ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MEDIANTE LEAN SIX SIGMA Y AUTOMATIZACIÓN EN PYTHON EN PANADERÍA RICHS, VILLAVICENCIO 2026

MARIANA SALGADO BONILLA
SANTIAGO ZAIR ROJAS CHITIVA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO
2026

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MEDIANTE LEAN SIX SIGMA Y AUTOMATIZACIÓN EN PYTHON EN PANADERÍA RICHS, VILLAVICENCIO 2026

MARIANA SALGADO BONILLA
SANTIAGO ZAIR ROJAS CHITIVA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Orden: Profesional
Modalidad: Curso o seminario de profundización

Asesor
Mg. JHON ALEXANDER GONZÁLEZ GARZÓN
Magister en Gerencia de Proyectos

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO
2026

Autoridades Académicas

P. Alvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.
Rector General

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O. P.
Vicerrector Académico General

P. Luis Antonio ALFONSO VARGAS, O. P.
Rector Seccional Villavicencio

P. Juan Francisco CORREA HIGUERA, O. P.
Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN
Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. Víctor Andrés RINCÓN GONZALEZ
Decano Facultad de Ingeniería Industrial

Dedicatoria

A las personas que han sido parte de mi camino. Hoy comprendo que soy la suma de abrazos, silencios, palabras a tiempo, y manos que no me soltaron.

A mis papás, mi amor más eterno. Ustedes creyeron en mí mucho más de lo que yo misma lo hacía, sostuvieron mis miedos, y abrazaron mis sueños como si fueran propios. Gracias por cada sacrificio silencioso. Este sueño es la prueba viva de todo el amor que sembraron en mí.

A mi hermano, mi más profunda fuente de inspiración y de admiración, es una fortuna tenerte como mi compañero de vida. Gran parte de lo que soy hoy es el reflejo de tu presencia en mi camino.

Laura, aunque estés en el cielo, me inspiraste día a día. Soñabas con graduarte como ingeniera y construir tu propio camino. De alguna manera, en cada paso que di, sentí que también caminabas conmigo. Este logro también te pertenece.

A mi compañero leal de cuatro patas, quien me acompañó hasta largas horas de la madrugada, testigo de lágrimas, cansancio y también de espera. En tu compañía aprendí que la soledad no siempre significa ausencia, porque tu lealtad llenó de vida los momentos más difíciles.

Este logro no tiene un solo nombre. Tiene todos los que hicieron de mi camino un hogar. Gracias.

(Mariana Salgado Bonilla)

A mis padres, mi hermana, mi novia y a mi perrita Kira, quienes son las personas más importantes en mi vida y mi apoyo incondicional. Este logro representa uno de los muchos que están por venir en el camino de seguir construyendo mis sueños. Gracias por acompañarme, creer en mí y ser mi motivación constante para seguir adelante.

(Santiago Zair Rojas Chitiva)

Agradecimientos

Al culminar una de las etapas más importantes de mi vida, quiero agradecer a las personas que me acompañaron durante este camino. A mis profesores quienes más que enseñar, inspiraron, gracias por motivarme a dar lo mejor de mí, por exigirme crecer y por recordarme que cada reto era una oportunidad para superarme. Me formaron no solo como profesional, sino como persona. Me enseñaron que el verdadero éxito no está únicamente en el conocimiento adquirido, sino en el impacto que podemos generar en los demás.

Finalmente, gracias a todas las personas que hicieron parte de este proyecto y confiaron en esta idea. Por permitir demostrar que incluso iniciativas más pequeñas pueden generar grandes cambios. Este trabajo no solo representa el cierre de una etapa, sino el inicio de un nuevo camino lleno de retos, aprendizajes y oportunidades.

(Mariana Salgado Bonilla)

Agradezco a mi familia por su apoyo constante a lo largo de este proceso. De manera especial, a Andrés Barbosa y Martha Castro, por su acompañamiento, motivación y apoyo durante mi formación profesional. Asimismo, agradezco a mis profesores, quienes con su dedicación día a día contribuyeron a mi formación ética y profesional, así como a mis compañeros, quienes hicieron parte de este proceso para convertirnos en ingenieros industriales.

(Santiago Zair Rojas Chitiva)

Contenido

Pág.

Resumen 14

Abstract 15

Introducción 16

1. Planteamiento del caso 18

2. Marco de referencia 21

3. Preguntas de reflexión 27

4. Justificación 28

5. Objetivos 30

5.1. Objetivo general 30

5.2. Objetivos específicos 30

6. Marco Metodológico 31

6.1. Tipo de Estudio 31

6.2. Diseño Metodológico 31

6.3. Población 32

6.4. Muestra 32

6.5. Técnica y recolección de datos 33

6.6. Análisis de datos 34

7. Metodología DMAIC 36

7.1. Definir 36

7.1.1 Project Charter 36

7.1.2 Diagrama de flujo 37

7.1.3 Diagrama de SIPOC 38

7.1.4 Diagrama de carriles 39

7.2. Medir 41

7.2.1 Plan de recolección de datos 41

7.2.2 Hojas de verificación 42

7.2.3 Estudio de tiempos 43

7.2.4 Diagrama de operación 45

7.2.5 Diagrama de recorrido 46

7.3. Analizar 48
7.3.1 Diagrama de Pareto 48
7.3.2 Nivel Sigma 50
7.3.3 VSM actual 51
7.3.4 Estadística Descriptiva 53
7.3.5 Mudas 54
7.3.6 Diagrama de Ishikawa 55
7.3.7 Plan de acción 56
7.4. Implementar 57
7.4.1 Alternativas a evaluar 57
7.4.2 Aplicación proceso productivo en Python 59
7.4.3 Manual de usuario: Sistema web para control de ventas, pedidos, producción, inventario, pronóstico y caja. 81
7.4.4 Plan de implementación 89
7.4.5 Indicadores clave de desempeño (KPIs) 91
7.4.6 Evidencia de la implementación en la panadería Richs 95
7.4.7 Diagrama de carriles mejorado 96
7.4.8 Nivel sigma Mejorado 97
7.4.9 VSM mejorado 99
7.4.10 A3 101
7.4.11 Resultados 102
7.5. Plan de control 105
8. Cronograma de actividades 108
Narración del caso 109
Lecciones y recomendaciones 111
Conclusiones 113
Bibliografía 114
Anexos 118

Lista de Tablas

Tabla 1 48
Procesos de producción para la panadería Richs. 48
Tabla 2 50
Cálculo de nivel sigma para la panadería Richs. 50
Tabla 3 52
VSM procesos de producción para la panadería Richs. 52
Tabla 4 53
Estadística descriptiva de los procesos de producción para la panadería Richs. 53
Tabla 5 57
Tabla comparativa de alternativas evaluadas 57
Tabla 6 90
Plan de implementación para la panadería Richs 90
Tabla 7 97
Cálculo de nivel sigma mejorado para la panadería Richs. 97
Tabla 8 99
VSM mejorado para la panadería Richs. 99
Tabla 9 105
Plan de control para la panadería Richs 105

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1 18
Panadería Richs Barrio Rosa blanca, Villavicencio 18
Figura 2 19
Recetarios en papel deteriorado en la zona de producción de la panadería Richs 19
Figura 3 20
Hojas con pendientes del día en la zona de producción de la panadería Richs. 20
Figura 4 36
Project Charter panadería Richs 36
Figura 5 37
Diagrama de flujo del proceso de producción para la panadería Richs 37
Figura 6 38
Diagrama SIPOC proceso de producción para la panadería Richs 38
Figura 7 40
Diagrama de carriles proceso actual de producción para la panadería Richs 40
Figura 8 41
Plan de recolección de datos del proceso productivo de la panadería Richs 41
Figura 9 42
Hoja de verificación de la panadería Richs 42
Figura 10 43
Criterios del desempeño del trabajador 43
Figura 11 44
Estudio de tiempos en el proceso de producción de la panadería Richs 44
Figura 12 45
Diagrama de operación del proceso de producción de la panadería Richs 45
Figura 13 46
Diagrama de recorrido del proceso de producción parte 1 de la panadería Richs. 46
Figura 14 47
Diagrama de recorrido del proceso de producción parte 2 de la panadería Richs. 47

Figura 15 49
Diagrama de Pareto del proceso de producción de la panadería Richs 49
Figura 16 51
Gráfico Z score del cálculo de nivel sigma para la panadería Richs. 51
Figura 17 52
Gráfico VSM actual del proceso de producción para la panadería Richs. 52
Figura 18 55
Diagrama de Ishikawa del proceso de producción de pan deficiente 55
Figura 19 56
Plan de acción para la panadería Richs 56
Figura 20 65
Registro de la producción en la aplicación 65
Figura 21 65
Registro de las ventas diarias en la aplicación 65
Figura 22 66
Pronostico semanal teniendo en cuenta datos históricos 66
Figura 23 67
Estandarización de las recetas y el proceso por cada producto en la aplicación 67
Figura 24 67
Estandarización de las recetas y el proceso por cada producto en la aplicación 67
Figura 25 68
Dashboard de resumen del día, con ingresos, producción, ventas, sobrantes y faltantes 68
Figura 26 69
Código de la aplicación para que el usuario inicie sesión 69
Figura 27 70
Código para que el sistema verifique el correcto ingreso por cada usuario 70
Figura 28 70
Rutas del sistema (páginas del sistema) 70
Figura 29 71
Ruta /api/venta 71
Figura 30 72

Ruta /api/pronostico/dashboard 72
Figura 31 72
Flujo completo de una venta del paso 1 al paso 10 72
Figura 32 73
Importaciones en la base de datos 73
Figura 33 73
Conexión con la base de datos 73
Figura 34 74
Crear las tablas en la base de datos 74
Figura 35 74
Funciones de productos en el sistema 74
Figura 36 75
Funciones de ventas (el registro de caja cada que se vende un producto). 75
Figura 37 75
Registros diarios de producción 75
Figura 38 76
Fichas técnicas (recetas) 76
Figura 39 76
Flujo continuo 76
Figura 40 77
Parámetros del sistema 77
Figura 41 77
Resultado del pronóstico (estructura de datos) 77
Figura 42 78
Función principal para calcular el pronóstico 78
Figura 43 78
Modelo inicial (pocos datos) 78
Figura 44 79
Modelo promedio semanal (datos medios) 79
Figura 45 79
Modelo avanzado mensual (muchos datos) 79

Figura 46 80
Análisis de tendencia de ventas. 80
Figura 47 80
Métricas para la eficiencia de la producción. 80
Figura 48 84
Manual de Usuario parte 1 para la panadería Richs 84
Figura 49 89
Manual de Usuario para la panadería Richs 89
Figura 50 91
Planificación de la producción 91
Figura 51 92
Reducción de sobrantes y faltantes diarios antes vs después 92
Figura 52 93
Planificación basada en datos antes vs después 93
Figura 53 95
Ahorro económico por reducción de sobrantes y faltantes antes vs después 95
Figura 54 95
Implementación del sistema en la panadería Richs 95
Figura 55 96
Registro de pedidos en el sistema por parte de los meseros 96
Figura 56 97
Diagrama de carriles proceso futuro de producción para la panadería Richs 97
Figura 57 98
Gráfico del cálculo de nivel sigma a futuro para la panadería Richs 98
Figura 58 100
Gráfico VSM mejorado para la panadería Richs. 100
Figura 59 101
Formato A3 para la estandarización en el proceso de producción de la empresa Richs 101
Figura 60 103
Panel de control del módulo de pronóstico de producción 103
Figura 61 104

Control entre lo producido vs lo vendido 104
Figura 62 108
Diagrama de Gantt de actividades para la panadería Richs. 108

Resumen

La panadería Richs, ubicada en Villavicencio, específicamente en el sector de Rosa blanca, enfrenta dificultades en su proceso de producción derivadas a la falta de planificación estratégica de la demanda. La falta de un criterio definido para determinar las cantidades diarias de pan a producir generaba desabastecimiento en ciertos días y sobreproducción en otros, generando desperdicios y riesgo de pérdida de frescura y calidad percibida. Con el objetivo de estandarizar la producción y asegurar una adecuada relación entre la demanda real y las cantidades elaboradas, el proyecto se desarrolla bajo la filosofía de *Lean Six Sigma*, aplicando la metodología DMAIC para garantizar una mejora sostenible del proceso. Durante el desarrollo se llevaron a cabo múltiples herramientas de diagnóstico como *Project Charter* y *SIPOC*, diagrama de carriles y de flujo. Luego para medir esta información se realizaron hojas de verificación para datos reales en planta, y un estudio de tiempos. Para el análisis de esta información herramientas estadísticas como Pareto, estadística descriptiva y cálculo del nivel Sigma. Además de construir el mapa de flujo de valor del estado actual, diagrama de Ishikawa y el análisis de las 7 mudas, evidenciando las principales problemáticas en el proceso.

