativo Estandarizado de Saneamiento (POES), el control de proveedores y materias primas, así como el etiquetado de los productos terminados. Estas condiciones constituyen una base sólida para el control preventivo dentro de las operaciones productivas y reflejan el proceso de profesionalización que la empresa ha venido desarrollando durante los últimos años.

No obstante, el diagnóstico permitió identificar oportunidades de fortalecimiento específicamente en las etapas posteriores al horneado. Durante el enfriamiento, las tortas

permanecen en racks expuestos al ambiente durante varias horas antes de ser empacadas, lo que incrementa el tiempo de interacción con factores ambientales como temperatura, humedad, polvo y circulación de personal. Adicionalmente, aunque el personal posee conocimientos sobre manipulación de alimentos, las actividades de empaque requieren múltiples contactos directos con el producto, incluyendo extracción, corte, embolsado, cierre y etiquetado, aumentando la cantidad de puntos de manipulación dentro del proceso.

De igual manera, se observó que el enfriamiento se realiza mediante un sistema pasivo a temperatura ambiente, sin mecanismos de enfriamiento asistido que permitan reducir el tiempo de permanencia del producto en esta etapa. Asimismo, el criterio para trasladar las tortas hacia el área de empaque se basa principalmente en el tiempo transcurrido de enfriamiento, identificándose una oportunidad de mejora mediante la incorporación de controles más específicos relacionados con la temperatura del producto y el monitoreo sistemático de su tiempo de exposición.

Con el propósito de sintetizar las condiciones de control preventivo identificadas durante el diagnóstico, se presenta la Tabla 14

Tabla 14

Condiciones de Control Preventivo de Inocuidad Alimentaria Identificadas en el Proceso Post-horneado

Condición de control preventivo	Situación actual	Observación
Trazabilidad por lote	Presente	Existe identificación y control de lotes de producción.
Procedimientos documentados de producción	Presente	Se cuenta con instrucciones estandarizadas para elaboración y control del producto.
Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	Presente	Los operarios poseen conocimientos sobre manipulación de alimentos.
Programa Operativo Estandarizado de Saneamiento (POES)	Presente	Existen procedimientos establecidos de limpieza y desinfección.
Control de proveedores y materias primas	Presente	Se realizan controles de calidad y seguimiento de insumos utilizados.
Etiquetado del producto	Presente	El producto es identificado antes de su distribución.
Inspección visual del producto antes del empaque	Presente	Permite detectar defectos visibles antes del despacho.
Protección del producto durante el enfriamiento	Parcialmente presente	El producto permanece expuesto al ambiente durante varias horas.
Control documentado del tiempo de exposición post-horneado	No evidenciado	No se registra sistemáticamente el tiempo de exposición de cada lote.
Control ambiental del área de enfriamiento	No evidenciado	El enfriamiento se realiza a temperatura ambiente sin sistema específico de control.
Minimización de manipulación manual	Parcialmente presente	El proceso de empaque requiere múltiples contactos directos con el producto.
Barreras físicas contra contaminación ambiental	No evidenciado	El producto permanece en racks abiertos durante el enfriamiento.
Registro de temperatura previo al empaque	Parcialmente presente	No se identificó un registro sistemático de temperatura por lote.
Reducción de permanencia en áreas expuestas	Oportunidad de mejora	El enfriamiento representa la etapa de mayor duración del proceso post-horneado.

Nota. Elaboración Propia

A partir del diagnóstico realizado, se definieron indicadores clave de desempeño (KPI) orientados a evaluar el comportamiento operativo del proceso post-horneado. Entre los principales indicadores se encuentran el tiempo de ciclo total, tiempo de enfriamiento, tiempo de empaque, porcentaje de reducción del tiempo de ciclo, utilización de operarios, horas-hombre utilizadas y tiempo de exposición al ambiente. Este último indicador adquiere especial relevancia dentro de la investigación, debido a que permite relacionar simultáneamente aspectos de eficiencia operativa e inocuidad alimentaria. Los indicadores seleccionados permitirán medir el desempeño actual del sistema y comparar posteriormente el impacto de las alternativas de mejora propuestas mediante simulación.

Tabla 15

Cuadro de Indicadores Clave (KPI)

Indicador	Situación actual identificada	Impacto en el proceso	Desempeño
Tiempo de enfriamiento	Aproximadamente 4–5 horas a temperatura ambiente	Acumulación de producto y aumento de exposición	3.95 hrs/rack
Tiempo de empaque	Dependiente de actividades manuales y disponibilidad de operarios	Variabilidad operativa y tiempos muertos	49.46 min/rack
Capacidad productiva diaria	El cuello de botella del enfriamiento limita el flujo del sistema	Restricción en la respuesta a la demanda y crecimiento productivo	3 racks/día (228 tortas)
Tiempo de exposición al ambiente	Prolongado durante el enfriamiento	Riesgo asociado a inocuidad y calidad del producto	4.77 hrs/rack

Nota. Elaboración Propia

A partir del diagnóstico realizado, se definieron indicadores clave de desempeño (KPI) orientados a evaluar el comportamiento operativo del proceso post-horneado. Entre los principales indicadores se encuentran el tiempo de enfriamiento, tiempo de empaque, capacidad productiva diaria y tiempo de exposición al ambiente. Este último indicador adquiere especial

relevancia dentro de la investigación, debido a que permite relacionar simultáneamente aspectos de eficiencia operativa e inocuidad alimentaria. Los indicadores seleccionados permitirán medir el desempeño actual del sistema y comparar posteriormente el impacto de las alternativas de mejora propuestas mediante simulación.

De igual manera, el análisis del flujo operativo permitió identificar restricciones y cuellos de botella que justifican la utilización de modelado de simulación como herramienta de análisis. Entre los principales puntos críticos identificados se encuentra el enfriamiento pasivo a temperatura ambiente, debido a que representa la etapa de mayor duración dentro del proceso post-horneado y limita la continuidad del flujo hacia empaque y despacho. Asimismo, se identificó alta acumulación de producto en racks, tiempos muertos entre operaciones y elevada utilización manual del personal durante las actividades de empaque y manipulación del producto.

Por otra parte, las condiciones ambientales representan un factor importante dentro del desempeño operativo del sistema, ya que variables como temperatura, humedad y cambios climáticos pueden afectar las características del producto durante el enfriamiento. Esta situación resulta especialmente relevante considerando que las tortas elaboradas por Panadería Gámez no contienen preservantes artificiales y que la empresa busca mantener sus atributos de calidad mediante la distribución de productos frescos. Además, el tiempo prolongado de exposición incrementa la interacción del producto con manipuladores, superficies y ambiente circundante, constituyendo un aspecto importante desde la perspectiva de inocuidad alimentaria.

En consecuencia, el diagnóstico técnico-operativo evidencia la necesidad de analizar el comportamiento dinámico del proceso post-horneado mediante herramientas de simulación que permitan representar el flujo actual del sistema, evaluar la utilización de recursos y analizar escenarios de mejora relacionados con tecnificación parcial, reducción de tiempos improductivos, disminución del tiempo de exposición ambiental y fortalecimiento de los controles preventivos de inocuidad alimentaria en Panadería Gámez.

Asimismo, el diagrama de flujo del proceso permitió identificar visualmente los puntos críticos del sistema, particularmente en las etapas de enfriamiento y empaque, donde se concentran los mayores tiempos de espera, acumulación de producto, manipulación manual y exposición ambiental. Estos puntos representan las principales restricciones operativas del

proceso actual y constituyen el enfoque central para el desarrollo del modelo de simulación y la propuesta de mejora planteada en la investigación.

VI.Simulación

La simulación de eventos discretos constituye una herramienta ampliamente utilizada para analizar sistemas productivos complejos, permitiendo evaluar el comportamiento de los procesos bajo diferentes condiciones operativas sin intervenir directamente en el sistema real. Mediante esta metodología es posible identificar restricciones, cuantificar el impacto de las mejoras propuestas y estimar indicadores de desempeño relevantes para la toma de decisiones.

En el presente estudio se desarrolló un modelo de simulación del proceso post-horneado de tortas de la Panadería Gámez utilizando el software ARENA. El modelo fue diseñado con el propósito de representar el flujo de producción desde la llegada de los racks al área de horneado hasta la salida del producto terminado luego de ser empacado, considerando las operaciones de horneado, enfriamiento, extracción, corte, empaque, etiquetado y encajado.

Con el fin de mantener la representación del sistema acorde a las condiciones reales de operación y reducir la complejidad computacional del modelo, se definió como entidad de simulación un rack de producción con capacidad para 76 tortas. Las actividades realizadas individualmente sobre cada unidad fueron transformadas a tiempos equivalentes por rack, preservando la carga de trabajo observada en la planta y permitiendo evaluar adecuadamente el comportamiento global del proceso.

El modelo fue utilizado para analizar el desempeño del sistema actual e identificar oportunidades de mejora orientadas a reducir los tiempos de procesamiento, incrementar la capacidad operativa y disminuir las restricciones presentes en las etapas posteriores al horneado. Asimismo, permitió evaluar el impacto potencial de las alternativas de mejora propuestas antes de su implementación en el entorno real.

6.1. Definición del Problema

Como primera etapa del estudio de simulación se definió el sistema a modelar, estableciendo sus fronteras operativas, recursos involucrados y criterios de evaluación. El sistema analizado corresponde al proceso post-horneado de producción de tortas, iniciando con

la llegada de los racks al área de horneado y finalizando con la salida del producto terminado del sistema.

Las operaciones incluidas dentro del modelo son horneado, enfriamiento, extracción de tortas, posicionamiento, corte, apertura de bolsa, introducción del producto, cierre mediante nudo, etiquetado y encajado. Las actividades previas al horneado fueron excluidas del análisis debido a que no forman parte del alcance de la investigación y no representan restricciones significativas para el desempeño del sistema evaluado.

Durante el diagnóstico del proceso se identificó que la etapa de enfriamiento constituye la principal restricción operativa debido al tiempo requerido para acondicionar el producto antes de su empaque. Esta condición afecta el flujo de producción y limita la cantidad de producto que puede ser procesada y despachada durante la jornada laboral. Por tal motivo, se consideró necesario desarrollar un modelo de simulación que permitiera analizar el comportamiento del sistema y evaluar el efecto de distintas alternativas de mejora sobre su capacidad productiva.

Para la representación del flujo productivo se definió como entidad de simulación un rack con capacidad para 76 tortas, unidad utilizada para el manejo del producto durante el proceso. Asimismo, se consideraron como recursos principales el horno y los operarios encargados de las actividades de empaque.

El objetivo de la simulación consiste en maximizar el flujo de producción a través del sistema, evaluando la cantidad de tortas que logran completar todas las operaciones y salir del modelo durante el horizonte de simulación establecido. En consecuencia, el principal indicador de desempeño analizado corresponde al número de tortas procesadas y despachadas, representado por las entidades que alcanzan el módulo Dispose al finalizar el recorrido productivo.

6.2. Presentación de Datos

La construcción de un modelo de simulación requiere la recopilación y caracterización de datos representativos del sistema real, de manera que el comportamiento observado en la operación pueda ser reproducido con un nivel adecuado de precisión. En este sentido, se realizó

un estudio de tiempos de las actividades que conforman el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez, empleando la técnica de observación directa y cronometraje. Los datos obtenidos permitieron identificar la duración de las operaciones críticas y constituyeron la base para la parametrización del modelo desarrollado en ARENA.

El levantamiento de información se enfocó en las etapas de enfriamiento y empackado, debido a que ambas representan las actividades principales posteriores al horneado. Para el proceso de enfriamiento se recopilaron dieciocho observaciones correspondientes a diferentes ciclos productivos, mientras que para las actividades de empackado se registraron cincuenta observaciones por operación, permitiendo obtener una caracterización estadística confiable de los tiempos de ejecución.

El enfriamiento constituye la etapa en la que las tortas recién horneadas permanecen en racks hasta alcanzar una temperatura adecuada para su manipulación y posterior empackado. Debido a la naturaleza del proceso, cada observación representa un período prolongado de operación, comprendido entre tres y cuatro horas aproximadamente. Aunque la muestra obtenida consta de dieciocho registros, esta representa cerca de 69 horas de observación efectiva, proporcionando información suficiente para describir el comportamiento del proceso.

Tabla 16

Estadísticos Descriptivos del Proceso de Enfriamiento

Indicador	Valor
Número de observaciones	18
Promedio	230.94 min
Mínimo	211 min
Máximo	253 min
Rango	42 min
Coeficiente de variación	5.68%

Los resultados muestran que el tiempo promedio de enfriamiento es de 230.94 minutos, equivalente a aproximadamente 3.85 horas por rack. Asimismo, la desviación estándar de 13.12 minutos y el coeficiente de variación de 5.68 % evidencian una dispersión relativamente baja respecto al promedio, indicando que el proceso presenta un comportamiento estable y consistente entre los diferentes ciclos observados.

Por otra parte, el tiempo mínimo registrado fue de 211 minutos y el máximo de 253 minutos, generando una amplitud de 42 minutos entre observaciones. Sin embargo, considerando la duración total del proceso, dicha variación resulta moderada y refleja condiciones operativas relativamente uniformes. Estos resultados permiten identificar al enfriamiento como una actividad de larga duración que influye significativamente en el flujo productivo del área post-horneado.

Posteriormente, se realizó el estudio de tiempos de las actividades que conforman el proceso de empacado de tortas. Para cada operación se registraron cincuenta observaciones bajo condiciones normales de trabajo, permitiendo analizar tanto el tiempo promedio requerido como la variabilidad existente entre ejecuciones.

Tabla 17*Estadísticos Descriptivos de las Actividades de Empacado*

Actividad	n	Promedio (s)	Desv. Est. (s)	Mínimo (s)	Máximo (s)	Rango (s)	CV (%)
Extraer la torta de la columna	50	3.18	0.66	2	4	2	20.77
Posicionar torta	50	2.60	0.49	2	3	1	19.03
Cortar torta	50	13.00	0.90	11	14	3	6.95
Abrir bolsa	50	4.36	0.78	2	6	4	17.80
Introducir torta	50	4.26	0.85	3	6	3	20.01
Hacer nudo	50	4.04	0.67	3	5	2	16.56
Pegar etiqueta	50	5.00	0.99	3	8	5	19.79
Acomodar paquete en la cajilla	50	2.64	0.69	2	4	2	26.24

Nota. Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la actividad de cortar torta presenta el mayor tiempo promedio de ejecución, con 13 segundos por unidad, representando aproximadamente el 33 % del tiempo total de empacado. Asimismo, registra el menor coeficiente de variación (6.95 %), lo que evidencia una elevada estabilidad y repetitividad durante su ejecución.

En contraste, las actividades de posicionar torta y acomodar paquete en la cajilla presentan los menores tiempos promedio, con 2.60 y 2.64 segundos respectivamente. No obstante, la actividad de acomodar el paquete en la cajilla muestra el mayor coeficiente de variación (26.24%), indicando una mayor dispersión relativa en los tiempos observados, posiblemente asociada a diferencias en la manipulación de los paquetes o en la organización del área de trabajo.