Con base en estos hallazgos, se diseñó una propuesta de mejora orientada a la estandarización de la producción, soportada en el desarrollo de un software en Python que centraliza el registro histórico de ventas y producción, habilitando por primera vez en la empresa una toma de decisiones basadas en datos. La activación de este sistema generó resultados tangibles: se redujeron los sobrantes en un 15% y los faltantes en un 10%, se disminuyeron las pérdidas económicas asociadas al desperdicio y la sobreproducción, alcanzando un ahorro estimado de $1.380.000 de pesos mensuales, fortaleciendo la rentabilidad y sostenibilidad de la panadería. Finalmente, se estructuró un plan de acción para guiar la implementación y sostener la cultura de mejora en la organización.

Palabras Clave: Producción, mejora continua, planificación, Lean Six Sigma, DMAIC.

Abstract

Richs Bakery, located in Villavicencio, specifically in the Rosa Blanca sector, faces difficulties in its production process stemming from a lack of strategic demand planning. The absence of a defined criterion for determining daily bread production quantities led to shortages on some days and overproduction on others, resulting in waste and a risk of loss of freshness and perceived quality. To standardize production and ensure an appropriate balance between actual demand and production volume, the project was developed using the Lean Six Sigma philosophy, applying the DMAIC methodology to guarantee sustainable process improvement. During development, multiple diagnostic tools were implemented, including Project Charter and SIPOC, lane diagrams, and flowcharts. To measure this information, check sheets were created for actual plant data, and a time study was conducted. Statistical tools such as Pareto analysis, descriptive statistics, and Sigma level calculations were used to analyze this data. In addition to constructing the value stream map of the current state, an Ishikawa diagram, and an analysis of the seven wastes (mudas), the main problems in the process were identified.

Based on these findings, an improvement proposal was designed, focused on standardizing production. This proposal was supported by the development of Python software that centralizes the historical record of sales and production, enabling data-driven decision-making for the first time in the company. Activating this system generated tangible results: surpluses were reduced by 15% and shortages by 10%, and economic losses associated with waste and overproduction were decreased, achieving an estimated savings of $1,380,000, thus strengthening the bakery's profitability and sustainability. Finally, an action plan was structured to guide implementation and sustain a culture of continuous improvement within the organization.

Keywords: Production, continuous improvement, planning, Lean Six Sigma, DMAIC

Introducción

El sector panadero constituye una parte importante de la economía alimentaria en Colombia, especialmente en las panaderías de barrio, representando la mayor parte del pan consumido en el país. De acuerdo con García y Lozano (2016), cerca del 80 % del pan que se consume en Colombia es producido por este tipo de establecimientos, mientras que el resto corresponde a productos distribuidos principalmente en supermercados. Esta situación evidencia la relevancia de las pequeñas panaderías dentro del sistema productivo nacional, así como la necesidad de fortalecer sus procesos para responder a una demanda constante y mantener niveles adecuados de calidad y eficiencia. Derivado de su importancia en el mercado, muchas de estas empresas funcionan bajo esquemas de producción por experiencia, con escasa estandarización de actividades y limitaciones en sus procesos productivos. Investigaciones recientes han evidenciado que en el sector panadero es frecuente encontrar problemas relacionados con la desorganización en las áreas de trabajo, el desperdicio de insumos y la ausencia de procedimientos definidos. En este sentido, Robles et al. (2025) destacan que la implementación de herramientas de mejora continua, como la metodología de las 5S, puede contribuir a ordenar los espacios de trabajo, optimizar el uso de recursos y mejorar las condiciones de seguridad e higiene dentro del proceso.

Varios estudios han demostrado que la aplicación de metodologías orientadas a la optimización de procesos puede generar mejoras en la productividad y la eficiencia en las panaderías. Por ejemplo, el estudio desarrollado por Roncancio y Cabeza (2023) evidenció que el análisis de métodos y tiempos permitió reducir los tiempos de producción en la elaboración de pan hojaldrado, generando beneficios económicos y operativos para la empresa. Las investigaciones basadas en enfoques de Lean Manufacturing han demostrado que la identificación y eliminación de desperdicios en los procesos productivos permite mejorar la eficiencia operativa y optimizar el uso de los recursos disponibles (Bustamante et al., 2024; Abanto & Álvarez, 2021).

Otros estudios han mostrado que la integración de herramientas de mejora continua, combinado con metodologías estructuradas de análisis de procesos, permite generar cambios en la productividad de las microempresas. Chara (2022) evidenció que la implementación de metodologías Lean y el estudio de métodos y tiempos en una panadería permitió aumentar el nivel de producción sin incrementar los costos operativos. Las investigaciones aplicadas en otros sectores productivos han demostrado que la metodología Lean Six Sigma, apoyada en el ciclo

DMAIC, facilita la estandarización de procesos, la reducción de desperdicios y la mejora del desempeño operativo de las organizaciones (Menacho et al., 2023).

En este contexto las panaderías deben adaptarse a nuevas dinámicas del mercado, donde la calidad, la eficiencia y la innovación se convierten en factores clave para su sostenibilidad. En el sector panadero ha experimentado procesos de modernización que integran avances técnicos, innovación en ingredientes y mejoras en los métodos de producción, lo que ha permitido fortalecer la calidad de los productos y responder a nuevas tendencias de consumo (Villalva et al., 2024; Renza & Vázquez, 2023).

El presente proyecto se desarrolla en la panadería Richs, ubicada en el barrio Rosa blanca de la ciudad de Villavicencio, y tiene como propósito optimizar su proceso productivo mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma a través del ciclo DMAIC. A diferencia de otros estudios que se enfocan únicamente en el análisis de procesos, este trabajo integra el desarrollo de un sistema en Python que permite registrar la producción, las ventas y apoyar la toma de decisiones con base en datos. El sistema incorpora el registro digital de ventas en tiempo real mediante dispositivos móviles, lo que permite información confiable sobre el comportamiento de la demanda. Esta funcionalidad no solo facilita el control operativo, sino que se convierte en un insumo clave para la planificación de la producción, al proporcionar datos precisos que respaldan el proceso de toma de decisiones. Se redujo los niveles de sobreproducción del 27,5% al 15% y los faltantes del 17,5% al 10%, generando mejoras cercanas al 45% en ambos casos. Asimismo, el impacto económico mensual disminuyó de aproximadamente $3.087.000 a $1.707.000, evidenciando una mejora significativa en la eficiencia del proceso. El proyecto propone una solución práctica que permite pasar de una producción empírica a una basada en información, fortaleciendo la planificación y el control operativo de la panadería.

1. Planteamiento del caso

En Colombia, según datos de la Federación Nacional de Comerciantes (Fenalco), el consumo per cápita de pan por persona al año equivale aproximadamente a 23 kilogramos lo que equivale aproximadamente a 3 panes diarios (250 gramos de ingesta diaria). Agrega que el 98 % de los colombianos consumen pan, de los cuales el 91 % lo consumen al desayuno y un 70% lo hacen diario, estos datos reflejan una alta demanda para las panaderías en el país, lo que representa una oportunidad significativa para estas (Acosta, 2024). Sin embargo, en Colombia, la mayoría de las panaderías son tradicionales y de barrio, en 2023 según el (DANE, 2025), existen 546.817 micronegocios de panaderías y tiendas de barrio. La mayoría de estas panaderías funcionando y ejecutando sus procesos y técnicas de forma empírica y tradicionalmente, lo que resulta en procesos más lentos, y un aumento significativo de los desperdicios en las etapas de producción.

En este contexto, la panadería "Richs" es una panadería ubicada en el barrio Rosa blanca de Villavicencio Meta, que lleva operando más de 30 años en el mercado local. Esta empresa fue fundada por Lucelly Ortiz, y se ha especializado en brindar productos de panadería y pastelería a los residentes de Villavicencio.

Figura 1

Panadería Richs Barrio Rosa blanca, Villavicencio

Nota. Fotografía de la fachada de la panadería Richs ubicada en el barrio Rosa blanca Villavicencio. Imagen capturada desde el exterior, sobre la vía pública.

Sin embargo, actualmente opera bajo un enfoque tradicional y empírico, lo que ha derivado una serie de deficiencias en sus procesos productivos. Para identificar la causa raíz del problema, se realizó una observación directa del área de producción. A partir de esta observación, se reconocieron las principales mudas que afectan el sistema productivo. Entre los hallazgos más relevantes se destaca la ausencia de estandarización en las actividades productivas, y la falta de un sistema claro y formal para registrar o proyectar la demanda diaria, lo que provoca una producción basada en la experiencia o intuición del personal, en lugar de datos reales. Esto lleva a generar mudas de sobreproducción, o faltantes de productos, afectando la calidad y satisfacción del cliente.

Figura 2

Recetarios en papel deteriorado en la zona de producción de la panadería Richs

Nota. Recetarios y hojas de control fijadas en la pared dentro de la zona de producción de la panadería Richs. El estado deteriorado de los documentos evidencia falta de estandarización y condiciones inadecuadas para la conservación de la información operativa.

Figura 3

Hojas con pendientes del día en la zona de producción de la panadería Richs.

Nota. Hojas de trabajo diario colocadas en la pared de la zona de producción de la panadería Richs.

Con el aumento de la demanda, y las exigencias del mercado, la competencia en el sector se intensifica cada vez más. De este modo, se hace indispensable estandarizar los procesos para mantener un equilibrio adecuado entre calidad, costos, y satisfacción del cliente. Con la metodología de Lean Six Sigma que integra los dos conceptos, y apoyada en el ciclo DMAIC, proporcionan un enfoque para realizar un diagnóstico adecuado, eliminar desperdicios y garantizar la mejora continua. Adicionalmente, la automatización mediante herramientas tecnológicas como Python permite reducir errores humanos, y fortalecer la toma de decisiones basada en datos.

2. Marco de referencia

El proceso de producción de pan ha experimentado una evolución significativa a lo largo de su historia, pasando de métodos artesanales y tradicionales a sistemas de producción más estandarizados e industrializados. La implementación de maquinaria especializada ha permitido aumentar la capacidad de producción, simplificando aún más el proceso. Sin embargo, en Colombia, las panaderías conservan una forma tradicional y empírica de hacer pan. "El 67,7 % de los panaderos tienen una formación empírica, ya que muchos han aprendido el oficio de generación en generación, y tan solo el 17 % lo ha aprendido de manera formal. Se conoce que la mayoría de las panaderías y pastelerías son capacitadas principalmente por el SENA. (Carrillo et al., 2020)

Según García & Lozano (2016) "El 80% del pan que se consume en Colombia es el que se fabrica en panaderías de barrio. El otro 20% corresponde al pan industrializado, aquel que se vende en los supermercados". Según la información proporcionada, las panaderías enfrentan una alta demanda constante, lo que hace necesario implementar metodologías que logren estandarizar los procesos, mejorarlos y optimizarlos, para mejorar la calidad del producto final, e incrementar la satisfacción del cliente.

Al centrarnos en estas microempresas, se identifican diversos problemas operativos que generan pérdidas económicas significativas. En este contexto, aplicar una herramienta como la metodología de las 5s, enfocada en la mejora continua de los procesos productivos, se presenta como una solución efectiva. En el análisis realizado por (Robles et al., 2025), se observó que en el sector panadero existían problemas de desorganización en la zona de trabajo, exceso de desperdicio, y una falta de estandarización de procesos. La adopción de las 5s permitió clasificar los insumos esenciales y mejorar la disposición de estos. Además, se fortaleció la seguridad alimentaria al reducir el desorden y la suciedad, y finalmente, se obtuvo la reestructuración de un área de trabajo más eficiente, aumentando la productividad considerablemente.

Una herramienta importante para lograr la optimización en un proceso es el estudio de métodos y tiempos. Como modelo se puede mencionar una propuesta para el proceso de producción en la panadería Ruby (Roncancio & Cabeza, 2023). Este trabajo tiene como objetivo general diseñar una propuesta de mejora para el proceso de producción del pan hojaldrado en la panadería Ruby mediante un estudio de métodos y tiempos. Como resultado, lograron reducir el

tiempo de producción de pan hojaldrado, generando ahorros en costos, y mejorando la eficiencia general de la panadería.

La estrategia de Lean Manufacturing es ampliamente reconocida y aplicada en diversas industrias para la mejora continua de procesos. Su implementación ayuda a las organizaciones a eliminar desperdicios, y mejorar la eficiencia operativa. En el ámbito de la industria panadera, podemos encontrar que se han adoptado diversas herramientas Lean como la estandarización de procesos mediante la metodología de las 5s, Kaizen, entre otras, con el objetivo de reducir tiempos improductivos y minimizar las mermas. Un estudio realizado por (Bustamante et al., 2024), evidenció resultados positivos al aplicar estas herramientas Lean en el sector panadero, destacando una reducción de mermas del 19.5% al 11.11%, disminución en los tiempos improductivos, y en general, un incremento en la eficiencia operativa.

En línea con los principios de Lean Manufacturing, la investigación de (Abanto & Álvarez, 2021), pone de manifiesto la aplicación de herramientas Lean para reducir los desperdicios de la panadería Gemmas S.A.C. Como resultado, lograron obtener el beneficio/costo de la implementación de las herramientas Lean, como mejoras en el rendimiento de los trabajadores y en los procesos operativos realizados por cada uno de ellos. Continuando con la metodología Lean Manufacturing, se realizó un diagnóstico para la reducción de desperdicios en dos empresas de Ibagué: la panadería “Horneados La Espiga” y la carpintería “Artimuebles M.G” (Reyes & Bayona, 2025). El objetivo es identificar los desperdicios generados en cada uno de sus procesos de producción, y proponer mejoras. Como resultado, este estudio demuestra que las microempresas pueden beneficiarse de metodologías de mejora continua, que, con pequeñas acciones, sumadas al compromiso del equipo, es posible generar mejoras importantes tanto en la productividad como en la calidad de los trabajadores.

En un estudio realizado por Jhonny Andrés Chara Perea, se incorporan las dos herramientas mencionadas anteriormente, identificando estrategias de mejora y estandarización del proceso de producción para la panadería “El palacio del Pandebono” mediante Lean Manufacturing y estudio de métodos y tiempos. Como resultado, si se implementan correctamente las metodologías se logra pasar de un promedio de producción del 74% al 99% sin aumentar costos, y teniendo una oferta que supla la demanda, generando mayores ingresos para la empresa. (Chara, 2022)

En otro estudio realizado por (Menacho et al., 2023), enfocado en el sector cervecero en Perú, se utilizaron herramientas de Lean Six Sigma, para estandarizar el proceso de producción.

En conjunto con la metodología DMAIC, se mejoraron los porcentajes de merma encontrados en el proceso, además de una correcta estandarización de los métodos de trabajo para que los operarios sepan la manera de operar sus funciones.

En el contexto actual empresarial, caracterizado por una alta competencia, y una alta presión por optimizar recursos y tiempos, la implementación de estas metodologías de mejora continua se ha convertido en un factor clave para la sostenibilidad de las organizaciones, gracias a que estas mediante datos, estadísticas y gestión de procesos, logran eliminar los desperdicios, reducir la variabilidad y aumentar la productividad de las empresas. Un ejemplo de esto es el estudio de desarrollo y validación del modelo Lean Six Sigma como método de mejora continua en una PYME del sector de embotelladoras de México. Una investigación realiza por (Martínez et al., 2024), con la implementación de la metodología DMAIC, se logró reducir la variabilidad de los productos, disminución de costos, mejores tiempos de entregas, y lo más fundamental, una mayor satisfacción del cliente.

La implementación de sistemas de gestión de calidad en el sector panadero ha cobrado gran relevancia en los últimos años. Un estudio desarrollado en la panadería *Gusto y Deleite* tuvo como propósito optimizar la inocuidad de los alimentos mediante esta normativa internacional, que establece lineamientos para identificar peligros, establecer puntos críticos de control y garantizar la trazabilidad de los productos. Los resultados de la investigación evidenciaron una mejora sustancial en la reducción de riesgos de contaminación, el cumplimiento de los requisitos legales y el fortalecimiento de la cultura organizacional orientada a la seguridad alimentaria. Este tipo de prácticas se encuentran respaldadas por disposiciones legales, como la Ley de Defensa del Consumidor, la cual refuerza el compromiso de las empresas de asegurar que los alimentos ofertados sean seguros y no representen un riesgo para la salud (Pazmiño, 2024)

La panadería en el cantón Riobamba ha tenido un proceso de modernización en el que la ciencia ha desempeñado un papel fundamental, especialmente en la innovación de ingredientes, el perfeccionamiento de técnicas de elaboración y la adopción de prácticas sostenibles. Este enfoque ha permitido mejorar la calidad de los productos y responder a nuevas exigencias nutricionales y ambientales, sin dejar de lado la tradición artesanal que caracteriza a este oficio. Asimismo, la introducción de técnicas de vanguardia y el uso de insumos innovadores han generado un escenario en el que convergen la creatividad culinaria y la investigación científica, aportando soluciones a

problemáticas actuales como la disminución del consumo de pan y la necesidad de ofrecer alternativas más saludables (Villalva et al., 2024)

En la industria panificadora, la innovación se ha convertido en un eje central para la permanencia en el mercado, especialmente en pequeñas y medianas empresas que deben responder a cambios en el consumo y en las dinámicas socioeconómicas del entorno. Estudios recientes evidencian que las innovaciones suelen ser de carácter incremental y se orientan tanto al producto como al método comercial, destacando la importancia de ajustar las estrategias a las particularidades geográficas y culturales de cada región. Estos avances se reflejan en la introducción de insumos más saludables, técnicas artesanales mejoradas y nuevas formas de comercialización, como la ampliación de canales de distribución y el uso de empaques diferenciados. Gran parte de las iniciativas surgen desde la experiencia y creatividad de los panaderos, más que de los propietarios, lo que plantea un desafío en la consolidación de procesos de innovación estructurados dentro de las empresas (Vélez, 2021).

En el ámbito empresarial, la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) se ha consolidado como una estrategia clave para garantizar la sostenibilidad y la competitividad de las organizaciones. Su implementación, orientada por lineamientos como la Norma Internacional ISO 26000, las compañías integrar prácticas responsables que consideran aspectos sociales, ambientales y éticos dentro de su gestión. En este sentido, herramientas como la producción limpia y el consumo sostenible se convierten en pilares fundamentales, ya que buscan optimizar procesos productivos, reducir emisiones y minimizar residuos, al tiempo que promueven un consumo consciente y responsable por parte de los clientes. Las estrategias no solo contribuyen a mitigar los impactos negativos sobre el medio ambiente y la comunidad, sino que también fortalecen la reputación empresarial y generan valor agregado en mercados cada vez más exigentes (Devia, 2023).

El proyecto desarrollado para la empresa De Lolita, en el cual se aplicaron técnicas de procesamiento digital de imágenes y algoritmos de Deep Learning con el propósito de facilitar las labores de conteo y clasificación de productos al finalizar la jornada laboral. La iniciativa buscó reducir los errores derivados del cansancio físico y mental de los empleados, especialmente en procesos repetitivos como el conteo manual de productos. Para llevar el proyecto a cabo se seleccionaron cinco tipos de panadería y se construyó un conjunto de datos ampliado mediante data augmentation, el cual permitió entrenar un modelo basado en YOLOv5. Con este modelo se

desarrolló una aplicación móvil en React Native que, conectada a un backend en Python, realiza el reconocimiento automático de los productos mediante una fotografía, generando un listado con las unidades detectadas. Este sistema demuestra cómo la inteligencia artificial puede integrarse en entornos productivos pequeños para optimizar tareas rutinarias, mejorar la precisión del control interno y disminuir La carga laboral (Ramos, 2022).

Un antecedente importante para el desarrollo del presente proyecto es el caso de la panadería LatinPan, donde se implementó una aplicación informática para mejorar la gestión administrativa y optimizar el control de sus procesos internos. En muchos negocios locales como panaderías, la administración todavía se maneja de manera tradicional, lo que limita la eficiencia operativa y la calidad del servicio, la falta de herramientas tecnológicas dificulta la organización y el seguimiento de las actividades. Con el programa de Python se desarrolló una aplicación personalizada para automatizar tareas diarias, registrar información de forma ordenada y ofrecer datos actualizados que facilitan la toma de decisiones. Gracias a esta herramienta, se logró una mejora notable en la planeación, el control y la comunicación entre las diferentes áreas de trabajo, mostrando que la tecnología puede integrarse fácilmente incluso en empresas pequeñas cuando se ajusta a su contexto (Murillo, 2024).

Evaluando los indicadores asociados a los principios y materias fundamentales de la RSE. La aplicación de encuestas a los actores estratégicos permitió identificar los avances logrados, así como áreas que requieren mejora, destacando especialmente la gestión de los residuos sólidos. A partir de este análisis, se diseñó un plan de acción integral que considera las dimensiones económica, social y ambiental, con el fin de optimizar la implementación de la RSE, consolidar una cultura de sostenibilidad y asegurar un impacto positivo tanto en la comunidad como en el entorno organizacional (Silva et al., 2023).

En los últimos años, el sector panadero ha mostrado un crecimiento significativo, acompañado de una transformación en las demandas de los consumidores, quienes priorizan cada vez más el valor nutricional y la diversidad en los productos. En este contexto, las panaderías artesanales han cobrado relevancia al mantener técnicas tradicionales, como la fermentación natural, que aportan características de olor y textura diferenciadas frente a la panadería industrial. Estudios recientes evidencian que, a nivel mundial, la tendencia se orienta hacia un consumo más consciente, donde se valoran los procesos tradicionales y la incorporación de ingredientes naturales sin aditivos químicos. En Colombia, este comportamiento ha sido influenciado por las corrientes

europeas, lo que ha impulsado la aceptación del pan artesanal como una alternativa atractiva para los consumidores, quienes destacan aspectos como la frescura, la calidad nutricional y la variedad en las formulaciones. Se ha identificado que el consumo de este tipo de pan no se restringe a un horario específico y que su adquisición se realiza con una frecuencia promedio de tres veces por semana, siendo los productos más demandados aquellos elaborados con masa madre, como croissants, focaccias, baguettes y brioches. Estas dinámicas reflejan que las panaderías artesanales que logren integrar innovación con tradición, ofreciendo productos saludables y con valor agregado, tienen altas posibilidades de consolidarse en un mercado cada vez más competitivo y en expansión (Renza & Vázquez, 2023).

Un caso representativo que sirve como referente para el presente proyecto es el de la panadería "Flor de Cebada", donde se planteó el desarrollo de un sistema de software orientado a optimizar la gestión de productos y la planificación de la producción mediante el uso de herramientas tecnológicas modernas. Este proyecto integra Python con el framework Flask en el backend y React en el frontend, y diferentes modelos de Machine Learning para la predicción de la demanda y la identificación de tendencias de consumo. Con estas tecnologías se mejora el control de inventarios, el registro de ventas y la generación automática de reportes, permitiendo una toma de decisiones con los datos reales. La propuesta demuestra que la inteligencia artificial y el análisis de series temporales pueden aplicarse en pequeñas empresas del sector panadero, ayudando a reducir desperdicios, anticipar necesidades y aumentar la rentabilidad (Freire, 2025). En los últimos años, los hábitos de consumo han cambiado y cada vez más personas buscan opciones de panadería y pastelería saludables, motivadas por la preocupación por el bienestar, la alimentación balanceada y la preferencia por ingredientes naturales. Esta tendencia ha impulsado a muchos negocios a modernizar sus procesos, integrando insumos de origen vegetal y reduciendo el uso de aditivos, con el fin de ofrecer productos de mejor calidad y más acordes con las expectativas del consumidor. En Colombia, el pan continúa siendo un alimento de consumo diario, con un promedio de 22 kilos por persona al año, lo que convierte al sector panadero en un espacio de constante innovación y adaptación a estas nuevas demandas (Arévalo et al., 2021).