Por sus respectivas partes, las actividades de abrir bolsa, introducir torta, hacer nudo y pegar etiqueta presentan tiempos promedio comprendidos entre 4 y 5 segundos, con niveles de variabilidad moderados. En conjunto, estas operaciones conforman una secuencia de trabajo relativamente homogénea y estable, característica que facilita su representación dentro del modelo de simulación.

Al sumar los tiempos promedio de todas las actividades evaluadas, se obtiene un tiempo total de empaçado de 39.08 segundos por torta. Considerando que cada rack contiene 76 unidades, el tiempo promedio requerido para empaçar un rack completo asciende a 49.50 minutos.

Con el fin de identificar la incidencia de cada etapa sobre el desempeño global del sistema, se realizó una comparación entre los tiempos promedio de enfriamiento y empaçado considerando una misma unidad de análisis: un rack de 76 tortas.

Tabla 18

Comparación de Tiempos Promedio por Rack

Proceso	Tiempo promedio
Enfriamiento	230.94 min
Empacado	49.50 min

Nota. Elaboración propia

Los resultados evidencian que el proceso de enfriamiento requiere aproximadamente 230.94 minutos por rack, mientras que el empaçado demanda únicamente 49.50 minutos para la misma cantidad de producto. Esto significa que el enfriamiento consume alrededor de 4.67 veces más tiempo que el empaçado, constituyéndose como la actividad de mayor duración dentro del proceso post-horneado.

En consecuencia, se identifica al enfriamiento como la principal restricción operativa del sistema, debido a que limita el flujo de producto hacia las etapas posteriores y condiciona la

capacidad productiva de la panadería. Esta situación justifica la necesidad de evaluar alternativas de mejora orientadas a reducir el tiempo de enfriamiento, las cuales serán analizadas mediante el modelo de simulación desarrollado en la presente investigación.

Los datos presentados en esta sección constituyen las entradas fundamentales para la construcción y programación del modelo de simulación, permitiendo representar el comportamiento actual del sistema y evaluar el impacto de las propuestas de mejora planteadas.

6.3. Construcción y Programación

Una vez concluida la etapa de levantamiento y análisis de información, se procedió a la construcción del modelo computacional del proceso post-horneado de tortas de la Panadería Gámez mediante el software ARENA®. El objetivo de esta etapa fue transformar el modelo conceptual desarrollado previamente en una representación computacional capaz de reproducir el comportamiento del sistema productivo bajo condiciones reales de operación.

La construcción del modelo se realizó tomando como referencia el flujo operativo observado en planta, el cual inicia con la salida de las tortas del horno y finaliza con el acomodo de los productos empacados en las cajillas destinadas para su distribución. Cada una de las actividades identificadas durante el levantamiento de información fue representada mediante módulos de simulación que permitieran reproducir la secuencia lógica del proceso y las interacciones entre las diferentes operaciones.

La entidad principal utilizada en el modelo corresponde a un rack de tortas con capacidad para 76 unidades. Esta decisión se adoptó debido a que el proceso de enfriamiento se realiza por rack completo y no de forma individual por torta, por lo que modelar la operación bajo esta unidad permitió representar de manera más fiel el comportamiento real del sistema.

Para la construcción del escenario actual, los tiempos observados en las operaciones posteriores al horneado fueron ajustados para reflejar el procesamiento completo de un rack. De esta manera, las actividades de extracción de las tortas, posicionamiento para corte, corte, empaque y almacenamiento fueron representadas considerando la cantidad total de tortas contenidas en cada rack.

Los parámetros de tiempo utilizados en el modelo fueron obtenidos a partir de estudios de tiempos realizados directamente en la empresa. Con el propósito de incorporar la variabilidad inherente a las operaciones, los datos recolectados fueron analizados mediante la herramienta Input Analyzer de ARENA, obteniéndose diferentes distribuciones probabilísticas como alternativas de ajuste. Estas distribuciones fueron utilizadas como referencia para la configuración de los tiempos del modelo; sin embargo, su selección definitiva también consideró el comportamiento general de la simulación, la unidad de representación de las entidades y la correspondencia de los resultados con el funcionamiento real del proceso.

La Tabla 19 presenta las expresiones sugeridas por Input Analyzer, las distribuciones finalmente utilizadas y la variación porcentual del error cuadrático.

Tabla 19

Distribuciones Probabilísticas Incorporadas al Modelo de Simulación

Actividad	Distribuciones y expresiones brindadas por Input Analyzer de ARENA	Distribución utilizada en la simulación de ARENA	Incremento porcentual del Error Cuadrático
Enfriamiento	$210 + 43 \times \text{BETA}(0.798, 0.88)$	Triangular	0.1%
Extraer torta de la columna	NORM (3.18,0.654)	Normal	
Posicionar torta	TRIA (1.5,2.8,3.5)	Triangular	
Cortar torta	$10.5 + 4 \times \text{BETA}(2.25, 1.35)$	Normal	3.9%
Abrir bolsa	$1.5 + \text{WEIB}(3.14, 4.24)$	Normal	0.04%
Introducir torta	$2.5 + \text{LOGN}(1.79, 1.05)$	Normal	1.4%
Hacer nudo	TRIA (2.5,4.12,5.5)	Normal	1.6%
Pegar etiqueta	$2.5 + \text{GAMM}(0.393, 6.37)$	Normal	2.2%

Acomodar paquete en la cajilla	TRIA(1.5,2,4.5)	Triangular
---	------------------------	------------

Nota. Elaboración propia

Aunque el Input Analyzer de ARENA recomendó distribuciones como Beta, Weibull, Lognormal, Gamma y Triangular para determinadas actividades, se decidió mantener la distribución normal en la mayoría de las operaciones. El Input Analyzer selecciona las expresiones que presentan el menor error cuadrático respecto a los datos recolectados; no obstante, un mejor ajuste estadístico de manera individual no necesariamente garantiza una representación adecuada del comportamiento global del sistema. Durante las pruebas iniciales, la incorporación directa de algunas distribuciones sugeridas modificó considerablemente la dinámica del modelo, generando mayores tiempos de procesamiento y una producción inferior a la real en la empresa.

Esta diferencia se relaciona principalmente con la unidad utilizada para representar las entidades. En el modelo de ARENA, cada entidad corresponde a un rack con capacidad para 76 tortas, mientras que los datos recolectados para la mayoría de las operaciones correspondían al tiempo de procesamiento de una sola torta. La única excepción fue el enfriamiento, cuyo tiempo fue registrado para el rack completo. Por ello, fue necesario ajustar las expresiones en los módulos Process para representar el tiempo total del rack.

Al utilizar directamente algunas distribuciones sugeridas por Input Analyzer, la variabilidad de los tiempos individuales se amplificaba al considerar las 76 tortas. Esto generaba mayores tiempos de espera, acumulación de entidades y una reducción de la producción simulada que no coincidía con la realidad observada.

La distribución normal permitió obtener tiempos más estables y representativos del procesamiento completo del rack. Además, el incremento porcentual del error cuadrático en la Tabla 19 fue reducido, con valores entre 0.04 % y 3.9 %, por lo que la diferencia en el ajuste estadístico no fue significativa.

En consecuencia, la selección final no se basó únicamente en el menor error cuadrático, sino también en la validación del modelo. Se conservaron las distribuciones que permitieron reproducir de manera más coherente la capacidad, los tiempos operativos y la producción real del proceso.

La programación del modelo de simulación se realizó en el software ARENA utilizando una estructura secuencial que representa el flujo de las tortas a través de las actividades que conforman el proceso post-horneado. Con el objetivo de simplificar el análisis y enfocar la simulación en las operaciones objeto de estudio, cada entidad del modelo representa un rack con capacidad para 76 tortas, permitiendo evaluar el comportamiento del sistema a nivel de lotes de producción.

El modelo está conformado por un módulo Create, diez módulos Process y un módulo Dispose. El módulo Create se utilizó para generar las entidades que ingresan al sistema, representando los racks provenientes de la etapa de horneado y que constituyen el punto de partida del proceso post-horneado.

Posteriormente, las entidades recorren una secuencia de diez módulos Process, cada uno asociado a una actividad específica del proceso. El primer módulo corresponde al enfriamiento de las tortas, etapa identificada durante el diagnóstico como la principal restricción operativa del sistema. Para representar la variabilidad inherente a esta actividad, se empleó una distribución triangular obtenida a partir de los datos recopilados durante el estudio del proceso. Esta distribución permite modelar un tiempo mínimo, un tiempo más probable y un tiempo máximo, reproduciendo de manera realista el comportamiento observado en la operación.

Los nueve módulos Process restantes representan las actividades que conforman la etapa de empackado: extracción de la torta de la columna, posicionamiento de la torta, corte, apertura de la bolsa, introducción de la torta en el empaque, realización del nudo de cierre, colocación de la etiqueta y las demás operaciones necesarias hasta la colocación del producto terminado en la cajilla correspondiente. Cada una de estas actividades fue modelada utilizando las distribuciones de probabilidad obtenidas mediante el análisis estadístico de los tiempos recolectados durante el estudio de campo, permitiendo incorporar la variabilidad natural presente en la ejecución de las tareas.

Finalmente, el módulo Dispose representa la salida de los racks del sistema una vez completadas todas las actividades del proceso post-horneado. A través de este módulo se contabiliza la producción terminada y se obtienen los indicadores de desempeño utilizados para evaluar cada uno de los escenarios analizados.

Esta estructura permitió representar de manera simplificada pero consistente el flujo operativo del proceso, facilitando la evaluación del impacto de las alternativas de mejora propuestas sobre la capacidad productiva, el tiempo de procesamiento y el desempeño general del sistema.

Los recursos considerados dentro del modelo corresponden a los operarios responsables de ejecutar las actividades posteriores al enfriamiento. La asignación de recursos se realizó de acuerdo con la estructura operativa observada durante el trabajo de campo, garantizando que cada actividad requiriera la disponibilidad del operario correspondiente antes de iniciar su procesamiento.

En los escenarios de mejora se modificaron los parámetros asociados a determinadas actividades para representar la incorporación de nuevas tecnologías, tales como la enfriadora industrial, la cortadora automática y el sistema automatizado de empaque. Estas modificaciones permitieron evaluar el impacto de las mejoras propuestas sobre el desempeño general del sistema.

Una vez completada la programación, se llevó a cabo el proceso de verificación con el propósito de asegurar que la lógica implementada en ARENA reprodujera correctamente el comportamiento conceptual del sistema. Para ello se realizaron múltiples corridas de prueba, observando el recorrido de las entidades a través de cada módulo y verificando que la secuencia de operaciones coincidiera con el flujo real del proceso productivo.

Durante esta etapa se comprobó el correcto funcionamiento de las reglas de procesamiento, la asignación de recursos, la generación de entidades y la acumulación de tiempos en cada una de las actividades modeladas. Asimismo, se verificó que las entidades ingresaran y salieran del sistema sin errores de programación y que los resultados obtenidos fueran coherentes con las condiciones operativas observadas en planta.

La verificación permitió identificar y corregir ajustes relacionados con la representación de los racks como entidad principal y con la configuración de los tiempos de procesamiento utilizados en las diferentes operaciones. Una vez realizados estos ajustes, el modelo mostró un comportamiento estable y consistente, permitiendo avanzar hacia la etapa de validación y posterior experimentación de escenarios.

6.4. Validación

La validación constituye una etapa fundamental dentro de un estudio de simulación, ya que permite verificar que el modelo desarrollado represente de manera adecuada el comportamiento del sistema real. Para ello, los resultados obtenidos mediante la simulación fueron comparados con datos históricos de producción y observaciones realizadas durante el diagnóstico del proceso.

Como criterio de validación se utilizó la producción diaria del sistema. De acuerdo con los registros de la empresa, la producción promedio de tortas es de aproximadamente 250 unidades por jornada laboral. Este valor refleja el desempeño habitual del proceso bajo condiciones normales de operación.

Una vez incorporados los tiempos de procesamiento obtenidos mediante el estudio de tiempos y las distribuciones estadísticas definidas para cada operación, se ejecutó el modelo bajo las mismas condiciones observadas en la planta. Como resultado, la simulación alcanzó una producción de 228 tortas terminadas durante una jornada de 8 horas y 12 minutos.

La comparación entre los resultados simulados y los datos reales muestra una diferencia de 22 tortas, equivalente a un error porcentual de 8.8%. Esta variación se considera aceptable para fines de simulación, ya que el modelo logra reproducir adecuadamente el comportamiento general del sistema y sus principales restricciones operativas. Adicionalmente, el modelo identificó la etapa de enfriamiento como la principal limitación del flujo productivo, coincidiendo con las observaciones realizadas durante el diagnóstico del proceso. Esta correspondencia entre el comportamiento observado y el comportamiento simulado aporta evidencia adicional sobre la representatividad del modelo desarrollado.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el modelo presenta un nivel adecuado de confiabilidad para ser utilizado en la evaluación de escenarios y el análisis de las propuestas de mejora planteadas en la investigación.

Tabla 20

Comparación Sistema Real vs Simulación

Indicador	Sistema real	Simulación	Diferencia
Producción diaria (tortas)	250	228	8.8%
Producción diaria (racks)	3.29	3.00	8.8%
Cuello de botella identificado	Enfriamiento	Enfriamiento	Coincide

Nota. Elaboración propia

6.5. Experimentación (Análisis de Escenarios)

Una vez validado el modelo de simulación, se ejecutaron los tres escenarios definidos con el propósito de evaluar el impacto de las alternativas de mejora sobre el desempeño del proceso post-horneado. El análisis se centró principalmente en la cantidad de tortas terminadas que logran completar todas las operaciones y alcanzar el módulo Dispose, indicador seleccionado como medida principal del rendimiento del sistema.

Tabla 21*Resumen de Resultado Obtenidos en los Escenarios*

Escenario	Racks procesados	Tortas terminadas	Tiempo de producción
Situación actual	3	228	8 h
Enfriadora	5	380	7 h 34 min 12 seg
Enfriadora + Cortadora + Empacadora	5	380	8 h 20 min 41 seg

Nota. Elaboración propia**6.5.1. Escenario 1: Situación actual de Panadería Gámez**

El primer escenario representa las condiciones reales bajo las cuales opera actualmente el proceso post-horneado de tortas en la Panadería Gámez. En esta configuración, una vez finalizado el horneado, las tortas son trasladadas a racks donde permanecen enfriándose a temperatura ambiente durante aproximadamente cuatro horas antes de poder continuar hacia las actividades de corte, empaque y etiquetado. Este tiempo de espera constituye la principal restricción del sistema, ya que impide que los lotes avancen oportunamente hacia las etapas posteriores del proceso.

Los resultados obtenidos mediante la simulación muestran que durante una jornada de ocho horas el sistema logra completar la producción de tres racks, equivalentes a 228 tortas. Aunque las actividades de corte y empaque poseen capacidad para procesar mayores volúmenes, el prolongado tiempo de enfriamiento limita la cantidad de producto que puede avanzar dentro del sistema, generando una acumulación constante de producto en proceso y una baja utilización del potencial productivo disponible.