3. Preguntas de reflexión

¿Cuáles son las principales consecuencias de no contar con procesos estandarizados en la producción?

¿Qué impacto tiene la toma de decisiones de forma empírica, sin base en datos reales sobre la eficiencia operativa?

¿De qué manera se puede integrar el conocimiento empírico del personal operativo con metodologías Lean Six Sigma?

4. Justificación

En un sector como el de las panaderías, donde la producción se realiza diariamente y los productos tienen una alta rotación, es fundamental contar con métodos que permitan planificar y ejecutar la producción de forma eficiente. Cuando las actividades se manejan únicamente por medio de las experiencias o prácticas tradicionales, es común que se presenten inconsistencias en la planificación, generando situaciones como la elaboración excesiva de algunos productos o, por el contrario, la falta de otros que son requeridos por los consumidores.

Por esta razón, la estandarización de los procesos se convierte clave para mejorar la forma en que se planifica y ejecuta la producción. La estandarización de procesos garantiza la calidad de los productos, optimiza la eficiencia operativa y mejora la rentabilidad del negocio. (Sinche, 2024). Al definir procedimientos y formas claras de registrar la información, las panaderías pueden tener un mayor control sobre lo que producen, lo que venden y los recursos que utilizan. Esto no solo contribuye a reducir desperdicios, si no que brinda una base sólida para tomar decisiones frente a la cantidad de productos que deben elaborarse cada día.

En este contexto, la metodología Lean Six Sigma representa una de las herramientas más completas y rigurosas para abordar problemáticas de este tipo. Su aplicación en empresas de productos o servicios optimiza los recursos, incrementa la rentabilidad y aumenta la satisfacción del cliente, razón por la cual ha sido implementada con éxito tanto en multinacionales como en pequeñas y medianas empresas. En microempresas del sector alimentos, la implementación de esta metodología ha generado ahorros importantes en costos, disminuciones en devoluciones de productos, y adopción de buenas prácticas en la gestión de los procesos (Cevallos & Naranjo, 2021).

La elección de Python como herramienta tecnológica de soporte a la mejora se sustenta en su utilidad dentro de entornos productivos. En la industria alimentaria, Python destaca por capacidad para optimizar los procesos de producción y distribución, permitiendo desarrollar programas que automatizan tareas repetitivas, eliminan el riesgo de errores humanos y habilitan el análisis de datos en tiempo real para identificar patrones y tendencias que influyen en la producción y el consumo (Anowarul & Faysal, 2025).

De esta manera, la integración de ambos enfoques responde tanto a las necesidades operativas inmediatas de la panadería Richs como a su proyección de largo plazo como negocio competitivo rentable.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Optimizar el proceso productivo de la panadería Richs mediante la estandarización e implementación de metodologías Lean Six Sigma y automatización con Python.

5.2. Objetivos específicos

- Implementar el ciclo DMAIC de la metodología Lean Six Sigma para la mejora continua del proceso productivo.
- Desarrollar una aplicación en Python orientada a la estandarización del proceso productivo.
- Evaluar los resultados obtenidos en términos de eficiencia operativa y reducción de desperdicios.

6. Marco Metodológico

6.1. Tipo de Estudio

El presente trabajo se basa en un enfoque mixto, ya que combina herramientas cuantitativas y cualitativas para analizar de manera integral el proceso productivo de la panadería. La recolección de datos se llevó a cabo durante el segundo semestre del año 2025, periodo que comprendió una fase inicial de diagnóstico, orientada a identificar las condiciones actuales del proceso productivo, seguida de una fase de intervención y seguimiento, en la cual se implementaron y evaluaron las estrategias de mejora.

El componente cuantitativo permitió recopilar datos que facilitaron la evaluación precisa del rendimiento del proceso productivo y la eficiencia de las estrategias implementadas, como estudios de tiempos y movimientos e indicadores de producción, los cuales proporcionaron información para abordar el uso de recursos y tiempos. Este enfoque permitió identificar correlaciones entre las intervenciones realizadas y los resultados obtenidos, proporcionando evidencias del impacto de las metodologías implementadas.

Por su parte, el componente cualitativo se desarrolló a través de la observación directa y la realización de entrevistas con el personal, herramientas que permitieron comprender el contexto operativo de la panadería, identificar problemáticas desde la perspectiva de los trabajadores y complementar los hallazgos obtenidos mediante los datos cuantitativos.

6.2. Diseño Metodológico

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de estudio de caso único de tipo instrumental en la panadería Richs, ubicada en el barrio Rosa blanca de la ciudad de Villavicencio. La elección de la empresa se fundamentó en la necesidad de analizar un proceso productivo que presenta problemáticas asociadas a la falta de planificación de la demanda, generando pérdidas económicas y afectaciones en la satisfacción del cliente. La muestra operacional estuvo conformada por la producción diaria de los productos de mayor representatividad que son el pan rollito, quesito, rollito con bocadillo y pan blandito, Para la recolección de la información se emplearon técnicas cuantitativas como estudios de tiempos y métodos, hojas de verificación para

el registro de producción, sobrantes y faltantes, y análisis de la fabricación diaria. De manera complementaria, se realizaron entrevistas al personal operativo con el fin de comprender las condiciones reales del proceso y las principales dificultades en la ejecución de las actividades. La información recolectada fue validada mediante la comparación entre registros manuales y los datos obtenidos a través del sistema desarrollado en Python, permitiendo identificar inconsistencias y asegurar la confiabilidad de los datos utilizados en el análisis. El desarrollo del estudio se estructuró bajo la metodología Lean Six Sigma, mediante la aplicación del ciclo DMAIC. En la fase Definir, se estableció el problema y el alcance del proyecto; en Medir, se recolectaron y cuantificaron los datos del proceso; en Analizar, se identificaron las causas raíz de las ineficiencias; en Mejorar, se implementaron acciones como la estandarización de actividades y el uso de herramientas tecnológicas; y en Control, se establecieron mecanismos de seguimiento a través del sistema de información y los indicadores de desempeño, con el fin de garantizar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

6.3. Población

La población objeto de estudio corresponde al proceso productivo de la panadería Richs, ubicada en la ciudad de Villavicencio Meta. Este proceso comprende las etapas involucradas en la elaboración de los productos, desde la recepción de materias primas hasta la obtención del producto final, así como los recursos técnicos, humanos y operativos que intervienen en cada una de estas actividades.

El proceso productivo se desarrolló en dos jornadas, turno mañana y turno tarde, e involucra al personal operativo compuesto por dos o en algunos casos tres panaderos según la demanda, el administrador del establecimiento, y el personal de servicio al cliente. Se consideraron dentro de la población todos los actores y actividades directamente vinculados a la producción.

6.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por la producción diaria de los productos de mayor representatividad dentro del proceso productivo de la panadería Richs, específicamente en el pan rollito, pan quesito, pan rollito con bocadillo y pan blandito. Estos productos fueron seleccionados

debido a su alta frecuencia de elaboración y su relevancia dentro del sistema productivo, lo que permite representar el comportamiento operativo de la panadería. Para el análisis se tomó como referencia una semana de producción, en la cual se registraron un total de 5222 unidades correspondientes a la producción de los productos mencionados. Este periodo fue seleccionado debido a su representatividad operativa, permitiendo obtener una base de datos para el análisis del comportamiento del proceso en condiciones reales de funcionamiento. La muestra permitió identificar el comportamiento de la producción frente a la demanda, así como la variabilidad en los niveles de eficiencia y la presencia de sobrantes y faltantes dentro del proceso productivo.

6.5. Técnica y recolección de datos

Con la finalidad de obtener información confiable y objetiva sobre las causas de ineficiencia en el proceso productivo en la panadería Richs, se aplicaron diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos. En primer lugar, se utilizaron hojas de verificación para registrar de manera sistemática la frecuencia de los productos no vendidos y las cantidades faltantes. Esta herramienta facilitó la identificación de deficiencias en la planificación de la demanda y el control del proceso. Los datos registrados en estas hojas fueron verificados al final de cada jornada mediante el conteo físico de productos sobrantes y la comparación con las cantidades producidas inicialmente, con el fin de garantizar la coherencia y exactitud de la información.

La observación directa se llevó a cabo en la zona de producción, con el fin de evidenciar las condiciones reales del entorno laboral, el orden, la disposición de materiales y el cumplimiento de las actividades por parte de los operarios. Para estructurar esta observación, se emplearon formatos predefinidos que permitieron registrar de manera sistemática los tiempos de cada actividad, los movimientos realizados por los operarios y las condiciones del puesto de trabajo, reduciendo así la subjetividad en la captura de información. Asimismo, se realizó una observación del proceso de venta, con el objetivo de analizar el comportamiento de la oferta frente a la demanda, así como la presencia de sobrantes y faltantes. Se implementó un sistema digital desarrollado en Python, el cual permitió registrar las ventas en tiempo real mediante el uso de dispositivos tecnológicos. Para validar la coherencia entre los datos digitales y los registros manuales, se realizaron cruces periódicos de información entre ambas fuentes, verificando que las

cantidades registradas digitalmente coincidieran con los conteos físicos y las hojas de verificación diligenciadas manualmente.

Por último, se realizaron entrevistas y conversaciones con los encargados de cada área, con el fin de conocer desde su experiencia directa las principales dificultades, causas y posibles propuestas de mejora.

6.6. Análisis de datos

El análisis de datos en la panadería Richs se desarrolló aplicando la metodología DMAIC con el propósito de identificar, medir y reducir las causas de ineficiencia dentro del proceso productivo. En la fase Definir, se elaboró el Project Charter para delimitar el alcance, los objetivos y los indicadores de desempeño del proyecto. Se aplicaron herramientas como el diagrama SIPOC, el diagrama de flujo y el diagrama de carriles, los cuales permitieron caracterizar el proceso productivo e identificar los puntos críticos y las interacciones entre las diferentes áreas. En la fase Medir, se realizó la recolección de datos relacionados con la producción diaria, los tiempos de operación y los niveles de sobrantes y faltantes. Se utilizaron estudios de tiempos para identificar actividades improductivas y posibles cuellos de botella, así como hojas de verificación para el registro sistemático de la información. Los datos obtenidos fueron consolidados y validados mediante su comparación con los registros del sistema en Python. Para la evaluación del desempeño del proceso, se calcularon indicadores como el Defects Per Unit (DPU), Defects Per Opportunity (DPO) y Defects Per Million Opportunities (DPMO), considerando como defectos los niveles de sobrantes y faltantes. A partir de estos valores, se determinó el nivel sigma del proceso, permitiendo cuantificar la variabilidad y el rendimiento del sistema productivo. En la fase Analizar, se interpretaron los datos recolectados mediante herramientas como el diagrama de Pareto, el VSM actual y el diagrama de Ishikawa, lo que permitió identificar las principales causas raíz asociadas a la sobreproducción, los faltantes y la falta de estandarización en las actividades. Asimismo, se realizó un análisis de mudas para evidenciar los desperdicios presentes en el proceso. En la fase Mejorar, se implementaron acciones orientadas a la reducción de la variabilidad del proceso, entre ellas la estandarización de actividades, la organización del área de trabajo mediante la metodología 5S y el desarrollo de un sistema en Python para el registro de producción, ventas y pronóstico de la demanda. Finalmente, en la fase Control, se establecieron

mecanismos de seguimiento a través de indicadores de desempeño como el nivel de aprovechamiento para observar la producción y ventas y el nivel sigma, los cuales son monitoreados mediante el sistema implementado, garantizando la sostenibilidad de las mejoras y la toma de decisiones basada en datos.