Durante el período de enfriamiento, los racks permanecen ocupados por largos intervalos de tiempo, reduciendo la disponibilidad de espacio para nuevos lotes provenientes del horno. Como consecuencia, se produce una disminución en la fluidez del proceso y se incrementa el tiempo total que cada lote permanece dentro del sistema. Esta situación afecta directamente la

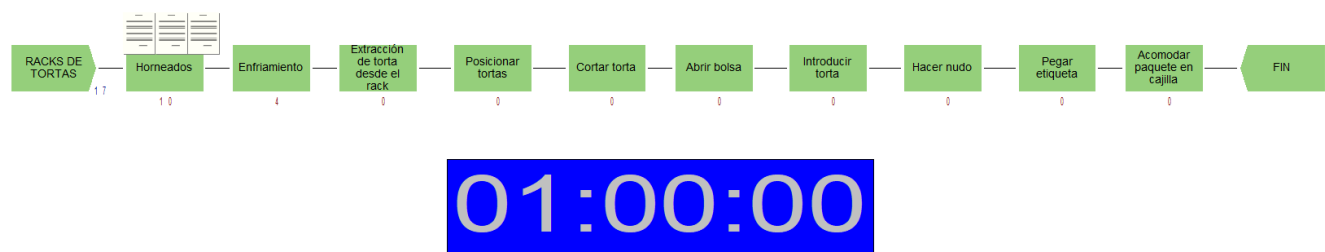
capacidad de respuesta ante aumentos en la demanda, ya que la producción adicional requeriría jornadas más largas o la incorporación de recursos adicionales para compensar la limitación existente.

Desde el punto de vista operativo, la dependencia del enfriamiento natural provoca que las condiciones ambientales influyan directamente sobre el desempeño del proceso. Factores como la temperatura ambiente, la humedad relativa y la circulación del aire pueden modificar el tiempo necesario para alcanzar la temperatura adecuada de manipulación, generando variaciones entre lotes y dificultando la estandarización de las operaciones posteriores. Esta variabilidad puede repercutir en la programación de la producción y en la planificación diaria de las actividades.

En términos de calidad e inocuidad alimentaria, el escenario actual presenta una exposición prolongada del producto al ambiente de producción. Aunque se mantengan prácticas adecuadas de higiene, el tiempo extendido de permanencia en áreas abiertas incrementa la probabilidad de contacto con partículas suspendidas, polvo y otros contaminantes presentes en el entorno. Asimismo, el manejo manual requerido para movilizar y controlar los racks durante largos períodos aumenta los puntos potenciales de contaminación. Por consiguiente, el sistema actual no solo limita la capacidad productiva, sino que también presenta oportunidades de mejora relacionadas con el control higiénico y la estandarización del proceso.

Figura 5

Simulación Actual de Panadería Gámez



Nota. Elaboración Propia

Tabla 22*Datos Escenario 1*

Datos del escenario #1 (Situación actual)	
Enfriamiento	230.94 minutos/rack
Cortado	16.47 minutos/rack
Empacado	49.5 minutos/rack
Capacidad de producción	228 tortas
Horas simuladas	8

Nota. Elaboración propia

6.5.2. Escenario 2: Incorporación de una enfriadora industrial

El segundo escenario evaluado mediante simulación contempla la incorporación de una enfriadora industrial al proceso post-horneado de tortas de la Panadería Gámez. Esta propuesta surge debido a que, durante el diagnóstico inicial y la modelación del sistema actual, se identificó que el proceso de enfriamiento constituye la principal restricción operativa de la línea de producción. En la situación actual, las tortas deben permanecer aproximadamente cuatro horas en reposo para alcanzar la temperatura adecuada antes de continuar con las operaciones de corte y empaque, generando acumulación de producto en proceso y limitando la capacidad diaria de producción.

Supóngase que las tortas producidas por los dos hornos salen del proceso de horneado y comienzan a ingresar de manera progresiva a un transportador espiral de enfriamiento. Este equipo funciona mediante una banda transportadora larga que, en lugar de extenderse horizontalmente por toda la planta, se distribuye en varios niveles alrededor de una estructura vertical. Esto permite aprovechar mejor el espacio disponible y proporcionar a las tortas un recorrido suficientemente largo para que puedan enfriarse mientras continúan avanzando dentro del proceso.

El sistema funciona mediante un motor que impulsa la banda transportadora a una velocidad previamente establecida. Mientras la estructura de la máquina permanece fija, la banda se desplaza de forma continua a través de los diferentes niveles, transportando las tortas

desde el punto de entrada hasta el punto de salida. De esta manera, una vez que las tortas son colocadas sobre la banda, el sistema realiza automáticamente su traslado durante todo el recorrido, eliminando la necesidad de manipulación manual entre niveles.

Las tortas son colocadas una después de otra, manteniendo una separación adecuada entre cada unidad. Mientras las primeras avanzan por los niveles superiores de la espiral, nuevas tortas continúan ingresando al sistema. Al mismo tiempo, las que han completado el recorrido comienzan a salir por el extremo final de la máquina. De esta manera, el equipo trabaja de forma continua: unas tortas entran, otras se encuentran enfriándose y otras salen listas para continuar con la siguiente operación.

La velocidad de movimiento de la banda es un aspecto fundamental, ya que determina cuánto tiempo permanece cada torta dentro de la máquina. Si la banda se mueve más rápido, el recorrido se completa en menos tiempo; si se mueve más lentamente, la torta permanece más tiempo dentro del sistema. Para este escenario, la velocidad se ajustaría de manera que cada unidad permanezca aproximadamente 60 minutos recorriendo los 10 niveles de la espiral.

Durante ese recorrido, las tortas permanecen expuestas al ambiente de enfriamiento y van liberando gradualmente el calor acumulado durante el horneado. La máquina no enfría el producto mediante contacto directo ni realiza movimientos bruscos sobre las tortas; su función es mantenerlas avanzando de forma lenta, ordenada y continua durante el tiempo necesario para reducir su temperatura. Esto evita que el producto tenga que permanecer inmóvil durante varias horas sobre racks, como ocurre actualmente.

Las tortas ingresarían al transportador con una temperatura aproximada de 99 °C y, después de permanecer alrededor de 60 minutos dentro del sistema, alcanzarían una temperatura estimada de 35–40 °C, adecuada para continuar con las operaciones de decoración o empaque. Por ejemplo, si la primera torta ingresa a las 12:00 p.m., comenzaría a salir aproximadamente a la 1:00 p.m. Las unidades siguientes saldrían de forma continua conforme completan su respectivo recorrido.

Por esta razón, las tortas no ingresan ni salen al mismo tiempo. El equipo funciona como una línea continua de producción. Mientras una parte del producto está entrando, otra se encuentra recorriendo la espiral y otra comienza a salir. El tiempo total requerido para procesar

las tortas dependerá también del tiempo necesario para colocarlas progresivamente sobre la banda.

En comparación con el proceso actual, donde las tortas requieren cerca de 4 horas de enfriamiento natural, la implementación del transportador espiral permitiría reducir considerablemente el tiempo de esta etapa. El producto dejaría de permanecer detenido durante varias horas y pasaría a enfriarse mientras continúa avanzando dentro del proceso productivo. Bajo las condiciones planteadas, el tiempo de enfriamiento se reduciría hasta en un 75%, pasando de aproximadamente 4 horas a cerca de 1.2 horas, incrementando la disponibilidad del producto y mejorando la continuidad de la producción.

Los resultados de la simulación evidencian una mejora sustancial en el desempeño general del sistema. Bajo esta configuración se logra completar la producción de cinco racks, equivalentes a 380 tortas, en aproximadamente 7.56 horas. Esto representa un incremento de 152 tortas respecto al escenario actual, lo que equivale a un aumento cercano al 66.7 % en la capacidad productiva de la línea. Adicionalmente, la producción se completa antes de finalizar la jornada laboral simulada, dejando capacidad disponible para responder a incrementos futuros de la demanda o absorber variaciones operativas sin comprometer el cumplimiento de los planes de producción.

La reducción del tiempo de enfriamiento genera un efecto positivo en toda la cadena de actividades posteriores. Los lotes avanzan con mayor rapidez hacia las estaciones de corte y empaque, disminuyendo significativamente la acumulación de producto en proceso. Como resultado, se incrementa la disponibilidad de racks, se reduce la congestión en el área de producción y se mejora la continuidad del flujo de materiales a través del sistema.

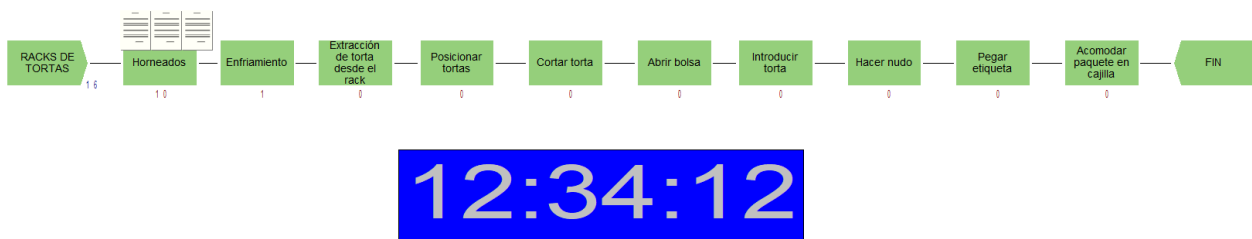
Otro aspecto relevante es que la enfriadora introduce un proceso más controlado y menos dependiente de las condiciones ambientales externas. A diferencia del enfriamiento natural, donde factores como la temperatura ambiente pueden modificar el comportamiento del sistema, el enfriamiento mecánico proporciona condiciones más uniformes y predecibles para todos los lotes producidos. Esto facilita la programación de la producción y contribuye a una mayor estabilidad operativa.

En materia de inocuidad alimentaria, los beneficios son especialmente significativos. Al reducir el tiempo durante el cual las tortas permanecen expuestas al ambiente, disminuye la posibilidad de contaminación por agentes físicos, químicos o microbiológicos presentes en el entorno de trabajo. La menor permanencia en áreas abiertas también reduce el contacto innecesario con el personal y limita la exposición a partículas suspendidas. De esta manera, la enfriadora no solo incrementa la capacidad productiva, sino que fortalece las condiciones higiénicas del proceso y contribuye al cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura requeridas en la industria alimentaria.

Desde una perspectiva estratégica, los resultados demuestran que el enfriamiento constituye el verdadero cuello de botella del sistema. La magnitud de la mejora obtenida confirma que actuar sobre esta etapa produce el mayor impacto en el desempeño global de la línea, convirtiendo a la enfriadora en una alternativa altamente efectiva para incrementar la productividad y mejorar las condiciones operativas de la empresa.

Figura 6

Simulación Incorporación de una Enfriadora Industrial



Nota. Elaboración propia

Tabla 23*Datos Escenario 2*

Datos del escenario #2	
Enfriamiento	70 minutos/rack
Cortado	16.47 minutos/rack
Empacado	49.5 minutos/rack
Capacidad de producción	380 tortas
Horas simuladas	7.56

Nota. Elaboración propia**6.5.3. Escenario 3: Incorporación de enfriadora, cortadora y empacadora automática**

El tercer escenario considera una propuesta de tecnificación más amplia mediante la incorporación de la enfriadora industrial planteada en el escenario anterior, una cortadora de tortas de fabricación artesanal y una empacadora automática. Esta alternativa busca mejorar no solamente la etapa de enfriamiento, sino también las operaciones posteriores de corte y empaque, que actualmente requieren una participación manual constante del operario.

El proceso de enfriamiento se realizaría mediante el transportador espiral descrito en el escenario anterior. Una vez que las tortas alcanzan la temperatura adecuada para continuar el proceso, pasarían a la etapa de corte. Actualmente, el operario retira cada torta del molde, la coloca sobre la mesa y realiza manualmente 10 cortes con cuchillo, distribuidos en 5 cortes verticales y 5 horizontales, invirtiendo aproximadamente 9 segundos por torta.

Con la incorporación de la cortadora de prensa artesanal, esta operación se simplifica mediante un mecanismo manual de una sola acción. El operario coloca la torta en la posición establecida dentro de una base o molde guía y posteriormente baja una palanca. Al accionar la palanca, una estructura con cuchillas desciende sobre la torta y realiza los cortes necesarios al mismo tiempo, en lugar de efectuarlos uno por uno con un cuchillo. Una vez realizado el corte, la palanca vuelve a su posición inicial y la torta queda dividida de manera uniforme para continuar hacia la siguiente operación.

Aunque la cortadora continúa siendo accionada por una persona, reduce considerablemente la cantidad de movimientos necesarios. El trabajo del operario pasa de realizar varios cortes individuales a colocar la torta, accionar la palanca y retirarla. De esta manera, el tiempo de corte por torta se reduciría de aproximadamente 13 segundos a cerca de 4–5 segundos por torta, lo que representa una disminución cercana al 65%. Además de reducir el tiempo de operación, el uso de una guía fija permite mantener un patrón de corte más uniforme y disminuir la variación que puede generarse cuando cada torta se corta manualmente.

Posteriormente, las tortas cortadas pasarían a la empacadora automática. A diferencia del método actual, donde el operario debe manipular el material de empaque y realizar individualmente el cierre de cada producto, la empacadora trabaja mediante una banda transportadora que recibe las tortas y las hace avanzar de manera continua a través de la máquina. Mientras el producto se desplaza, un rollo de película de empaque se va desenrollando y envolviendo alrededor de cada torta. La propia máquina une la película, realiza el sellado y finalmente corta el material entre un producto y otro, obteniendo paquetes individuales listos para continuar hacia almacenamiento o despacho.

El funcionamiento de la empacadora puede visualizarse como una línea continua: el operario coloca las tortas en la banda de entrada manteniendo una separación adecuada entre ellas y, a partir de ese punto, la máquina realiza automáticamente el avance, el envoltura, el sellado y el corte del empaque. Mientras una torta está siendo envuelta, otra puede encontrarse entrando a la máquina y otra saliendo ya empacada. Esto permite que la operación deje de realizarse producto por producto de forma completamente manual y pase a desarrollarse como un flujo continuo.

Actualmente, empacar tortas de forma manual requiere aproximadamente 3 horas y 15 minutos, considerando un tiempo promedio de 39.08 segundos por torta. Con la incorporación de la empacadora automática, el tiempo estimado de procesamiento se reduciría considerablemente, ya que las principales actividades de envoltura, sellado y corte del material serían realizadas por la propia máquina. Bajo las condiciones consideradas en este escenario, se estima un tiempo promedio de 12 a 15 segundos por torta, equivalente a aproximadamente una

hora para procesar todos los pedidos. Esto representa una reducción estimada del 65–70% en el tiempo de empaque.

Los resultados obtenidos muestran que el sistema mantiene una producción de cinco racks, equivalentes a 380 tortas, completando la operación en aproximadamente 7.345 horas. Aunque la cantidad producida es la misma alcanzada en el escenario anterior, se observa una reducción adicional en el tiempo requerido para finalizar la producción. Este comportamiento indica que, una vez eliminada la restricción generada por el enfriamiento, las etapas de corte y empaque dejan de limitar la capacidad total del sistema. En consecuencia, la automatización de estas operaciones mejora la eficiencia del flujo, pero no genera un incremento significativo en la cantidad de producto procesado durante la jornada simulada.