7. Metodología DMAIC

7.1. Definir

7.1.1 Project Charter

El Project Charter es una herramienta utilizada en Lean Six Sigma que permite determinar el objetivo del proyecto, el alcance, los responsables y el impacto estimado. En general, su función principal es formalizar el inicio del proyecto y alinear al equipo de trabajo con las metas y recursos disponibles, garantizando una comprensión clara del problema a abordar.

Figura 4

Project Charter panadería Richs

Project Charter		
Información general del proyecto		
Nombre de la organización: Panadería Richs	Area o proceso: Producción	
Nombre del proyecto: Estandarización del proceso de producción	Impacto económico estimado: 300000	
Descripción del problema o asunto, los objetivos y los resultados del proyecto		
Planteamiento del problema: La panadería Richs opera de forma empírica, sin registros claros de producción ni ventas diarias. Esto genera sobreproducción, faltantes de producto y desperdicio de insumos, afectando la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.		
Objetivo del proyecto: Estadarizar el proceso de producción aplicando la metodología Lean Six Sigma y automatización con Python		
Cliente final: Clientes del barrio Rosablanca y zonas cercanas en Villavicencio que consumen productos de panadería		
Beneficios esperados del proyecto: Toma de decisiones basadas en datos reales, reducción de desperdicios, mejora en la disponibilidad de productos, aumento en la satisfacción del cliente		
Definición y alcance del proyecto		
Métricas objetivo: Tasa de cantidad producida, tasa de cantidad vendida, tasa de producto sobrante, tasa de producto faltante, tiempo promedio de producción		
Dentro del alcance del proyecto: Diagnóstico del proceso actual, recolección y análisis de datos, diseño de propuesta de estandarización y automatización		
Fuera del alcance del proyecto: Cambios estructurales en la infraestructura física		
Riesgos, limitaciones y suposiciones del proyecto: Resistencia al cambio por parte del personal, limitaciones en acceso a datos históricos, dependencia de la colaboración del personal operativo		
Recursos del proyecto		
Equipo del proyecto: Asesores White and Yellow Belt en Six Sigma (Estudiantes USTA)		
Recursos de apoyo: Jefe de producción y operarios, administrador de la empresa, herramientas tecnológicas, capacitación en Six Sigma		
Cronograma		
Etapa	**Etapa**	**Semanas**
Definir	Recopilación de datos del proceso actual de producción	Semana 1-3
Medir	Medición del desempeño actual del proceso	Semana 4-6
Analizar	Análisis para identificar causas raíces y soluciones potenciales	Semana 7-9

Nota. Este Project Charter fue desarrollado con base en entrevistas, observación en planta y análisis del proceso actual, como parte de la etapa de definición del proyecto.

Una vez implementada la herramienta para la empresa Richs, se identificaron los principales elementos del problema, la definición del proyecto, los beneficios esperados y los recursos necesarios para su desarrollo. Durante este proceso se evidenció que la panadería trabaja

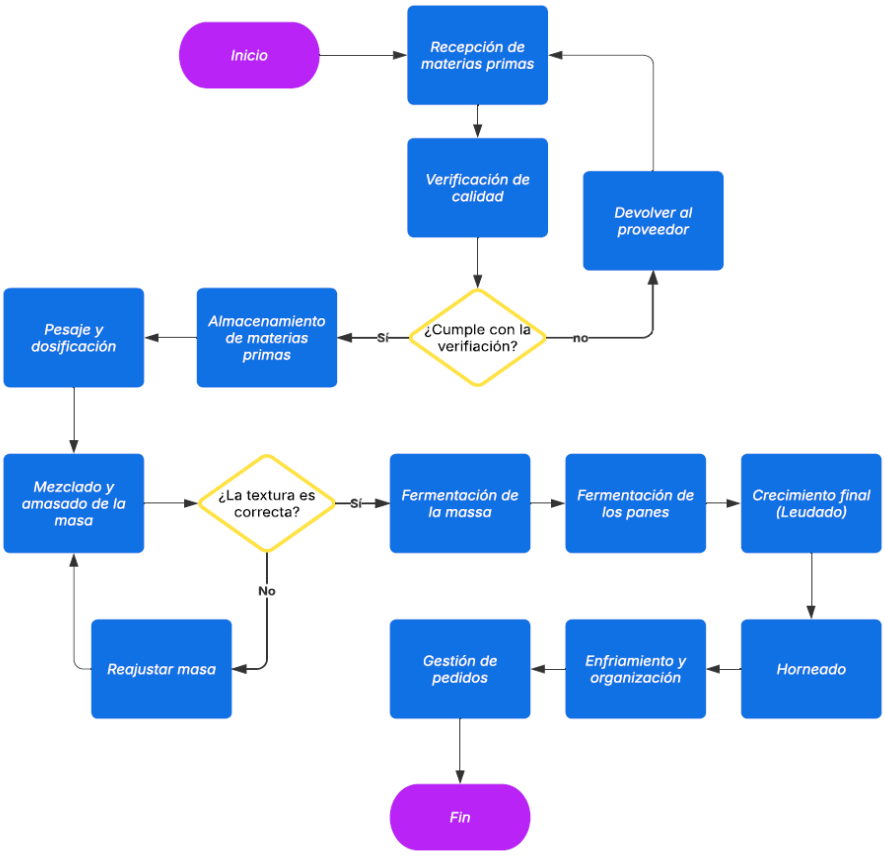
de manera empírica, sin llevar un registro sistemático de su producción. Por esta razón, el proyecto se orienta a estandarizar y optimizar el proceso mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, apoyada en la automatización a través de Python.

7.1.2 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo permitió representar de manera visual y ordenada las actividades del proceso productivo de la panadería Richs, facilitando la identificación de la secuencia de operaciones, los puntos de decisión y las diferentes etapas desde la recepción de materias primas hasta la obtención del producto final.

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso de producción para la panadería Richs



Nota. El diagrama muestra el proceso de producción, desde la recepción de materia prima hasta la gestión de pedidos en la panadería Richs.

Se identifican ineficiencias dentro del proceso productivo, en la etapa de verificación de materias primas, aunque se realiza un control de tipo cuantitativo verificando cantidades, no se evidencian criterios estandarizados para evaluar la calidad de los insumos, lo que puede generar variabilidad en las etapas posteriores del proceso. Se presentan ciclos de retraso en actividades como el mezclado y amasado, donde la corrección de la textura implica demoras en el flujo y un incremento en los tiempos de producción. Se identificó una falencia entre la producción y la gestión de pedidos, lo que contribuye directamente a la generación de sobrantes y faltantes. No se observan puntos de control formales entre etapas críticas como fermentación, horneado y enfriamiento, lo que incrementa la variabilidad del proceso y afecta la consistencia en la calidad del producto final.

7.1.3 Diagrama de SIPOC

El diagrama de SIPOC es una herramienta que permite visualizar de manera general cómo funciona un proceso. A través de este se identifican elementos clave como proveedores que suministran los insumos, las entradas necesarias para elaborar el producto, los pasos del proceso de producción, las salidas que se generan como resultados, y los clientes internos o externos que reciben el producto o servicio. Su aplicación facilita la comprensión general del proceso.

Figura 6

Diagrama SIPOC proceso de producción para la panadería Richs

DIAGRAMA DE SIPOC PANADERÍA RICHS				
Suppliers (Proveedor)	**Inputs (Entrada)**	**Process (Proceso)**	**Outputs (Salidas)**	**Customers (Clientes)**
¿Quiénes son los proveedores de los insumos necesarios para el proceso?	¿Qué necesitamos para producir el producto/servicio?	¿Cuáles son los 5-7 pasos de acción de alto nivel necesarios para producir el producto/servicio?	¿Qué producto/servicio se genera mediante el proceso?	¿Quién recibe el producto/servicio producido por el proceso y, por lo tanto, determina los requisitos?
Proveedores de materia prima (harina, levadura, mantequilla, huevos, azúcar, sal)	Materias primas, área de almacenamiento	1) Recepción y almacenamiento de materia prima	Materias primas clasificadas y almacenadas	Área de producción
Operarios de producción	Materias primas, básculas, recipientes, receta estándar	2) Pesado y dosificación	Ingredientes dosificados y listos para mezclar	Operarios de producción
Operarios de producción	Ingredientes medidos, amasadora, energía eléctrica	3) Mezclado y amasado	Masa lista para fermentación	Operarios de producción
Operarios de producción	Masa preparada, control de tiempo, mesa de trabajo y bandejas	4) Fermentación	Masa fermentada con volumen adecuado	Operarios de producción
Operarios de producción	Masa fermentada, báscula, moldes, mesa de trabajo	5) Pesado, cortado y moldeado	Piezas moldeadas listas para leudación	Operarios de producción
Operarios de producción	Piezas moldeadas, bandejas, cuarto de crecimiento	6) Crecimiento final (leudación)	Pan crudo fermentado listo para hornear	Área de horneado
Operarios de producción y ventas	Pan crudo fermentado, horno, bandejas y bolsas de empaque	7) Horneado, enfriamiento, y venta a clientes	Pan horneado terminado y listo para la venta	Área de ventas y cliente final

Nota. Diagrama generado durante la documentación del proceso productivo.

Tras aplicar la herramienta en la panadería Richs, se logró mapear el proceso de producción del plan desde la recepción de la materia prima hasta la venta al consumidor final. Este diagrama permitió identificar puntos críticos en el proceso:

Entradas

Materias primas destinadas a cada lote, definidas en la etapa de recepción y almacenamiento. Al no partir de un criterio claro de demanda, esta cantidad condiciona todo el proceso posterior. Adicionalmente el control de tiempos, temperatura y volumen en la fermentación también representa una entrada sensible, ya que una variación en dicha etapa puede alterar el rendimiento del lote y con ello agravar el desajuste entre lo producido y lo requerido.

Salidas

La salida que falla directamente es el pan terminado listo para la venta, donde el desajuste se hace visible en forma de sobrantes o faltantes. No obstante, el problema se origina desde la etapa de pesado y dosificación, donde se fijan las cantidades a producir de forma empírica sin un referente objetivo de demanda, acumulando el error a lo largo de todas las etapas siguientes.

Cliente afectado

El cliente más afectado es el cliente final y el área de ventas. Los faltantes generan pérdida de ventas cuando el cliente no encuentra el producto disponible, mientras que los sobrantes representan pérdidas económicas por producción que no logra colocarse en el mercado, siendo este el problema identificado en la panadería Richs.

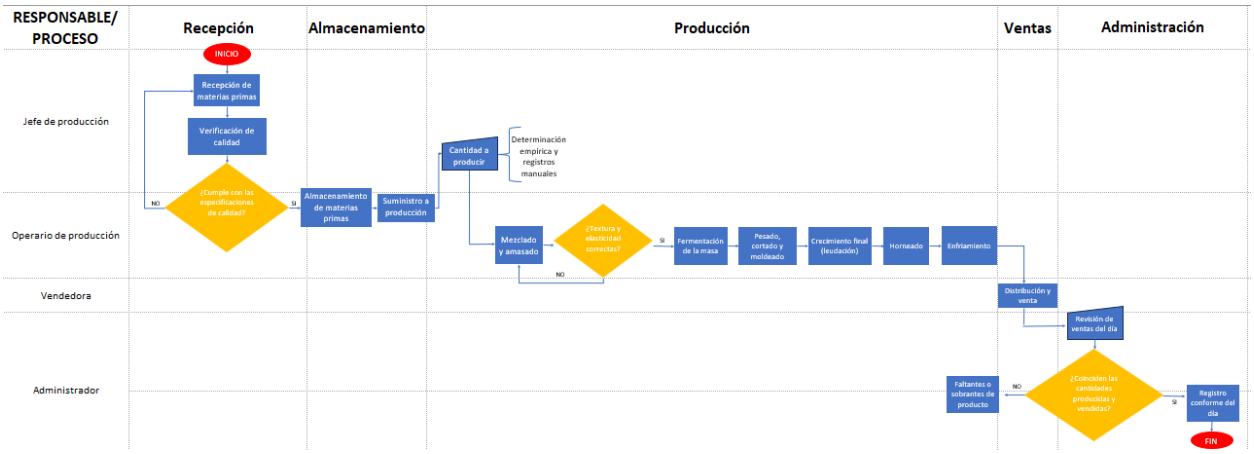
7.1.4 Diagrama de carriles

El diagrama de carriles es una herramienta visual que permite representar de forma clara la secuencia de actividades de un proceso y asignar responsabilidades a cada área o actor

involucrado. Cada carril identifica a un responsable, facilitando la comprensión del flujo de información y materiales entre los distintos participantes del proceso.