A pesar de ello, los beneficios obtenidos trascienden la simple medición de la producción. La incorporación de una cortadora automática permite ejecutar cortes más precisos y consistentes, eliminando gran parte de la variabilidad asociada al trabajo manual. Esto contribuye a obtener productos con dimensiones más uniformes, mejorando la presentación final y garantizando una mayor consistencia entre unidades y entre lotes de producción. La uniformidad obtenida fortalece la percepción de calidad por parte del cliente y favorece el cumplimiento de estándares internos de producción.

La empacadora automática complementa este efecto al proporcionar un proceso de empaque homogéneo y repetible. La correcta colocación de cada producto dentro de su empaque, junto con un cierre más uniforme, contribuye a mejorar la apariencia comercial del producto terminado y reduce la posibilidad de defectos asociados a errores humanos durante la operación manual.

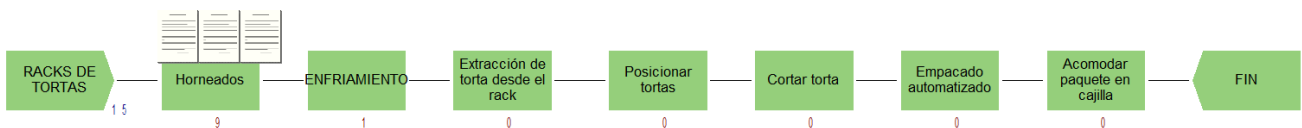
En relación con la inocuidad alimentaria, este escenario presenta el nivel de protección más alto entre las alternativas evaluadas. La automatización de las operaciones de corte y empaque disminuye significativamente la manipulación directa de las tortas por parte de los operarios, reduciendo los posibles puntos de contaminación durante las etapas finales del proceso. Al existir menos contacto manual con el producto, se fortalecen las condiciones higiénicas de producción y se minimizan los riesgos asociados a la transferencia de contaminantes externos.

Adicionalmente, la automatización favorece la estandarización de los métodos de trabajo, reduce la dependencia de la habilidad individual del personal y facilita la capacitación de nuevos operarios. Esto genera un proceso más estable, predecible y sostenible a largo plazo, especialmente ante escenarios de crecimiento de la demanda o expansión de la capacidad productiva.

Por lo tanto, aunque el escenario no incrementa la producción respecto al escenario dos, sí proporciona beneficios importantes relacionados con la uniformidad del producto, la reducción de la variabilidad operativa, el fortalecimiento de la inocuidad alimentaria y la modernización tecnológica de la planta. Estos elementos aportan valor agregado al proceso y contribuyen a elevar los estándares de calidad y competitividad de la Panadería Gámez.

Figura 7

Simulación Incorporación de Enfriadora, Cortadora y Empacadora Automática



12:20:41

Nota. Elaboración propia

Tabla 24*Datos Resumen de Escenario 3*

Datos del escenario #3 (Mejor opción)	
Enfriamiento	70 minutos/rack
Cortado	5.7 minutos/rack
Empacado (Estimación)	31.56 minutos/rack
Capacidad de producción	380
Horas simuladas	7.345

Nota. Elaboración propia

VII. Propuesta de Mejora

[A partir de los resultados obtenidos mediante el modelado y la simulación del proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez, se identificaron oportunidades de mejora orientadas a incrementar la eficiencia operativa, reducir los tiempos improductivos y fortalecer las condiciones de calidad e inocuidad alimentaria. El análisis de los diferentes escenarios permitió evaluar el comportamiento del sistema bajo distintas configuraciones tecnológicas, evidenciando el impacto que tiene la reducción de los tiempos de enfriamiento y la automatización de actividades críticas dentro de la línea de producción.

La simulación constituyó una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, ya que permitió comparar el desempeño del proceso actual con alternativas de mejora sin necesidad de realizar inversiones o modificaciones físicas previas en la planta. De esta manera, fue posible cuantificar los beneficios potenciales asociados a la incorporación de nuevas tecnologías y determinar aquellas opciones con mayor contribución al incremento de la capacidad productiva, la optimización de recursos y la mejora del nivel de servicio al cliente.

Con base en estos resultados, se presenta la propuesta de mejora estructurada en tres dimensiones complementarias: la evaluación financiera de las alternativas planteadas, el análisis de su impacto operativo y en el cliente, y las recomendaciones para la toma de decisiones estratégicas dentro de la organización. Estos elementos permiten valorar de manera integral la factibilidad y conveniencia de implementar las mejoras propuestas en Panadería Gámez.

7.1. Evaluación Financiera

La evaluación se elaboró considerando información histórica de la empresa, costos actuales de producción y proyecciones económicas conservadoras. Los principales supuestos utilizados fueron los siguientes:

- Precio de venta inicial por torta: C\$150.00.
- Producción promedio de 300 tortas por día.
- Producción anual estimada de 79,200 tortas considerando 22 días laborables por mes.
- Tasa de descuento: 14.5 %.

- Vida útil de los equipos: 5 años.
- Depreciación lineal anual de C\$80,757.30.
- Impuesto sobre la renta (IR): 30 %.
- Incremento anual de salarios del 4 %, tomando como referencia el comportamiento observado del salario mínimo en Nicaragua durante los últimos dos años.
- Incremento anual de costos asociado a la inflación entre 3.2 % y 3.5 %, de acuerdo con las proyecciones publicadas por Trading Economics para la economía nicaragüense.
- Mantenimiento preventivo y correctivo equivalente al 5 % anual de la inversión en equipos.

Estos supuestos fueron establecidos con un enfoque conservador para evitar sobreestimar los beneficios económicos derivados de la implementación.

La propuesta contempla la adquisición de tres equipos destinados a optimizar las operaciones posteriores al horneado de las tortas:

Tabla 25

Inversión de Equipos

Equipo	Inversión (C\$)
Máquina de sellado, contador y slitting (corte longitudinal)	154,495.75
Cortadora de prensa artesanal	35,667.88
Transportadores espirales de enfriamiento de acero inoxidable	120,441.35
Total inversión en equipos	310,604.98

Nota. Elaboración propia

Adicionalmente, se consideró una contingencia del 30% para cubrir gastos asociados a transporte, instalación, adecuaciones físicas e imprevistos de implementación, obteniéndose una inversión total de C\$403,786.48, valor utilizado en la evaluación financiera.

A partir de los costos de producción estimados y las proyecciones de precios de venta ajustadas por inflación, se elaboró un estado de resultados simplificado para estimar el comportamiento económico del proyecto durante los próximos cinco años.

Los ingresos anuales proyectados oscilan entre C\$11.88 millones y C\$13.55 millones, mientras que el margen de contribución anual se mantiene superior a C\$220,000, aun considerando el incremento gradual de los costos de materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación.

Asimismo, se incorporaron los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, así como la carga tributaria correspondiente al impuesto sobre la renta.

El flujo de caja neto fue calculado considerando los ingresos por ventas, los costos operativos, los gastos de mantenimiento, los impuestos y la inversión inicial.

Figura 8
Flujo de Efectivo Proyectado

Concepto	Año 0 (Hoy - 2026)	Año 1 (2027 Proy.)	Año 2 (2028 Proy.)	Año 3 (2029 Proy.)	Año 4 (2030 Proy.)	Año 5 (2030 Proy.)
Volumen de Ventas (Unidades/Tortas)	0		0	0	0	0
Ingresos por Ventas	-	C\$11.880.000,00	C\$12.260.160,00	C\$12.664.745,28	C\$13.095.346,62	C\$13.553.683,75
Mano de Obra		C\$2.799.378,40	C\$2.911.353,54	C\$3.027.807,68	C\$3.148.919,98	C\$3.274.876,78
Materia Prima		C\$8.260.560,00	C\$8.524.897,92	C\$8.806.219,55	C\$9.105.631,02	C\$9.424.328,10
(-) Costo indirecto de fabricación (CIF)	-	C\$392.100,00	C\$404.647,20	C\$418.000,56	C\$432.212,58	C\$447.340,02
(-) Mantenimiento preventivo y correctivo anual		C\$186.362,99	C\$186.363,99	C\$186.364,99	C\$186.365,99	C\$186.365,99
Margen de Contribución Total	-	C\$241.598,61	C\$232.897,35	C\$226.352,50	C\$222.217,05	C\$220.772,86
Impuesto sobre la renta		C\$48.252,39	C\$45.642,02	C\$43.678,56	C\$42.437,93	C\$42.004,67
Flujo de Caja Operativo despues de impuesto		C\$193.346,22	C\$187.255,34	C\$182.673,94	C\$179.779,13	C\$178.768,19
(-) Inversión Inicial	(C\$403.786,48)	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA NETO	(C\$403.786,48)	C\$193.346,22	C\$187.255,34	C\$182.673,94	C\$179.779,13	C\$178.768,19

Nota. Elaboración propia

Los resultados muestran que el proyecto genera flujos positivos desde el primer año de operación, permitiendo recuperar gradualmente la inversión realizada y mantener una rentabilidad estable durante todo el período de evaluación.

Con el propósito de determinar la conveniencia económica de la propuesta se calcularon los indicadores de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación (PR).

Figura 9*Indicadores de Viabilidad con Flujos Futuros*

Indicador Financiero	Valor obtenido
Valor Actual Neto (VAN)	C\$196.533,72
Tasa Interna de Retorno (TIR)	36,5%
Periodo de Recuperación (PR - Años)	2,088

Nota. Elaboración propia

El Valor Actual Neto (VAN) representa la riqueza adicional que generará el proyecto una vez recuperada la inversión inicial y descontados todos los flujos futuros al costo de oportunidad del capital establecido para la empresa. Este indicador considera el valor del dinero en el tiempo, por lo que permite conocer cuánto valor económico real aportará la inversión.

En la evaluación realizada se obtuvo un VAN de C\$196,533.72, valor superior a cero. Esto significa que, después de recuperar la inversión inicial de C\$403,786.48 y remunerar el capital invertido a una tasa del 14.5%, el proyecto todavía genera un beneficio adicional de C\$196,533.72. En otras palabras, la propuesta no solo recupera el dinero invertido, sino que también crea valor económico para la empresa.

Desde el punto de vista financiero, un VAN positivo indica que la inversión incrementa la rentabilidad de la organización y, por lo tanto, debe aceptarse. Si el VAN fuera igual a cero, la inversión únicamente recuperaría el costo de oportunidad del capital, mientras que un VAN negativo indicaría que el proyecto destruye valor y no debería ejecutarse.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) corresponde a la rentabilidad porcentual que genera el proyecto durante su vida útil. Puede interpretarse como la tasa máxima de rendimiento que la inversión es capaz de producir considerando todos los flujos de efectivo proyectados.

Para la propuesta se obtuvo una TIR de 36.5 %, valor considerablemente superior a la tasa de descuento o costo de oportunidad del capital utilizada en la evaluación (14.5 %). Esto significa que por cada córdoba invertido en el proyecto se espera obtener una rentabilidad significativamente mayor a la mínima exigida por la empresa.

La diferencia entre ambas tasas es de 22 puntos porcentuales, lo que evidencia un amplio margen de seguridad financiera frente a posibles variaciones en los costos, ventas o condiciones del mercado. Por esta razón, el proyecto puede considerarse financieramente atractivo y con capacidad suficiente para generar beneficios económicos sostenibles.

El Período de Recuperación (PR) mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial mediante los flujos netos de efectivo generados por el proyecto. Este indicador permite evaluar el nivel de riesgo asociado a la inversión, ya que mientras menor sea el tiempo de recuperación, menor será la exposición de la empresa a incertidumbres futuras.

Los resultados obtenidos muestran un Período de Recuperación de 2.088 años, equivalente aproximadamente a 2 años y 1 mes. Esto significa que la inversión inicial de C\$403,786.48 será recuperada antes de que transcurra la mitad de la vida útil estimada de los equipos, la cual se estableció en cinco años.

Este resultado es favorable porque permite que la empresa recupere el capital invertido en un plazo relativamente corto y disponga posteriormente de varios años adicionales para generar beneficios netos derivados de la inversión. Además, reduce el riesgo financiero asociado a la implementación de la propuesta, ya que la recuperación ocurre con suficiente anticipación respecto al final de la vida útil de los activos.

De manera conjunta, los tres indicadores demuestran que la propuesta es económicamente conveniente para Panadería Gámez. El VAN positivo confirma que la inversión genera valor económico adicional; la TIR superior al costo de oportunidad del capital demuestra que la rentabilidad esperada supera ampliamente el rendimiento mínimo exigido por la empresa; y el Período de Recuperación de poco más de dos años evidencia que el desembolso inicial puede recuperarse en un plazo razonable considerando la vida útil de los equipos.

Por consiguiente, los resultados respaldan la factibilidad financiera de la implementación de la máquina de enfriamiento, cortado y empaque, constituyendo una alternativa que no solo mejora el desempeño operativo del proceso post-horneado, sino que también genera beneficios económicos suficientes para justificar la inversión requerida.

7.2. Impacto Operativo y en el Cliente

Los resultados obtenidos mediante el modelo de simulación evidencian que la propuesta de mejora genera beneficios significativos tanto en el desempeño operativo del sistema como en el nivel de servicio ofrecido a los clientes. La incorporación de una enfriadora industrial, una cortadora de tortas y una empacadora automática permite reducir las principales restricciones identificadas durante el diagnóstico técnico-operativo, fortaleciendo la capacidad productiva, optimizando la utilización de recursos y mejorando las condiciones de inocuidad alimentaria del proceso post-horneado.

Desde la perspectiva de productividad, la simulación demostró que el sistema actual alcanza una producción aproximada de tres racks de tortas por jornada laboral, equivalentes a 228 unidades terminadas. En contraste, la propuesta integral permite producir cinco racks, equivalentes a 380 tortas durante la misma jornada, representando un incremento del 66.7% en la capacidad productiva. Este resultado evidencia que la eliminación de restricciones en las etapas posteriores al horneado permite aprovechar de mejor manera la capacidad instalada existente y responder de forma más eficiente ante incrementos de la demanda.

Asimismo, los resultados permiten confirmar que el enfriamiento constituye el principal cuello de botella del sistema. Durante el diagnóstico se identificó que las tortas permanecen aproximadamente entre cuatro y cinco horas a temperatura ambiente antes de avanzar hacia las operaciones de empaque, situación que genera acumulación de producto en proceso y prolonga el tiempo total de ciclo. La incorporación de la enfriadora industrial reduce significativamente este tiempo, permitiendo que los racks continúen más rápidamente hacia las etapas posteriores y aumentando la continuidad del flujo operativo. La simulación del escenario con enfriadora mostró una producción de cinco racks equivalentes a 380 tortas terminadas en 7 horas y 33 minutos, lo que representa un incremento del 66.7 % respecto a la situación actual.

La incorporación complementaria de la cortadora y la empacadora automática genera beneficios adicionales asociados a la reducción de actividades manuales. Estas tecnologías disminuyen los tiempos requeridos para el procesamiento de cada rack una vez concluido el enfriamiento, reduciendo la dependencia del recurso humano en actividades repetitivas y permitiendo que los operarios puedan concentrarse en funciones de supervisión, control de

calidad y aseguramiento del proceso. Como resultado, el flujo del producto se vuelve más continuo y estable, disminuyendo los tiempos muertos y mejorando el aprovechamiento de los recursos disponibles.

En términos de utilización de recursos, la propuesta permite incrementar la capacidad operativa sin requerir aumentos proporcionales en la cantidad de personal. Los resultados del escenario con enfriadora evidenciaron que era posible alcanzar una producción superior en un tiempo menor al de la jornada laboral original, demostrando la existencia de capacidad disponible dentro del sistema una vez eliminada la restricción principal. Esto implica una mejor utilización de los recursos físicos, una reducción de las acumulaciones de producto en racks y una disminución del esfuerzo operativo asociado a las actividades manuales de empaque y manipulación.

Desde la perspectiva de inocuidad alimentaria, la propuesta también genera beneficios relevantes. El diagnóstico evidenció que el producto permanece expuesto al ambiente durante períodos prolongados mientras ocurre el enfriamiento natural, aumentando la interacción con manipuladores, superficies y condiciones ambientales que pueden afectar la calidad e inocuidad del producto. La reducción del tiempo de enfriamiento disminuye significativamente este período de exposición, fortaleciendo el control preventivo de inocuidad y reduciendo los riesgos potenciales de contaminación durante las etapas posteriores al horneado.

Adicionalmente, la implementación de la enfriadora industrial contribuye a fortalecer las condiciones de control preventivo ya existentes en la empresa, al proporcionar un proceso de enfriamiento más controlado y uniforme. Esto permite reducir la permanencia del producto en áreas abiertas, disminuyendo la probabilidad de contaminación derivada del contacto con el ambiente y favoreciendo una transición más rápida hacia las operaciones de empaque. En consecuencia, el escenario con enfriadora no solo mejora el desempeño operativo del sistema, sino que también incrementa el nivel de protección del producto durante una de las etapas más sensibles del proceso post-horneado.

Por otra parte, la incorporación de la cortadora y la empacadora automática genera beneficios adicionales para la inocuidad alimentaria al reducir significativamente la manipulación directa del producto por parte de los operarios. La automatización parcial de estas operaciones

disminuye el contacto manual, reduce la variabilidad asociada a la ejecución de tareas repetitivas y limita las oportunidades de contaminación cruzada durante las etapas de corte y empaque. Asimismo, la estandarización de las operaciones favorece una mayor uniformidad en la presentación del producto y fortalece la consistencia de los controles operativos aplicados durante el procesamiento.

De igual forma, la automatización contribuye a reducir el contacto frecuente con superficies, utensilios y elementos de trabajo utilizados durante el proceso manual, fortaleciendo las condiciones de higiene y mejorando la protección del producto terminado. Aunque Panadería Gámez ya cuenta con la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), sistemas de trazabilidad y controles documentados de producción, la propuesta permite complementar estas medidas mediante la reducción de factores operativos que pueden influir en la exposición del producto después del horneado.

La Tabla 26 presenta una comparación de los principales beneficios de inocuidad alimentaria obtenidos en cada uno de los escenarios evaluados mediante simulación.

Tabla 26

Comparación de los Principales Beneficios de Inocuidad Alimentaria

Aspecto de inocuidad	Escenario actual	Escenario 2: Enfriadora	Escenario 3: Enfriadora + Cortadora + Empacadora
Tiempo de exposición al ambiente	Alto	Reducido	Reducido al mínimo posible
Manipulación directa del producto	Alta	Alta	Media-Baja
Riesgo potencial de contaminación cruzada	Moderado	Bajo	Bajo
Control del proceso de enfriamiento	Enfriamiento natural	Enfriamiento controlado	Enfriamiento controlado
Uniformidad de las operaciones	Dependiente del operario	Dependiente del operario	Alta estandarización

Contacto con superficies y utensilios	Frecuente	Frecuente	Reducido
Protección del producto durante el proceso	Limitada	Mejorada	Mejorada significativamente
Cumplimiento preventivo de BPM	Adecuado	Fortalecido	Fortalecido significativamente
Consistencia del producto final	Variable	Variable	Alta
Nivel global de control de inocuidad	Medio	Alto	Muy alto

Nota. Elaboración propia

Los resultados reflejados en la Tabla 26 evidencian que los beneficios asociados a la inocuidad alimentaria aumentan progresivamente conforme se incorporan tecnologías al proceso post-horneado. Mientras que el escenario actual presenta mayores niveles de exposición ambiental y dependencia de la manipulación manual, el escenario con enfriadora fortalece el control preventivo mediante la reducción del tiempo de enfriamiento. A su vez, la incorporación adicional de la cortadora y la empacadora automática permite alcanzar un mayor nivel de control al reducir el contacto directo con el producto y promover una mayor estandarización de las operaciones.

Por otra parte, la automatización parcial del proceso contribuye a una mayor estandarización de las operaciones de corte y empaque. Al reducir la variabilidad asociada a las actividades manuales, se mejora la uniformidad del producto terminado, la consistencia de la presentación comercial y la calidad percibida por el consumidor. Estas mejoras fortalecen la imagen de la empresa y contribuyen a aumentar la satisfacción de los clientes, quienes reciben productos con mayor uniformidad, mejores condiciones de conservación y menor tiempo transcurrido entre producción y distribución.

En relación con el nivel de servicio, el incremento de la capacidad productiva permite a Panadería Gámez responder de manera más eficiente a las variaciones de la demanda y reducir el riesgo de incumplimientos en los pedidos. La disponibilidad de una mayor cantidad de

producto terminado dentro de la misma jornada productiva mejora la capacidad de abastecimiento hacia pulperías, cafetines, mayoristas y demás canales de distribución atendidos por la empresa. Esto fortalece la confiabilidad del servicio y contribuye al cumplimiento oportuno de los requerimientos del mercado.

La Tabla 27 resume los principales resultados operativos obtenidos durante la simulación de los diferentes escenarios evaluados.

Tabla 27

Comparación de Resultados Operativos de los Escenarios Simulados

Indicador	Escenario 1: Situación Actual	Escenario 2: Enfriadora	Escenario 3: Enfriadora + Cortadora + Empacadora
Producción (racks)	3	5	5
Producción (tortas)	228	380	380
Tiempo de producción (horas)	8.00	7.56	7.35
Incremento de producción (%)	—	66.7%	66.7%
Incremento de producción (tortas)	—	+152	+152
Productividad (tortas/hora)	28.50	50.26	51.70
Productividad (racks/hora)	0.38	0.66	0.68
Reducción del tiempo total (%)	—	5.5%	8.1%
Nivel de inocuidad	Bajo	Alto	Muy alto
Uniformidad del producto	Media	Media	Alta
Nivel de automatización	Bajo	Medio	Alto

Nota. Elaboración propia

Los indicadores de desempeño muestran que la implementación de la enfriadora genera el mayor impacto sobre la capacidad productiva del sistema, incrementando la producción en un 66.7% respecto a la situación actual y elevando la productividad de 28.50 a 50.26 tortas por hora. Este resultado confirma que el enfriamiento constituye la principal restricción operativa del proceso post-horneado y que su optimización permite mejorar significativamente el flujo de producción.

Por otra parte, aunque el escenario tres mantiene la misma capacidad de producción que el escenario dos, se observa una mejora adicional en la productividad, alcanzando 51.70 tortas por hora gracias a la reducción de los tiempos asociados a las actividades de corte y empaque. Asimismo, este escenario presenta ventajas cualitativas relacionadas con la uniformidad del producto terminado, la reducción de la variabilidad operativa y el fortalecimiento de las condiciones de inocuidad alimentaria debido a la menor manipulación manual de las tortas durante las etapas finales del proceso.

En conjunto, los resultados evidencian que el escenario dos constituye la alternativa con mayor impacto sobre la capacidad productiva, mientras que el escenario tres aporta beneficios complementarios orientados a la estandarización del proceso, la mejora de la calidad percibida por el cliente y la modernización tecnológica de la operación.

De manera complementaria, la Tabla 28 presenta una síntesis de los beneficios integrales que la propuesta genera sobre la productividad, la inocuidad alimentaria y el servicio al cliente.

Tabla 28*Síntesis de los Beneficios sobre la Productividad, la Inocuidad Alimentaria y el Servicio al Cliente*

Dimensión	Beneficio obtenido
Productividad	Incremento de hasta 66.7% en la producción diaria
Tiempo de ciclo	Reducción significativa del tiempo de procesamiento post-horneado
Utilización de recursos	Mejor aprovechamiento de equipos y personal
Cuellos de botella	Eliminación de la restricción principal en enfriamiento
Manipulación manual	Disminución mediante automatización parcial
Exposición ambiental	Reducción del tiempo de permanencia del producto en áreas abiertas
Inocuidad alimentaria	Fortalecimiento de controles preventivos y reducción de riesgos potenciales de contaminación
Calidad del producto	Mayor uniformidad en corte, empaque y presentación
Capacidad de respuesta	Mayor disponibilidad de producto para atender la demanda
Cumplimiento de pedidos	Menor probabilidad de retrasos y desabastecimientos
Satisfacción del cliente	Incremento de la confiabilidad y consistencia del producto
Competitividad	Mayor capacidad para sostener el crecimiento del mercado

Nota. Elaboración propia

En consecuencia, los resultados de simulación demuestran que la propuesta de tecnificación integral genera beneficios operativos significativos al incrementar la productividad, reducir tiempos improductivos, optimizar la utilización de recursos, fortalecer la inocuidad alimentaria y mejorar la capacidad de respuesta hacia los clientes. En síntesis, los resultados obtenidos evidencian que la propuesta de mejora no solo incrementa la capacidad productiva del sistema, sino que también fortalece la calidad del producto y las condiciones de inocuidad alimentaria. La reducción de tiempos de espera, la disminución de la manipulación manual y la mayor disponibilidad de producto terminado permiten mejorar el nivel de servicio ofrecido a los clientes, contribuyendo al fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad operativa de Panadería Gámez.

7.3. Toma de Decisiones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos mediante la simulación y la evaluación financiera permiten concluir que la propuesta de tecnificación integral, conformada por una enfriadora industrial, una cortadora de tortas y una empacadora automática, representa la alternativa más conveniente para Panadería Gámez. Desde la perspectiva operativa, este escenario alcanzó el mejor desempeño del sistema, logrando una producción de cinco racks equivalentes a 380 tortas por jornada, duplicando la capacidad observada en la situación actual. Asimismo, permitió reducir las restricciones asociadas al enfriamiento, disminuir la dependencia de actividades manuales y mejorar la continuidad del flujo productivo.

Desde el punto de vista económico, la propuesta demostró ser altamente viable, obteniendo un Valor Actual Neto (VAN) de C\$196,533.72, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 36.5 % y un Período de Recuperación de 2.088 años, equivalente aproximadamente dos años y un mes. Estos resultados indican que la inversión genera valor para la empresa, recupera rápidamente el capital invertido y presenta una rentabilidad significativamente superior al rendimiento mínimo exigido.

En consecuencia, se recomienda a la gerencia de Panadería Gámez considerar la implementación de la propuesta integral como parte de su estrategia de fortalecimiento operativo y crecimiento productivo. No obstante, debido a que la enfriadora industrial fue identificada como el elemento que genera el mayor impacto sobre la capacidad del sistema, se sugiere priorizar su adquisición en caso de existir restricciones presupuestarias. Los resultados de simulación demostraron que la reducción del tiempo de enfriamiento elimina el principal cuello de botella del proceso y permite incrementos significativos en la producción sin necesidad de aumentar la cantidad de personal operativo.

Asimismo, se recomienda desarrollar la implementación de manera progresiva, iniciando con la instalación y puesta en marcha de la enfriadora industrial, seguida por la incorporación de la cortadora y la empacadora automática. Este enfoque permitirá facilitar la adaptación del personal, evaluar el comportamiento real del sistema después de cada etapa y reducir posibles riesgos asociados al proceso de transición tecnológica.

De igual manera, se recomienda capacitar al personal involucrado en la operación y mantenimiento de los nuevos equipos, estableciendo procedimientos estandarizados de trabajo que aseguren el aprovechamiento adecuado de la tecnología incorporada. La capacitación deberá incluir aspectos relacionados con operación segura, limpieza, mantenimiento preventivo y control de calidad, con el propósito de garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Por otra parte, se recomienda establecer un sistema de seguimiento mediante indicadores de desempeño que permita monitorear continuamente los resultados obtenidos. Entre los indicadores sugeridos se encuentran la producción diaria de tortas, tiempo total de ciclo, tiempo de enfriamiento, utilización de recursos, productividad por jornada y porcentaje de cumplimiento de pedidos. El monitoreo de estos indicadores facilitará la identificación temprana de desviaciones y la toma de decisiones basadas en datos.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el alcance del modelo de simulación hacia otras líneas de productos de la empresa, tales como alboras, rosquillas y pudines, así como la evaluación de escenarios relacionados con ampliación de turnos, crecimiento de la demanda y optimización de la distribución. Esto permitirá continuar fortaleciendo la competitividad de Panadería Gámez mediante la aplicación de herramientas de simulación y mejora continua orientadas al incremento de la eficiencia operativa, la calidad y la inocuidad alimentaria.

Con el propósito de facilitar la ejecución de la propuesta y maximizar los beneficios esperados, se plantea un esquema de implementación progresiva que permita incorporar las mejoras de manera ordenada, reducir riesgos durante la transición y asegurar la adaptación del personal a las nuevas condiciones operativas. La Tabla 29 presenta las principales etapas recomendadas para la implementación de la alternativa seleccionada.

Tabla 29*Plan de Implementación*

Etapas	Acción	Prioridad
1	Adquisición e instalación de enfriadora industrial	Alta
2	Capacitación del personal	Alta
3	Implementación de cortadora de tortas	Media
4	Implementación de empacadora automática	Media
5	Seguimiento mediante KPI operativos	Alta
6	Evaluación de resultados y ajustes	Alta

Nota. Elaboración propia

VIII. Conclusiones

La presente investigación permitió diseñar una propuesta de mejora para el proceso post-horneado de tortas en Panadería Gámez, orientada al fortalecimiento de la eficiencia operativa y la inocuidad alimentaria mediante el uso de modelado de simulación y tecnificación del sistema productivo. Los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de tecnologías en las etapas posteriores al horneado constituye una alternativa técnica y económicamente viable para optimizar el desempeño del proceso y mejorar la competitividad de la organización.

Con relación al primer objetivo específico, se determinaron las condiciones actuales del proceso post-horneado mediante el estudio de tiempos y el análisis de utilización de recursos. Se identificó que el enfriamiento constituye la principal restricción operativa del sistema, con un tiempo promedio de 230.94 minutos por rack, equivalente a aproximadamente 3.85 horas, representando la etapa de mayor duración dentro del proceso. Asimismo, se evidenció una alta dependencia de actividades manuales durante el corte y empaque, lo que genera acumulación de producto en proceso, tiempos muertos y limitaciones en la capacidad de respuesta ante la demanda.

Respecto al segundo objetivo específico, se identificaron las condiciones de control preventivo de inocuidad alimentaria presentes en el proceso post-horneado. El diagnóstico permitió comprobar que la empresa cuenta con prácticas relacionadas con inspección visual del producto, control de proveedores y etiquetado; sin embargo, se detectaron oportunidades de mejora asociadas al prolongado tiempo de exposición ambiental durante el enfriamiento, la ausencia de controles documentados del tiempo de exposición y temperatura por lote, la inexistencia de barreras físicas de protección durante el enfriamiento y la elevada manipulación manual del producto durante las etapas finales del proceso. Estas condiciones incrementan el riesgo potencial de contaminación y justifican la necesidad de fortalecer los controles preventivos mediante tecnificación y reducción de la exposición ambiental.