Figura 7

Diagrama de carriles proceso actual de producción para la panadería Richs



Nota. Elaborado para representar la secuencia de actividades del proceso productivo y la responsabilidad de cada área.

Al aplicar el diagrama de carriles en el proceso de producción de la panadería Richs, se obtuvo la representación visual completa del flujo de trabajo desde la recepción de materias primas hasta la venta final al cliente con sus respectivos responsables, facilitando la identificación de ineficiencias en las etapas del proceso. Inicialmente se identifica la determinación empírica de la cantidad a producir por parte del jefe de producción, basada únicamente en registros manuales y criterio subjetivo, sin un fundamento técnico que la respalda. El proceso avanza de manera lineal desde el mezclado hasta el horneado y la distribución, sin ningún punto de control que permita ajustar el volumen producido antes de que el desajuste llegue al cliente final.

Adicionalmente, el diagrama revela que el único momento en que se detecta el problema es al cierre de la jornada, durante la revisión de ventas del día, cuando los sobrantes o faltantes ya se han materializado. Esto indica que el proceso carece de un mecanismo preventivo y opera frente al desajuste, registrando el resultado sin generar una retroalimentación que corrija la estimación para la jornada siguiente.

7.2. Medir

7.2.1 Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos se elaboró con el propósito de obtener información para el análisis del proceso productivo en la panadería Richs. Este plan se centró en recopilar información cuantitativa de los ítems presentados a continuación:

Figura 8

Plan de recolección de datos del proceso productivo de la panadería Richs

Plan de recolección de datos									
Datos a recolectar / Pasos del proceso	Medida (con unidades)	Definición operativa	¿Qué información proporcionarán los datos?	¿Cómo se pueden recopilar estos datos?	¿Quién recopilará estos datos?	Tipo de datos (discretos / continuos)	Factor(es) de estratificación	¿Cómo se analizarán / trazarán los datos?	¿Con qué frecuencia se recopilarán los datos?
1. Cantidad producida	Unidades por día	Total de productos elaborados de 6 am a 9 pm	Nivel de productividad	Hoja de verificación	Operarios	Discreto	Por tipo de producto	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria
2. Cantidad vendida	Unidades por día	Total de productos vendidos de 6 am a 9 pm	Nivel de demanda real	Hoja de verificación	Administrador	Discreto	Por tipo de producto	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria
3. Productos sobrantes	Unidades	Productos no vendidos al final de la jornada	Indica sobreproducción y pérdidas económicas	Hoja de verificación	Operarios	Discreto	Por tipo de producto	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria
4. Productos faltantes	Unidades	Productos solicitados por clientes y no disponibles	Indica subproducción, y oportunidades de ventas pérdidas	Hoja de verificación	Administrador	Discreto	Por tipo de producto	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria
5. Tiempo de producción	Minutos	Tiempo desde inicio hasta fin de elaboración de un lote	Eficiencia operativa	Estudio de tiempos	Estudiantes	Continuo	Por tipo de producto	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria
6. Tiempos de movimientos de personal	Minutos	Duración de desplazamientos entre estaciones de trabajo	Identificar tiempos muertos	Observación directa y cronómetro	Estudiantes	Continuo	Etapa del proceso	Indicadores, herramientas Lean Six sigma, análisis descriptivo	Diaria

Nota. Elaborado para asegurar la validez, confiabilidad y trazabilidad de la información recolectada durante el estudio.

Los datos fueron obtenidos mediante observación directa, registros manuales y hojas de verificación, con la participación de los operarios de producción y administrativo, quienes fueron instruidos sobre el uso de dichos formatos.

La información obtenida proporciona una visión integral del desempeño productivo permitiendo identificar las ineficiencias del proceso y realizar múltiples análisis, para encontrar mejoras en fases posteriores del ciclo DMAIC.

7.2.2 Hojas de verificación

Las hojas de verificación se utilizaron como una herramienta para recopilar datos precisos y objetivos sobre la cantidad de productos a realizar, vendidos, sobrantes y faltantes en la panadería Richs. A través de este registro diario fue posible organizar mejor los datos e identificar patrones relacionados con la planeación de la producción y la demanda real de los clientes. Se seleccionaron cuatro tipos de panes con mayor rotación y procesos de elaboración similares (rollito, quesito, rollito con bocadillo y pan blandito) diferenciados únicamente por su tipo de relleno.

Figura 9

Hoja de verificación de la panadería Richs

Día	PRODUCTO	Cantidad producida (unidades)	Cantidad vendida (unidades)	Productos sobrantes	Productos faltantes	Promedio producción
		Total productos elaborados/día	Total productos vendidos/día	Lo que no se vendió	Lo que los clientes pidieron y no había	
Lunes	Rollito	500	490	10	0	400-500
Lunes	Quesito	180	130	50		90-300
Lunes	Rollito con bocadillo	60	60	0	Hizo falta	40-100
Lunes	Pan blandito	120	95	25		50-200
Martes	Rollito	450	400	50	0	400-500
Martes	Quesito	240	220	20		90-300
Martes	Pan blandito	72	52	20		50-200
Martes	Rollito con bocadillo	50	40	10		40-100
Miércoles	Rollito	200	200	0	Gente vino a preguntar	400-500
Miércoles	Quesito	90	90	0	Hizo falta en la noche	90-300
Miércoles	Pan blandito	90	80	10		50-200
Miércoles	Rollito con bocadillo	30	30	0		40-100
Jueves	Rollito	350	300	50	0	400-500
Jueves	Quesito	140	120	20		90-300
Jueves	Pan blandito	50	50	0	Hizo falta en horas de la noche	50-200
Jueves	Rollito con bocadillo	40	30	10		40-100
Viernes	Rollito	300	270	30		400-500
Viernes	Quesito	120	110	10		90-300
Viernes	Pan blandito	120	92	28		50-200
Viernes	Rollito con bocadillo	60	55	5		40-100
Sábado	Rollito	500	480	20		400-500
Sábado	Quesito	300	295	5		90-300
Sábado	Pan blandito	150	150	0		50-200
Sábado	Rollito con bocadillo	65	65	0	Hizo falta	40-100
Domingo	Rollito	500	485	15		400-500
Domingo	Quesito	250	240	10		90-300
Domingo	Pan blandito	130	130	0	Hizo falta en horas de la noche	50-200
Domingo	Rollito con bocadillo	65	65	0	Hizo falta	40-100

Nota. Formato entregado al personal de producción y administrativo para el registro directo de la información operativa diaria.

Durante el periodo de observación se evidenció que en algunos casos los clientes solicitaban productos que ya no estaban disponibles (principalmente en horas de la noche), y en

otras ocasiones evidenciando que la mayor parte de los productos terminaban sobrando al final del día. Este comportamiento se atribuye a la falta de un registro formal de la producción y las ventas, lo que ha llevado a los empleados a trabajar con promedios estimados en lugar de datos reales. Como resultado, la panadería enfrenta eficiencias en el proceso productivo.

7.2.3 Estudio de tiempos

Con el propósito de analizar la eficiencia del proceso de producción y establecer tiempos estándar confiables, se realizó un estudio de tiempos en la panadería Richs, enfocado en la elaboración de lotes de pan. Este análisis permitió identificar los factores que influyen en productividad, movimientos innecesarios, y posibles oportunidades de mejora en la distribución del trabajo. El estudio tuvo un total de 50 pasos detallados abarcando todas las actividades involucradas en el proceso, para cada actividad se registraron los siguientes elementos:

- **Acción base.** Descripción corta de la tarea ejecutada por el operario
- **Tipo de máquina utilizada.** clasificadas en manuales, semiautomáticas y automáticas, según el nivel de intervención del operario.
- **Objeto.** Elemento o producto sobre el cual se realiza la acción
- **Tiempo observado.** (Suma de los tiempos registrados / # observaciones realizadas) expresado en segundos
- **Desempeño del trabajador.** Se evaluó con base a los siguientes criterios:

Figura 10

Criterios del desempeño del trabajador

ESCALA	Descripción del desempeño del individuc
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes e inseguros, operador
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado
100	Trabajador activo y capaz; operario calificado promedio
125	Muy rapido; el operario actua con gran seguridad
150	Excepcionalmente rápido concentración y esfuerzo

Nota. Escala *u*tilizada para ajustar los tiempos observados al ritmo de trabajo estándar.

- **Suplemento.** Se determinó un valor promedio entre 2% y 7%, considerando los suplementos por necesidades personales, y por trabajar de pie.
- **Tiempo estándar.** (Tiempo normal* (1+% suplemento))

Figura 11

Estudio de tiempos en el proceso de producción de la panadería Richs

N	Acción Base	Manual	Semiautomatica	Automatica	Objeto	Tiempo Segundos	Tiempo minutos	Desempeño trabajado	Tiempo normal	Suplemento	Tiempo estándar
1	Verificar ingredientes requeridos				Lista de ingredientes	20	0,333333333	100%	20	4,50%	20,9
2	Trasladar ingredientes				Materia prima	60	1	100%	60	4,50%	62,7
3	Limpiar superficie				Mesa de trabajo	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
4	Preparar utensilios				Recipientes	10	0,166666667	100%	10	4,50%	10,5
6	Encender balanza		Balanza		Máquina	15	0,25	100%	15	4,50%	15,7
7	Colocar recipiente		Balanza		Recipiente	5	0,083333333	100%	5	4,50%	5,2
8	Tarar balanza		Balanza		Máquina	2	0,033333333	100%	2	4,50%	2,1
9	Pesar harina		Balanza		Harina	2	0,033333333	100%	2	4,50%	2,1
10	Pesar sal		Balanza		Sal	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
11	Vertir al recipiente de la máquina			Mojadora	Materia prima	20	0,333333333	100%	20	4,50%	20,9
12	Pesar harina		Balanza		Harina	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
13	Pesar azúcar		Balanza		Azúcar	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
14	Pesar margarina		Balanza		Margarina	20	0,333333333	100%	20	4,50%	20,9
15	Pesar mantequilla de vaca		Balanza		Mantequilla de vaca	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
16	Pesar levadura		Balanza		Levadura	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
17	Vertir al recipiente de la máquina				Materia prima	20	0,333333333	100%	20	4,50%	20,9
18	Vertar agua			Mojadora	Agua	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
19	Agregar huevos			Mojadora	Huevos	10	0,166666667	100%	10	4,50%	10,5
20	Agregar esencia de vainilla			Mojadora	Esencia de vainilla	20	0,333333333	100%	20	4,50%	20,9
21	Encender mojadora			Mojadora	Máquina	10	0,166666667	100%	10	4,50%	10,5
22	Ajustar velocidad revolver			Mojadora	Máquina	5	0,083333333	100%	5	4,50%	5,2
	Revolver la masa			Mojadora	Máquina	300	5		0	4,50%	300,0
23	Supervisar textura			Mojadora	Máquina	60	1	100%	60	4,50%	62,7
24	Ajustar velocidad para amasar			Mojadora	Máquina	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
	Amasar masa					300	5		0	4,50%	300,0
25	Parar mojadora			Mojadora	Máquina	10	0,166666667	100%	10	4,50%	10,5
26	Retirar masa				Masa	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
27	Colocar masa en superficie				Masa	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
28	Amasar manualmente				Masa	900	15	75%	675	4,50%	705,4
29	Empaste de masa				Masa	60	1	75%	45	4,50%	47,0
30	Doblar la masa				Masa	60	1	75%	45	4,50%	47,0
31	Estirar masa	Rodillo			Masa	900	15	75%	675	4,50%	705,4
32	Cortar masa en cuadros	Ruedas de corte			Masa	60	1	75%	45	4,50%	47,0
33	Poner relleno en cada cuadro				Relleno	540	9	75%	405	4,50%	423,2
34	Formación de panes				Masa	2460	41	100%	2460	4,50%	2570,7
35	Colocar en bandejas				Panes formados	60	1	100%	60	4,50%	62,7
36	Colocar en estibas				Panes formados	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
37	Esperar fermentación				Panes formados	300	5		0	4,50%	300,0
38	Transportar al cuarto de crecimiento			Cuarto de crecimiento	Panes formados	180	3	100%	180	4,50%	188,1
39	Ajustar condiciones			Cuarto de crecimiento	Máquina	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
40	Esperar tiempo de leudado			Cuarto de crecimiento	Máquina	7200	120		0	4,50%	7200,0
41	Verificar volumen				Panes formados	15	0,25	1000%	150	4,50%	156,8
42	Precalentar horno			Horno	Máquina	600	10	10%	60	4,50%	62,7
43	Colocar bandejas			Horno	Bandejas	60	1	75%	45	4,50%	47,0
44	Ajustar tiempo			Horno	Máquina	10	0,166666667	123%	12,5	4,50%	13,1
45	Horneado			Horno	Máquina	900	15		0	4,50%	900,0
46	Retirar pan			Horno	Bandejas	60	1	100%	60	4,50%	62,7
47	Apagar horno			Horno	Máquina	10	0,166666667	123%	12,5	4,50%	13,1
48	Trasladar pan				Bandejas	30	0,5	100%	30	4,50%	31,4
49	Organizar piezas				Bandejas	60	1	123%	75	4,50%	78,4
50	Esperar tiempo de enfriamiento				Bandejas	1,8	0,03	125%	2,25	4,50%	2,4
	TIEMPO TOTAL					**15715,8**	**261,98**	**53,35**	**5686,25**	**2,295**	**14942**