En cumplimiento del tercer objetivo específico, se desarrolló y validó un modelo de simulación en Arena capaz de representar el comportamiento real del proceso post-horneado, incorporando el flujo de materiales, recursos y tiempos operativos observados en planta. El modelo permitió analizar el desempeño actual del sistema, identificar cuellos de botella y evaluar

diferentes alternativas de mejora sin intervenir la operación real, demostrando la utilidad de la simulación de eventos discretos como herramienta para la toma de decisiones basada en evidencia.

En cuanto al cuarto objetivo específico, se formuló una propuesta de mejora sustentada en la incorporación de una enfriadora industrial, una cortadora de tortas y una empacadora automática. Los resultados de simulación evidenciaron que la tecnificación del proceso permite incrementar la producción de 228 a 456 tortas por jornada laboral, equivalente a un aumento del 100 % respecto a la situación actual. Asimismo, la propuesta reduce significativamente los tiempos improductivos, disminuye la acumulación de producto en proceso, mejora la continuidad del flujo operativo y reduce la manipulación directa del producto, fortaleciendo simultáneamente la eficiencia operativa y las condiciones de inocuidad alimentaria.

Finalmente, se concluye que el objetivo general de la investigación fue alcanzado satisfactoriamente, al diseñarse una propuesta de mejora técnicamente fundamentada y respaldada mediante simulación y análisis financiero. La evaluación económica confirmó la viabilidad de la inversión propuesta, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de C\$6,995,061.04, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 630.7 % y un período de recuperación aproximado de 1.9 meses, indicadores que respaldan la conveniencia de implementar la alternativa seleccionada. En consecuencia, la propuesta representa una solución integral que contribuye al fortalecimiento de la productividad, la calidad, la inocuidad alimentaria y la sostenibilidad operativa de Panadería Gámez.

IX. Referencias

- Alibaba.com. (s. f.). Full automatic pillow roll packing machine. Alibaba. Recuperado el 13 de julio de 2026, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Full-Automatic-Pillow-Roll-Packing-Machine-1601585826350.html>*
- Alibaba.com. (s. f.). Spiral cooling conveyors stainless steel conveyor belt spiral cooling tower for bread cooling. Alibaba. Recuperado el 13 de julio de 2026, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Spiral-Cooling-Conveyors-Stainless-Steel-Conveyor-1601484579413.html>*
- Automation's promise falters as skills gap hits bakeries hard. (2026, 17 febrero). BakeryAndSnacks.com. https://www.bakeryandsnacks.com/Article/2026/02/17/bakery-automation-stalls-amid-skills-gap/?utm_source=chatgpt.com/*
- Banco Central de Nicaragua. (2025). Informe anual 2024. Banco Central de Nicaragua. <https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/informe-anual-2024>
- BUSINESS WIRE. (2024, 27 noviembre). *Bakery Processing Equipment Market Overview 2024-2030.* https://www.businesswire.com/news/home/20241127561389/en/Bakery-Processing-Equipment-Market-Overview-2024-2030-Adoption-of-High-Tech-Bakery-Processing-Equipment-Surges-Amidst-Increasing-Food-Component-Prices---ResearchAndMarkets.com?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=copy_link&utm_source=bookmark
- Calderón, H., & Almendra, M. F. (2023). Propuesta de Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control para asegurar la inocuidad de los productos de la panadería Productos Artesanales de Panificación EIRL.
- Huldt, T., & Stenius, I. (2019). State-of-practice survey of model-based systems engineering. *Systems Engineering*. <https://doi.org/10.1002/sys.21466>
- Li, Z., Wang, G., Lu, J., & Broo, D. G. (2022). Bibliometric analysis of model-based systems engineering: Past, current, and future. *IEEE*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9829034>

- Sierra Suarez, K. J., & Lopez Sarmiento, L. D. (2025). Consultoría: Análisis de producción de pan perro y hamburguesa por medio de simulación en la empresa PANADERÍA TEJADITOS DUQUE.
- Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Neves, A., Junior, Da Silva, C. R., Da Silva Cardoso, V., & Akamine, I. T. (2024). Microbial Preservation and Contamination Control in the Baking Industry. *Fermentation*, 10(5), 231. <https://doi.org/10.3390/fermentation10050231>
- Wagg, D. J., & Worden, K. (2020). Digital twins: State-of-the-art and future directions for modeling and simulation in engineering dynamics applications. *ASME Journal of Risk and Uncertainty*. <https://asmedigitalcollection.asme.org/risk/article/6/3/030901>

X. Apéndices

Tabla 30
Instrumento de Recolección de Datos Empacado

ESTUDIO DE TIEMPOS				
Departamento:	Empacado	Estudio de Tiempo No:		
Fecha:		Inicio:		Duración:
		Fin:		
Producto/Pieza	Torta Gámez			
Total de elementos observados		Analista:		

Observación	Extraer la torta de la columna	Posicionar torta	Cortar torta	Abrir bolsa	Introducir torta	Hacer nudo	Pegar etiqueta	Acomodar paquete en la cajilla
1								
2								
3								
4								
5								
SUMA								
n								
T.O PROM								

Nota. Elaboración propia

Tabla 31*Instrumento de Recolección de Datos Enfriado*

ESTUDIO DE TIEMPOS				
Departamento:	Enfriado	Estudio de Tiempo No:		
Fecha:		Inicio:		Duración:
		Fin:		
Producto/Pieza	Torta Gámez			
Total de elementos observados		Analista:		

Observación	Hora de inicio	Hora final	Tiempo total (min)	Rack No.	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
PROMEDIO					

Nota. Elaboración propia

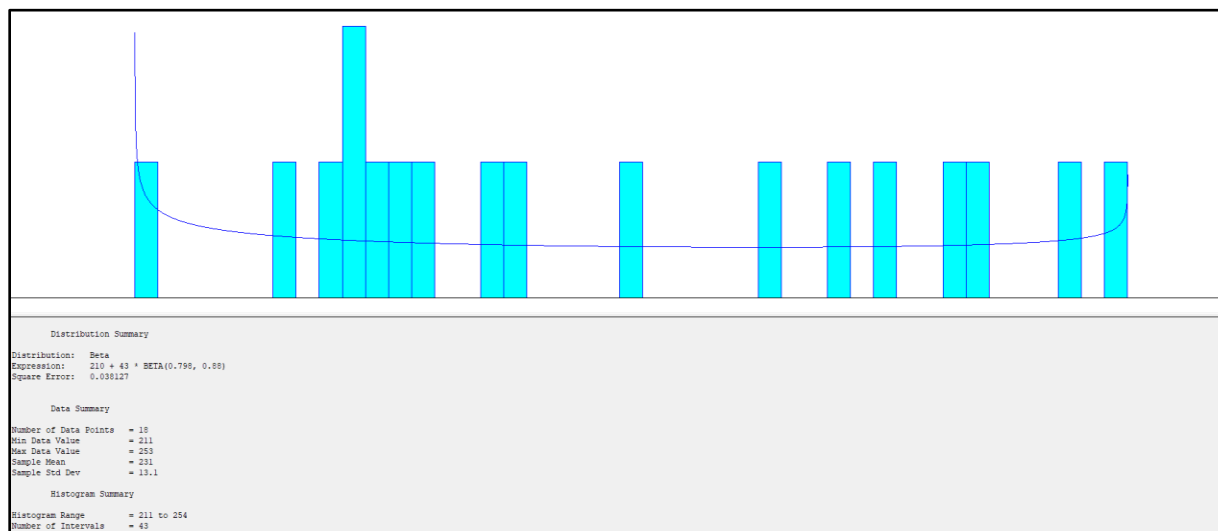
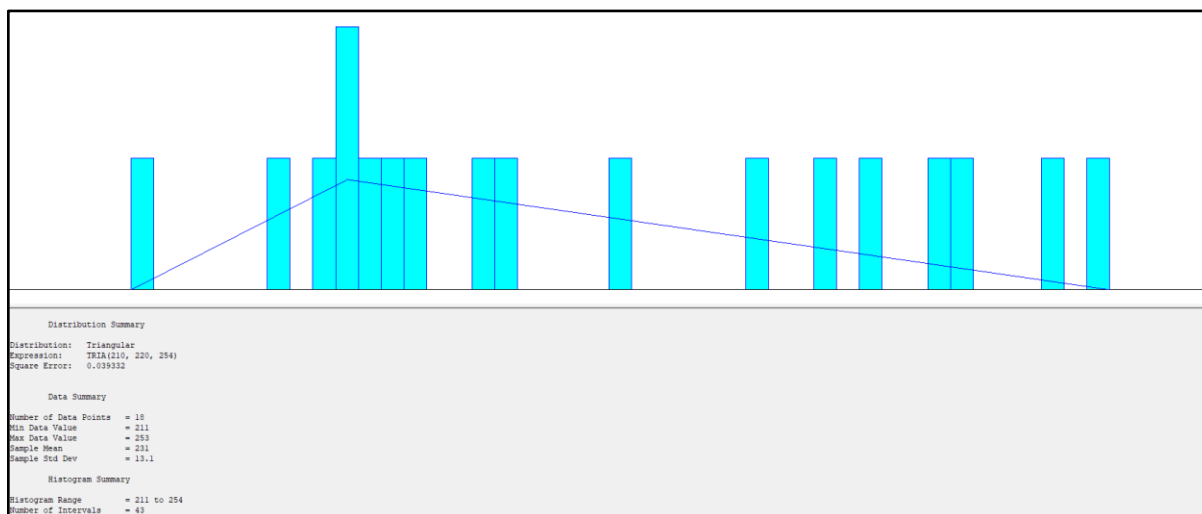
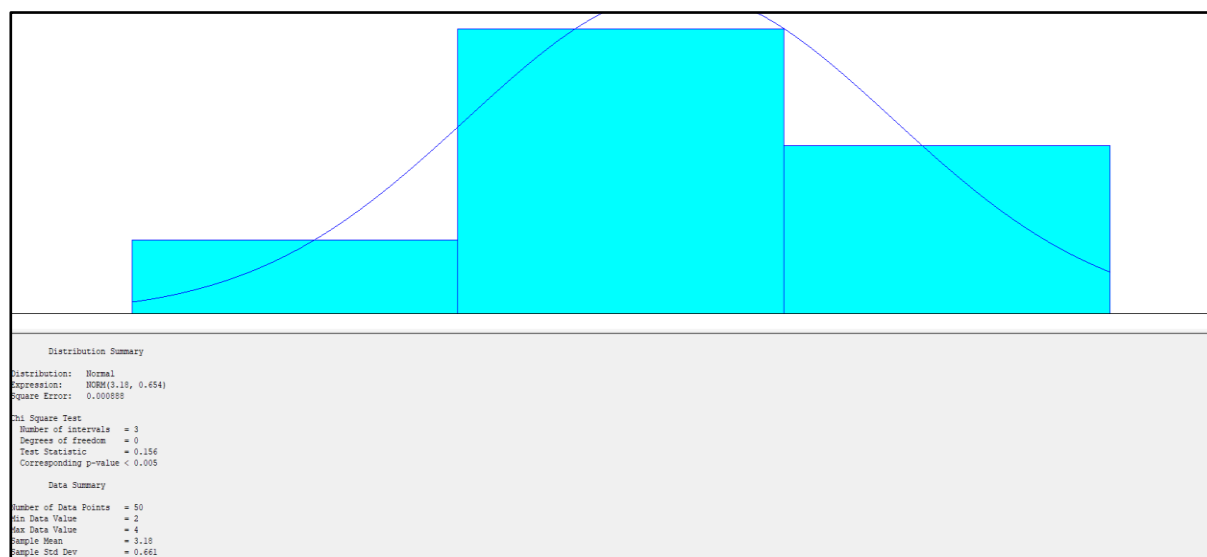
Figura 10*Distribución de Enfriamiento Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 11***Distribución de Enfriamiento Utilizada***Nota.** Elaboración propia

Figura 12

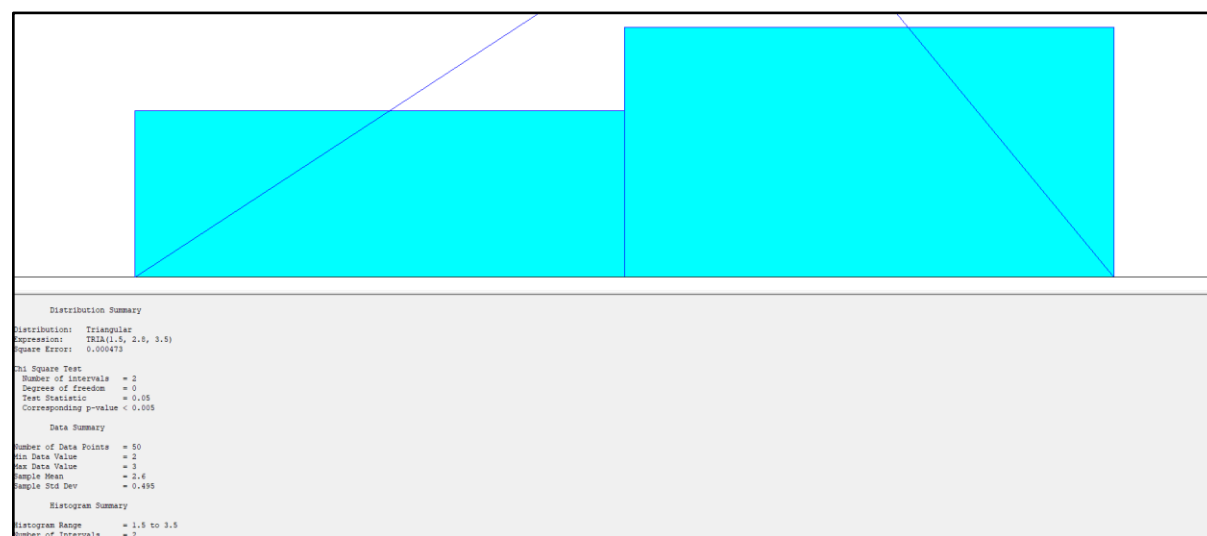
Distribución de Extraer torta de la columna Sugerida por Input Analyzer y Utilizada