Nota. La información fue recopilada mediante observación directa y cronometraje bajo condiciones normales de carga de trabajo.

A partir de las observaciones realizadas, se obtuvo un tiempo total observado de 15715,8 segundos (aproximadamente 4 horas y 22 minutos). Tras aplicar los ajustes por desempeño y

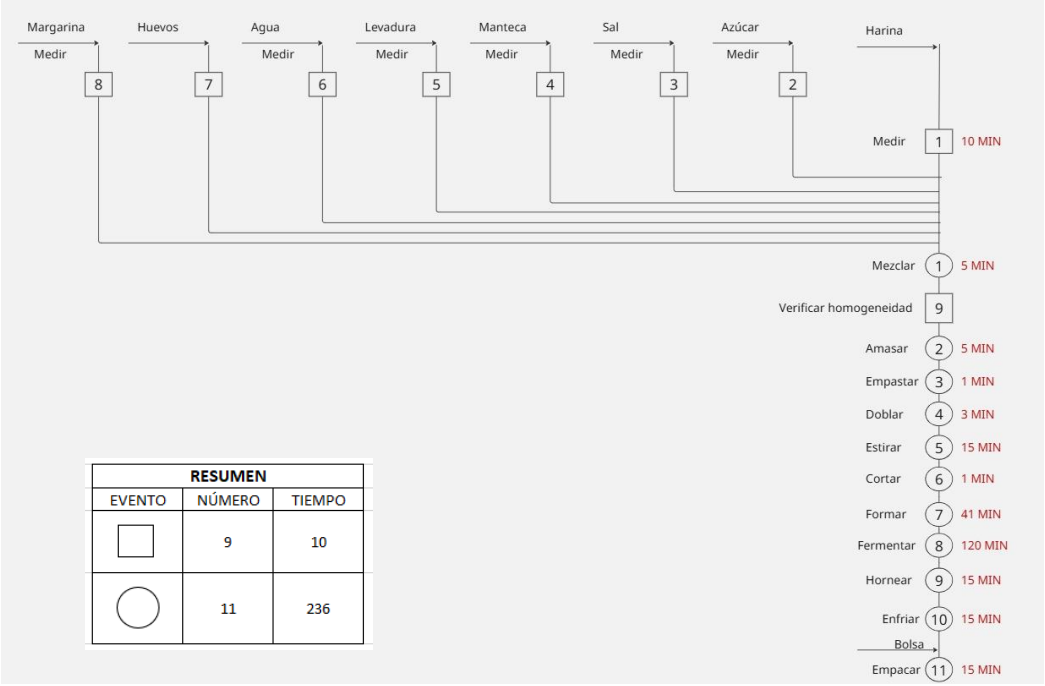
suplemento, el tiempo estándar resultante fue de 14942 segundos (4 horas y 9 minutos). Este resultado evidencia una ligera mejora en la eficiencia operativa al contar con un buen desempeño por parte del operario de producción. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los procesos de producción no se encuentran claramente definidos, la cantidad de producción diaria está definida en forma de hojas pequeñas, sin tener en cuenta la demanda real o disponibilidad de productos.

7.2.4 Diagrama de operación

El diagrama de operaciones muestra de forma secuencial y detallada las actividades necesarias para la elaboración del producto, mediante símbolos circulares que representan operaciones, y símbolos cuadrados que son verificaciones o inspecciones, facilitando la identificación de los pasos que agregan valor, los puntos de control de calidad y posibles oportunidades de mejora en la eficiencia del trabajo.

Figura 12

Diagrama de operación del proceso de producción de la panadería Richs



Nota. Facilita la visualización de los tiempos por cada actividad, permitiendo distinguir cuales agregan valor, y aquellas que no lo hacen dentro del proceso.

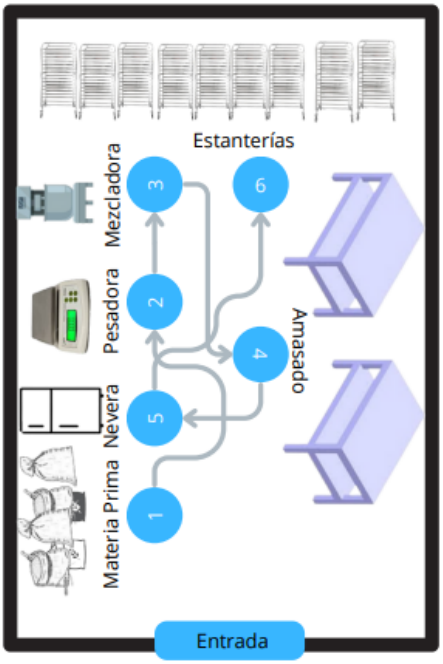
A partir del diagrama elaborado se identificaron un total de 9 verificaciones, y un total de 11 operaciones por ciclo de producción. El análisis permitió evidenciar que las etapas con mayor duración correspondes a las fases de formar (formación del pan), fermentación y horneado, las cuales representan la mayor parte del tiempo del proceso. Asimismo, se observó que las actividades de medición y amasado concentran las principales transformaciones del producto, mientras que las inspecciones garantizan la calidad y homogeneidad de la masa.

7.2.5 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es una herramienta que permite representar gráficamente el desplazamiento de materiales, personas o equipos dentro de un área de trabajo, identificando los flujos de movimiento, las distancias recorridas y los posibles puntos de cruce o demoras que pueden afectar la eficiencia del proceso productivo.

Figura 13

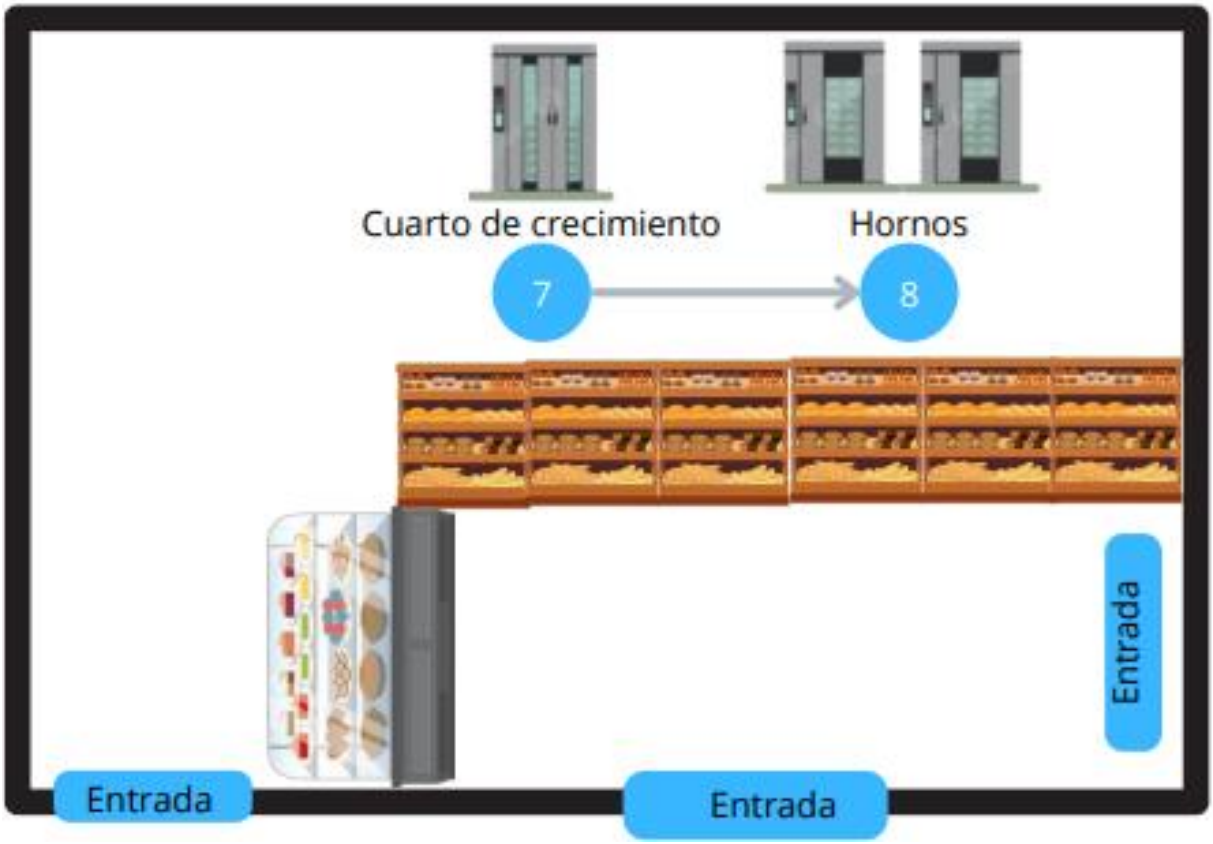
Diagrama de recorrido del proceso de producción parte 1 de la panadería Richs.



Nota. El diagrama muestra el proceso de producción, la parte 1 muestra desde el paso 1 al paso 6 para la elaboración del pan en la panadería Richs.

Figura 14

Diagrama de recorrido del proceso de producción parte 2 de la panadería Richs.



Nota. El diagrama muestra el proceso de producción, en la parte 2 desde el paso 7 y 8 para la elaboración del pan en la panadería Richs.

Aplicando el diagrama de recorrido en el proceso de panificación, se logró visualizar de manera clara el flujo que sigue la materia prima desde su ingreso al área de pesaje hasta la etapa final de horneado y almacenamiento, evidencia que las zonas de pesado, mezclado y amasado están ubicadas de forma secuencial, lo que facilita la continuidad del proceso y también, se identifican recorridos innecesarios entre el cuarto de crecimiento y los hornos, generando demoras en la transferencia del producto.

7.3. Analizar

7.3.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta que permite identificar y clasificar las principales causas o factores que generan la mayor parte de los problemas dentro de un proceso, el principio en que se basa es de 80/20, el cual indica que un pequeño número de causas representa la mayoría de los efectos o resultados, visualizando de manera sencilla qué aspectos deben atenderse primero para lograr una mejora significativa en la eficiencia del proceso.