Nota. Elaboración propia

Figura 13

Distribución de Posicionar torta Sugerida por Input Analyzer y Utilizada



Nota. Elaboración propia

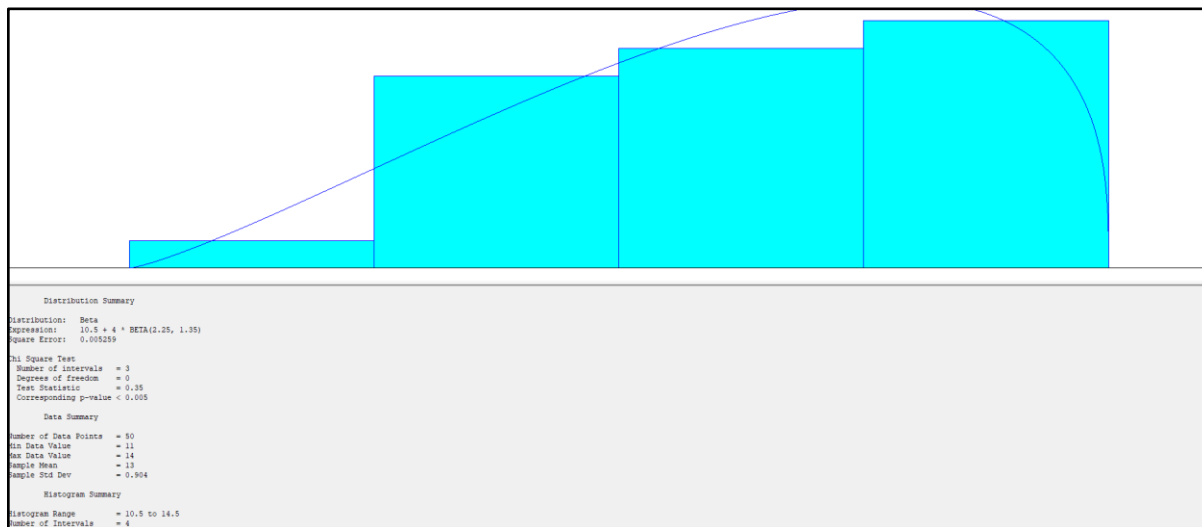
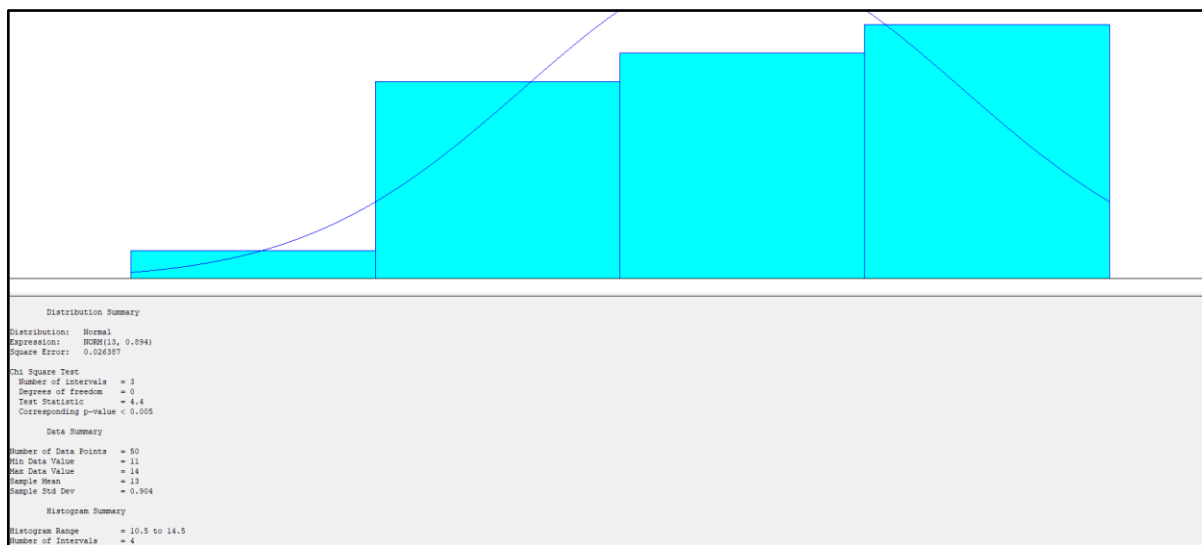
Figura 14*Distribución de Cortar torta Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 15***Distribución de Cortar torta Utilizada***Nota.** Elaboración propia

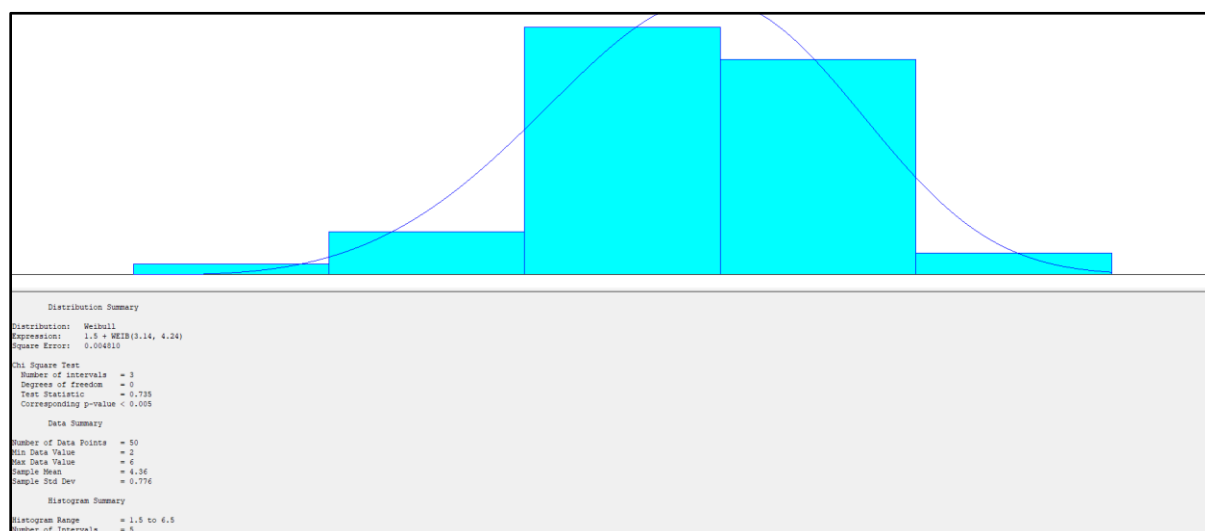
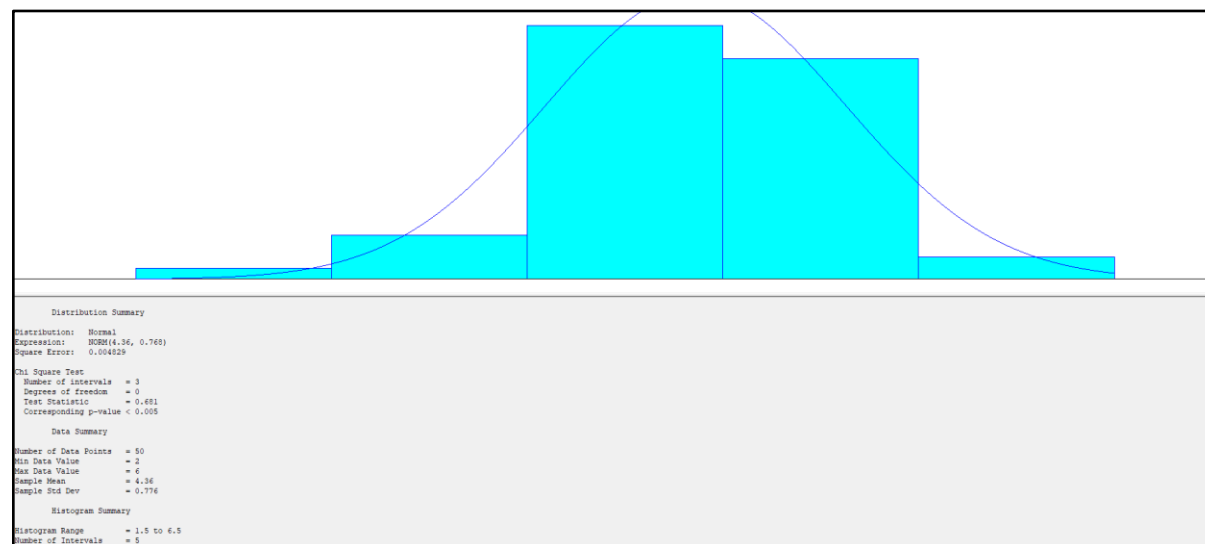
Figura 16*Distribución de Abrir bolsa Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 17***Distribución de Abrir Bolsa Utilizada***Nota.** Elaboración propia

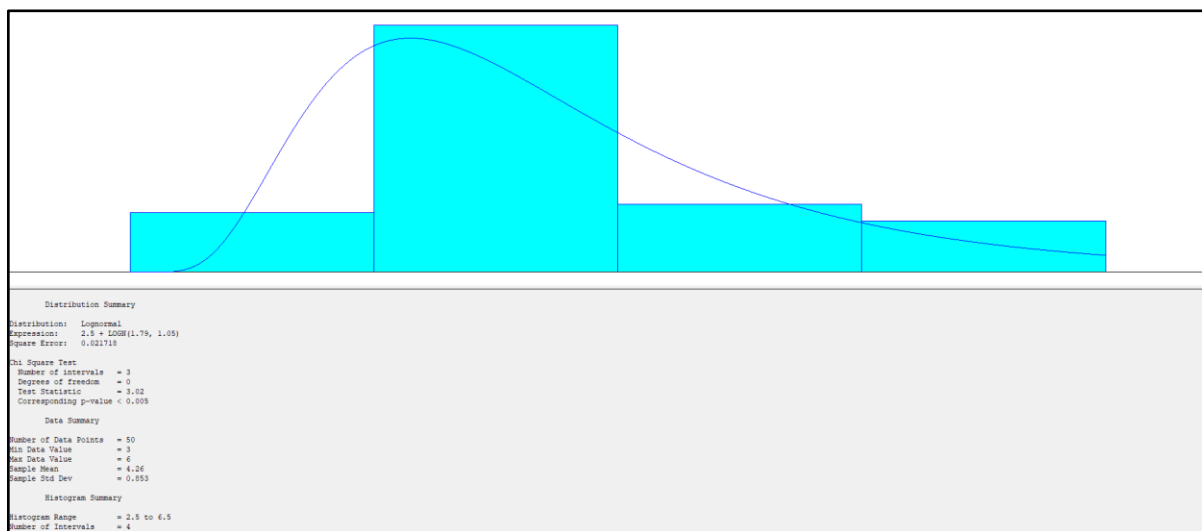
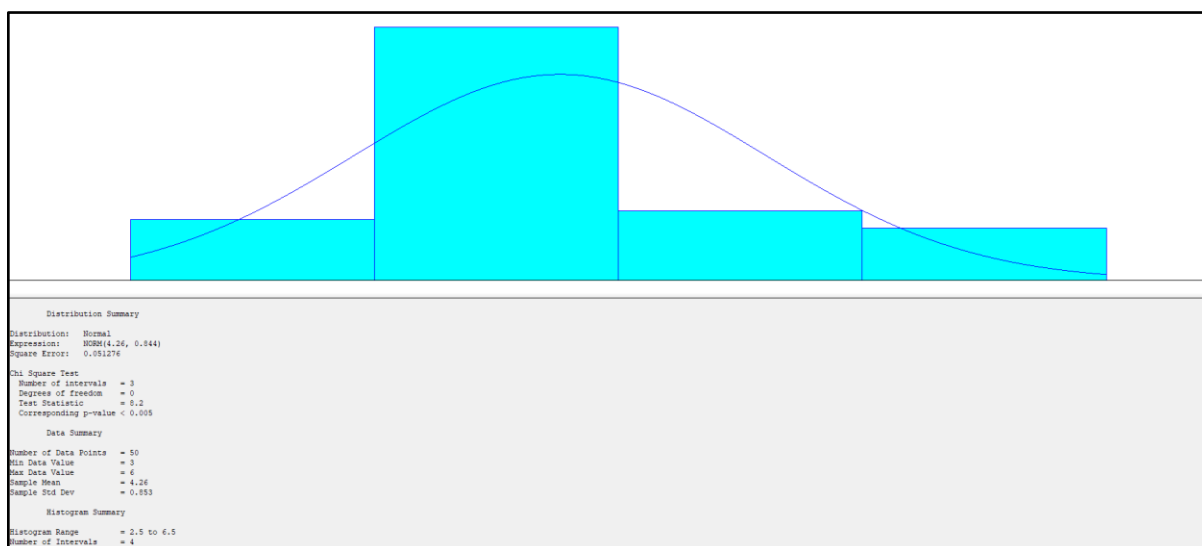
Figura 18*Distribución de Introducir torta Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 19***Distribución de Introducir torta Utilizada***Nota.** Elaboración propia

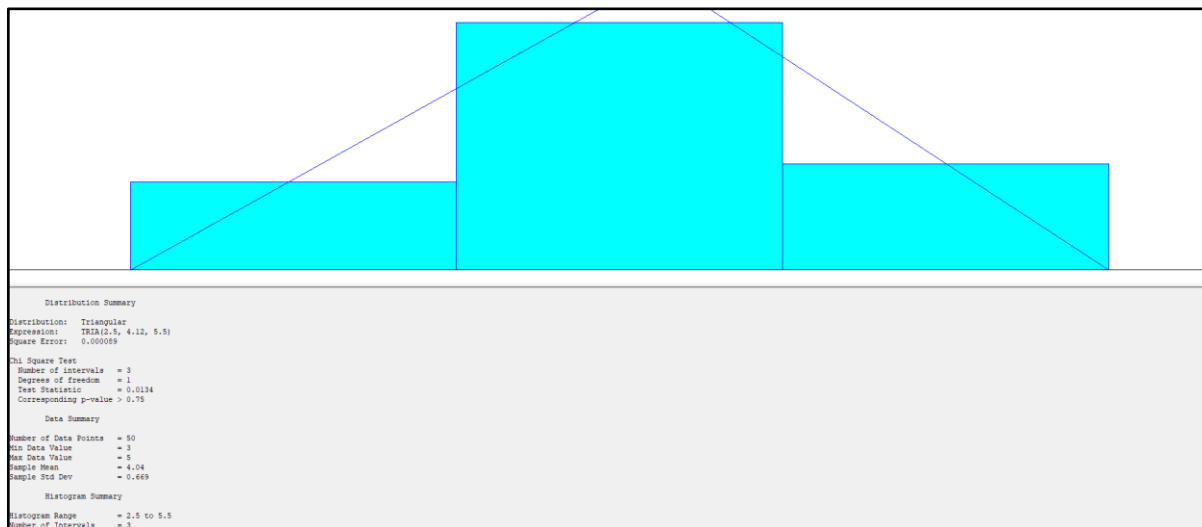
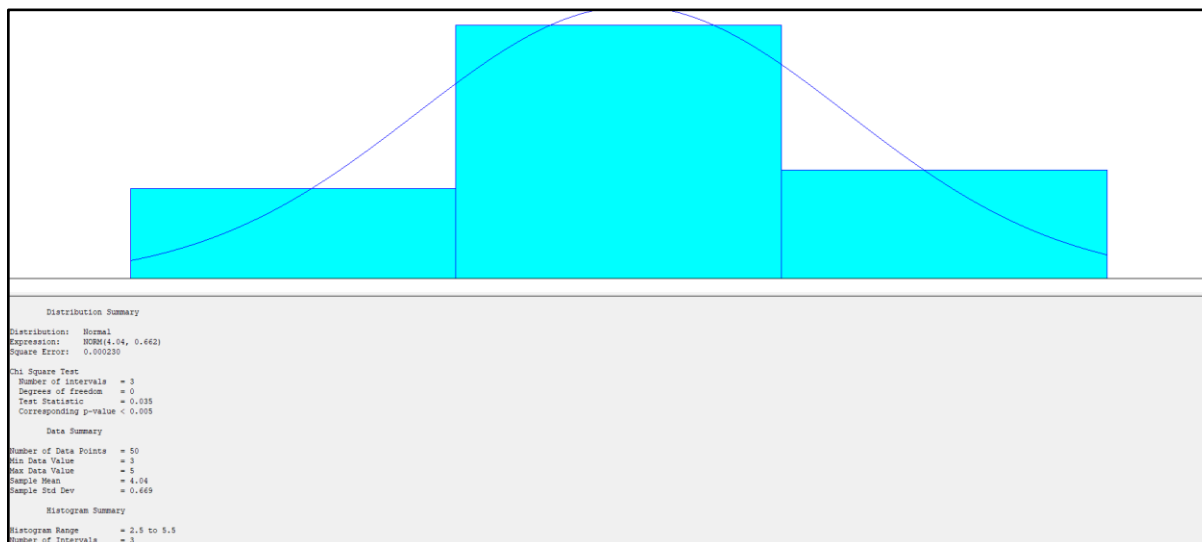
Figura 20*Distribución de Hacer nudo Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 21***Distribución de Hacer Nudo Utilizada***Nota.** Elaboración propia

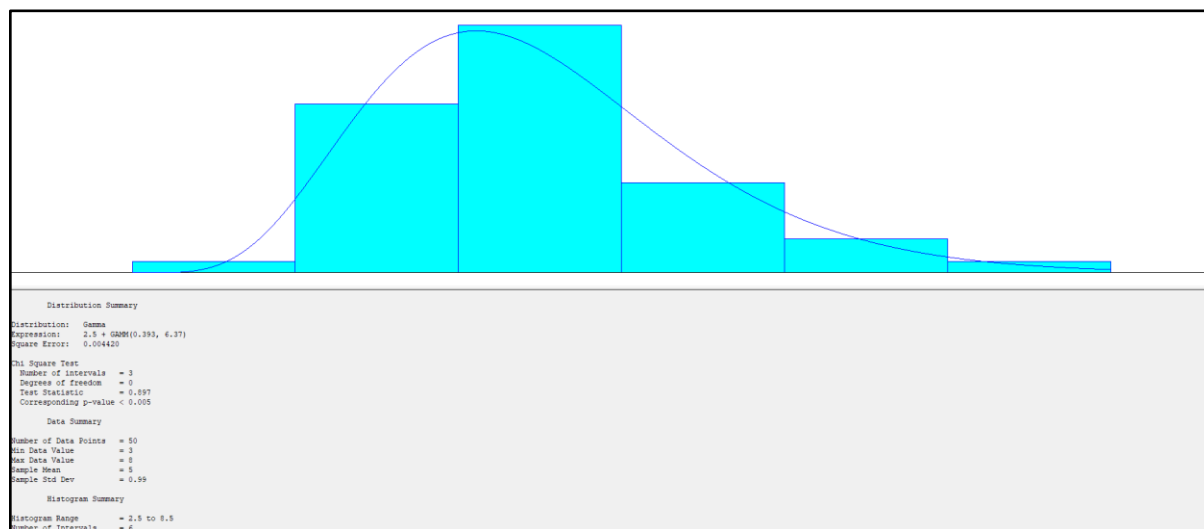
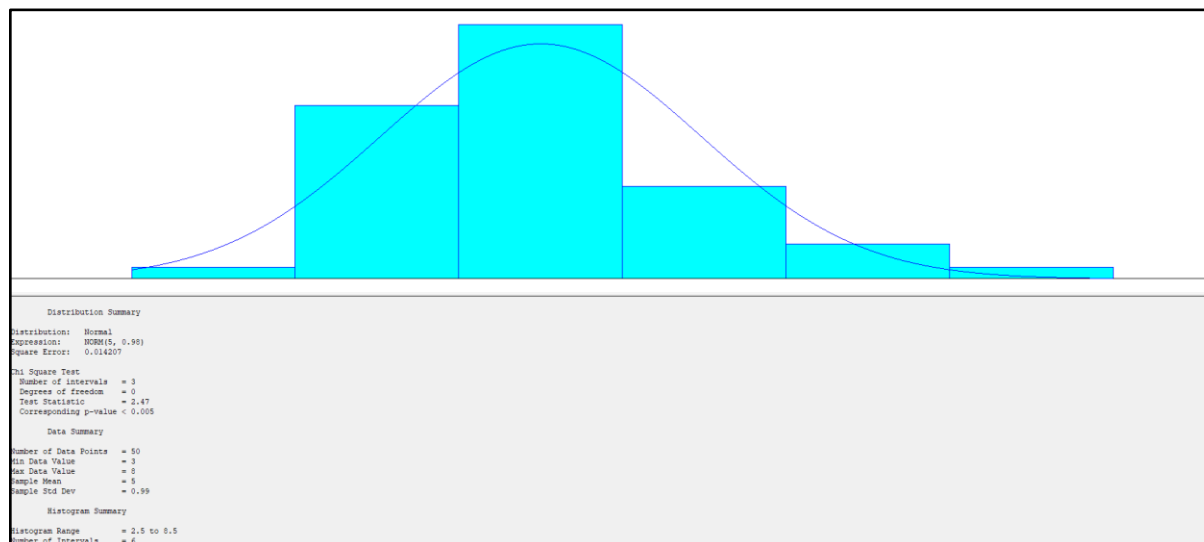
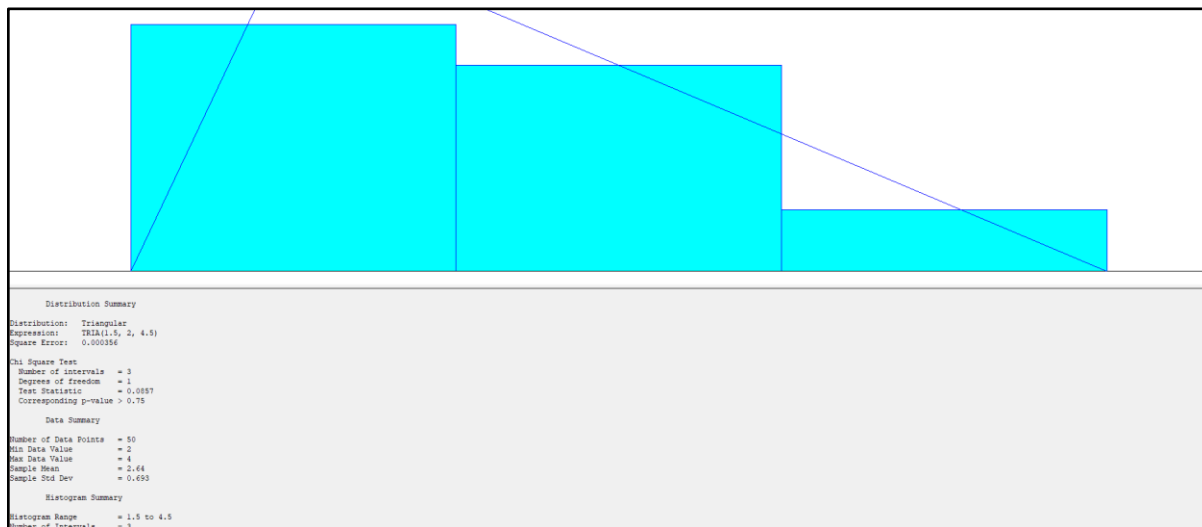
Figura 22*Distribución de Pegar etiqueta Sugerida por Input Analyzer***Nota.** Elaboración propia**Figura 23***Distribución de Pegar etiqueta Utilizada***Nota.** Elaboración propia

Figura 24

Distribución de Acomodar paquete en la cajilla Sugerida por Input Analyzer y Utilizada



Nota. Elaboración propia

XI. Anexos

Tabla 32

Ficha Técnica Transportador Espiral de Enfriamiento

Especificación	Valor propuesto
Equipo	Transportador espiral de enfriamiento
Producción considerada	300 tortas/día
Número de hornos	2
Tiempo de residencia	60 min por torta
Tiempo estimado de carga del lote	15–20 min
Tiempo total del proceso	75–80 min
Temperatura de entrada	99 °C
Temperatura estimada de salida	35–40 °C
Número de niveles	10
Longitud aproximada de banda	75 m
Diámetro de la espiral	2.5 m
Ancho de banda	300 mm
Material de la banda	Acero inoxidable AISI 304
Material de la estructura	Acero al carbono pintado
Velocidad de la banda	1.25 m/min (variable)
Potencia del motor	1.8 kW
Alimentación	220 V trifásico
Costo estimado del equipo instalado	C\$75,000–80,000
Link	https://n9.cl/rw6k

Nota. Adaptado de Spiral Cooling Conveyors Stainless Steel Conveyor Belt Spiral Cooling Tower for Bread Cooling, por Alibaba.com

Tabla 33*Ficha Técnica Empacadora Horizontal Automática Tipo Flow Pack*

Especificación	Valor propuesto
Equipo	Empacadora horizontal automática tipo Flow Pack
Modelo	TCZB-250D
Producción considerada	300 tortas/día
Tiempo actual de empaque	39.08 s/torta
Velocidad de empaque	40–230 bolsas/min
Tiempo estimado de ciclo (incluye alimentación manual a la banda)	8–10 s/torta
Reducción estimada del tiempo	≈75–80 %
Tipo de empaque	Flow Pack (almohada) mediante película continua
Material de empaque	Película sellable PP
Alimentación del producto	Banda transportadora automática
Grado de automatización	Automático
Voltaje	220 V, 50–60 Hz, monofásico
Accionamiento	Neumático
Potencia	220 V, 50–60 Hz
Dimensiones	3,800 × 800 × 1,500 mm
Peso del equipo	450 kg
Garantía	1 año

Nota. Adaptado de Full Automatic Pillow Roll Packing Machine, por Alibaba.com

Tabla 34*Ficha Técnica Cortadora de Prensa Artesanal*

Especificación	Valor propuesto
Equipo	Cortadora de prensa artesanal
Producción considerada	300 tortas/día
Método actual	Corte manual con cuchillo
Tiempo actual de corte	9 s/torta
Tiempo estimado con prensa	4–5 s/torta
Reducción estimada del tiempo	≈50 %
Número de porciones	10 porciones por torta
Tipo de operación	Manual mediante palanca
Material de cuchillas	Acero inoxidable grado alimenticio
Material de la estructura	Acero inoxidable o acero pintado
Dimensiones del molde	40 × 30 cm
Limpieza	Cuchillas desmontables

Nota. Elaborada con base en la ficha técnica facilitada por el fabricante artesanal de la cortadora de tortas

Figura 25

Enfriadora en espiral propuesta para el proceso post-horneado de tortas



Nota. Tomado de Spiral Cooling Conveyors Stainless Steel Conveyor Belt Spiral Cooling Tower for Bread Cooling, por Alibaba.com

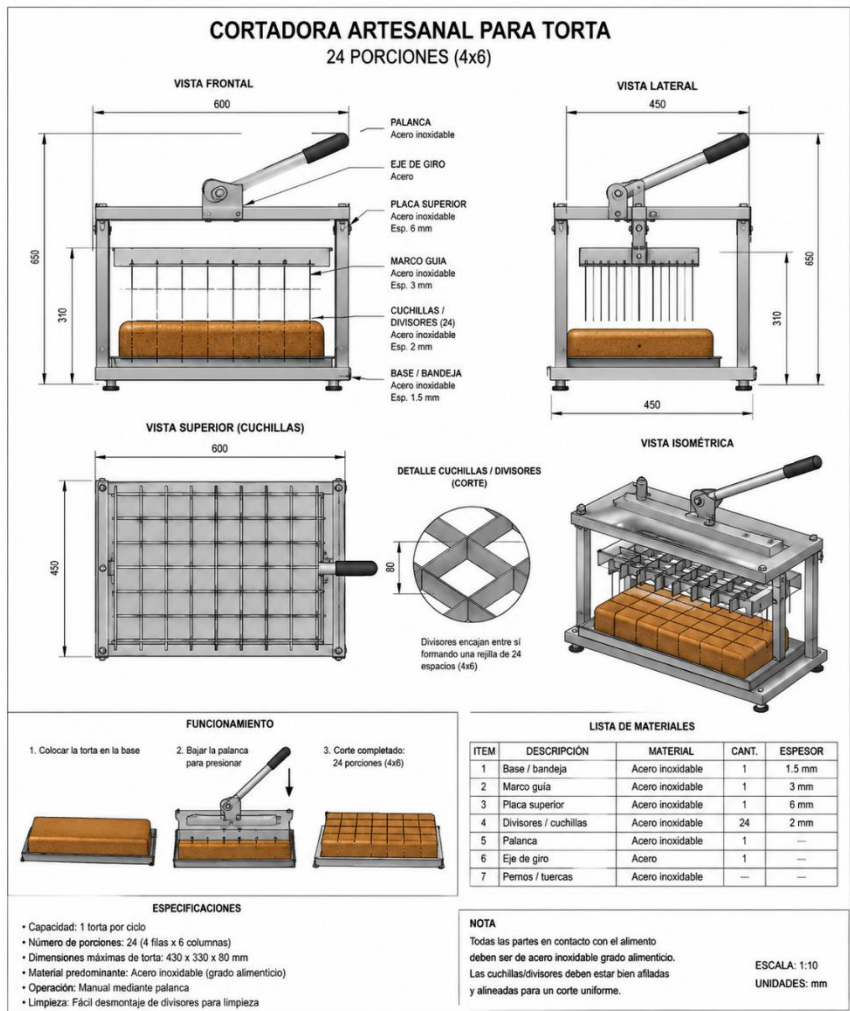
Figura 26

Empacadora automática tipo pillow pack propuesta para el proceso de empaque



Nota. Tomado de Full Automatic Pillow Roll Packing Machine, por Alibaba.com

Figura 27
Diseño conceptual de cortadora artesanal para torta de 24 porciones



Nota: Diseño conceptual elaborado mediante inteligencia artificial con base en los requerimientos técnicos del proceso de corte de tortas de Panadería Gámez. La imagen se presenta únicamente como referencia visual de la propuesta de mejora y no corresponde a un plano de fabricación definitivo

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Nosotros, [Mariangel Delgado Hernández](#) con cédula de identidad [001-140803-1013K](#), [Oscar Loáisiga Orozco](#) con cédula de identidad [001-271103-1079E](#), y [Alejandra Membreño Urey](#) con cédula de identidad [001-290804-1048A](#), egresados del programa académico [de Grado, Licenciatura en Ingeniería Industrial](#) declaramos que:

El contenido del presente documento es un reflejo de nuestro trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, nos hacemos responsables de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizamos a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de nuestro trabajo de investigación, bajo el título [Propuesta de mejora del proceso post-horneado de tortas para el fortalecimiento de la eficiencia operativa e inocuidad alimentaria en la Panadería Gámez mediante modelado de simulación y tecnificación](#) en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hacemos desde nuestra libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los [04](#) días del mes [agosto](#) de 2026.

Atentamente,

[Mariangel Delgado Hernández](#)

mdelgado15@unica.edu.ni

Firma: _____

[Oscar Loáisiga Orozco](#)

oloaisiga@unica.edu.ni

Firma: _____

[Alejandra Membreño Urey](#)

amembreno6@unica.edu.ni

Firma: _____