Tabla 1

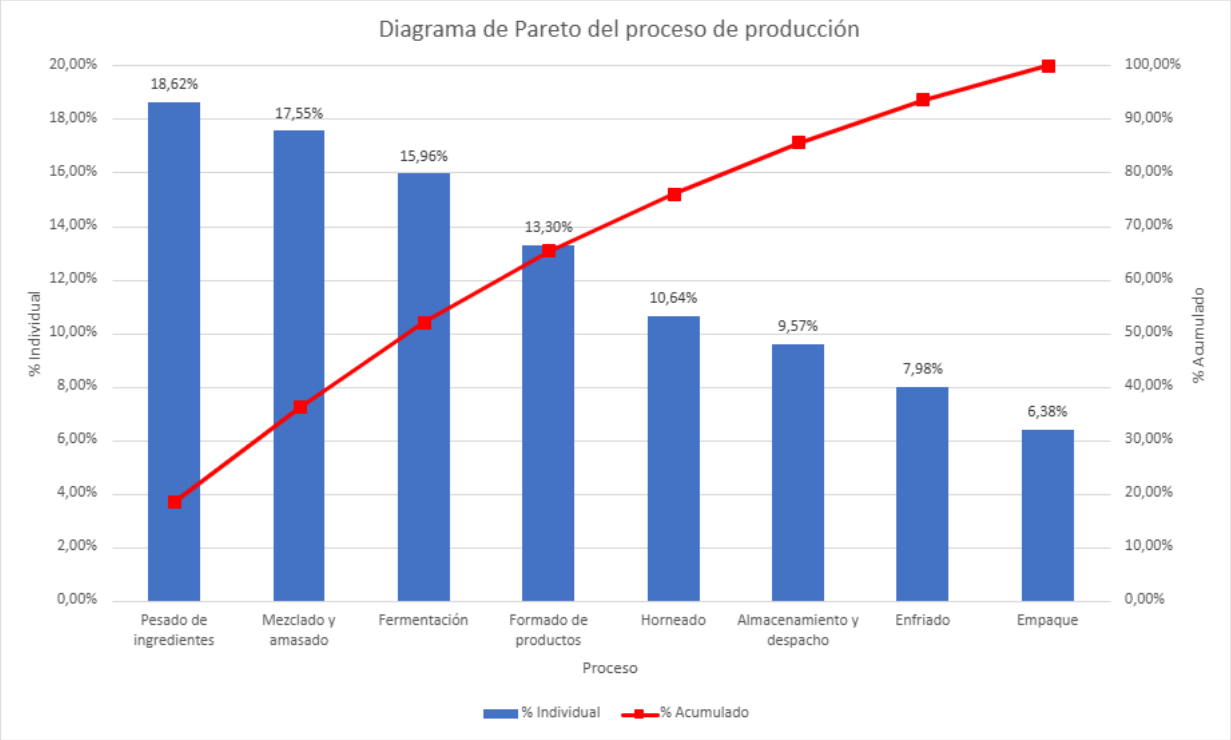
Procesos de producción para la panadería Richs.

Proceso	Tiempo promedio perdido (min/día)	% Individual	% Acumulado	Problema observado
Pesado de ingredientes	35	18,62%	18,62%	Esperas por bascula o duplicidad de tarea
Mezclado y amasado	33	17,55%	36,17%	Paradas por ajuste de mezcladora
Fermentación	30	15,96%	52,13%	Tiempos muertos por variación de temperatura
Formado de productos	25	13,30%	65,43%	Movimientos innecesarios y posturas
Horneado	20	10,64%	76,06%	Espera por horno disponible
Enfriado	15	7,98%	84,04%	Falta de espacio o bandejas
Empaque	12	6,38%	90,43%	Retrasos por materiales o sellado
Almacenamiento y despacho	18	9,57%	100%	Reubicación constante de productos
Total	188	100%	-	-

Nota. La tabla muestra el tiempo promedio perdido en los procesos de producción, con el porcentaje individual, acumulado y los problemas observados.

Figura 15

Diagrama de Pareto del proceso de producción de la panadería Richs



Nota. El diagrama muestra los porcentajes individuales de cada proceso de los tiempos perdidos en la producción.

El diagrama de Pareto evidencia que el proceso productivo presenta un total de 188 minutos de tiempo perdido al día, aproximadamente a 3,13 horas diarias. La panadería opera en un horario de 5:00 a.m. a 9:00 p.m., es decir, durante 16 horas continuas, dentro de las cuales se realizan dos jornadas principales de producción de pan fresco, una en la mañana a las 5:00 a.m. y otra en la tarde a las 3:00 p.m.

Del total del tiempo perdido, las etapas de pesado de ingredientes, mezclado y amasado, y fermentación concentran 98 minutos, representando el 52,13% del total. Esto indica que más de la mitad de las ineficiencias se generan en las primeras fases del proceso, afectando directamente la preparación del pan antes de los momentos de producción.

Al comparar el tiempo perdido con la jornada total de trabajo, se tiene que 16 horas equivalen a 960 minutos, por lo que los 188 minutos de inactividad representan aproximadamente el 19,6% del tiempo total de operación. Este valor se obtiene al dividir 188 entre 960. Esta situación

impacta directamente la disponibilidad del producto durante las horas de mayor demanda, generando retrasos en la producción y contribuye a desajustes entre la cantidad de pan elaborada y la demanda real, lo que se refleja tanto en tiempos muertos como en problemas de sobreproducción.

7.3.2 Nivel Sigma

El cálculo del nivel sigma es una herramienta de análisis dentro de la mejora continua que permite evaluar el desempeño del proceso productivo a partir de la relación entre las unidades producidas y los defectos generados. Para el caso de la panadería Richs los defectos es la sobreproducción de pan, aquellos productos que no se ajustan a la demanda real. A través de este indicador se mide la variabilidad del proceso y determinar cómo se encuentra de un desempeño eficiente. El nivel sigma no solo cuantifica los errores presentes, sino que también facilita la identificación de oportunidades de mejora para optimizar la planificación, reducir desperdicios y aumentar la eficiencia operativa.

Tabla 2

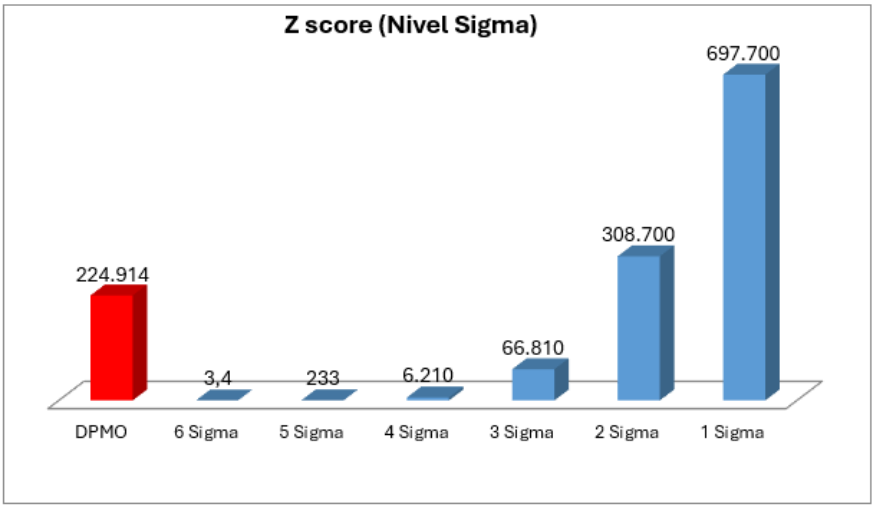
Cálculo de nivel sigma para la panadería Richs.

Variables	Valores solicitados en N, D y O	
Número de unidades procesadas	N =	5222
Número total de defectos	D =	2349
Numero de oportunidades para defectos	O =	2
Defectos por unidad	DPU =	0,450
Defectos por oportunidad	DPO =	0,225
Defectos por millón de oportunidades	DPMO =	224,914
Z score (nivel Sigma)	ZLt=	2,26
Rendimiento Yield	%	55%

Nota. En la tabla se evidencia el cálculo de nivel sigma con sus defectos actuales y la producción de 4 tipos de panes en una semana con una sola oportunidad de error.

Figura 16

Gráfico Z score del cálculo de nivel sigma para la panadería Richs.



Nota. En la gráfica Z score del cálculo de nivel sigma se identifican los diferentes niveles de sigma y el defecto por millón de unidades para la panadería Richs.

Para el cálculo del nivel sigma, se consideró que cada unidad producida de pan presenta dos posibles oportunidades de defecto, la sobreproducción y la falta de producción.

Con base en una producción total de 5222 unidades y 2349 defectos asociados a sobreproducción, el análisis arrojo un DPMO de 224.914, observando un nivel a 2,26 sigma, evidenciando un desempeño medio caracterizado por la presencia de variabilidad en la planificación de la producción. La sobreproducción y la falta de producción indica una inadecuada sincronización entre la oferta y la demanda, generando desperdicio de recursos, incremento de costos operativos y una disminución en la eficiencia general del sistema. Esta variabilidad confirma que la toma de decisiones basada en la experiencia, sin respaldo en datos históricos, limita la capacidad de respuesta del proceso frente a los cambios en la demanda.

7.3.3 VSM actual

El mapa de la cadena de valor es una herramienta de mejora continua para representar gráficamente todas las actividades o procesos involucrados en la producción, identificando cuales tienen valor agregado y cuales no tienen valor agregado, para permitir la visualización clara del

flujo de materiales e información y ayudando a observar, desperdicios, tiempo muerto, y posibles cuellos de botella en la producción

Tabla 3

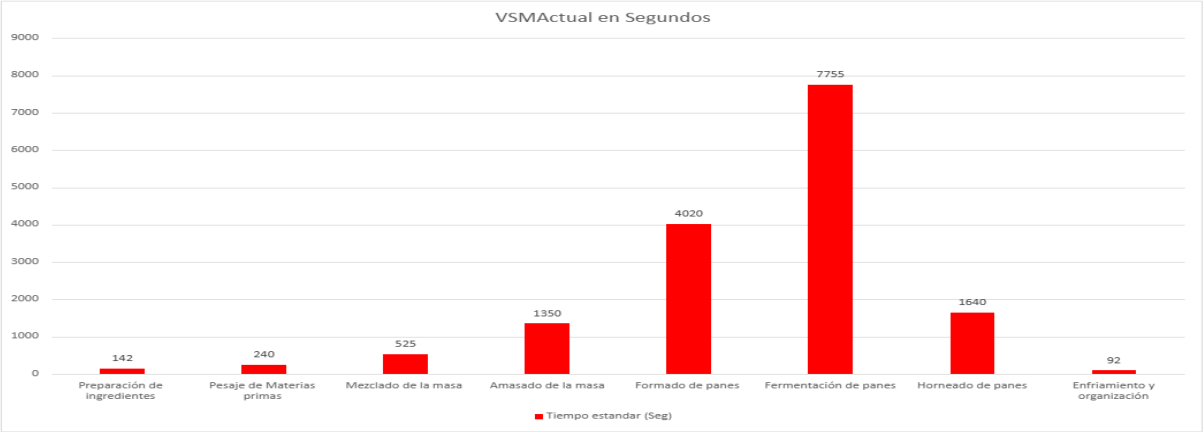
VSM procesos de producción para la panadería Richs.

Proceso	Tiempo estándar en segundos	% del total	VA o NVA
Preparación de ingredientes	142	0,90%	NVA
Pesaje de materias primas	240	1,52%	VA
Mezclado de la masa	525	3,33%	VA
Amasado de la masa	1350	8,56%	VA
Formado de panes	4020	25,50%	VA
Fermentación de panes	7755	49,19%	VA
Horneado de panes	1640	10,40%	VA
Enfriamiento y organización	92	0,58%	NVA
Total	15764	100%	-

Nota. En la tabla se evidencia los procesos de la elaboración actual con el tiempo estándar em segundos y su porcentaje equivalente al total del tiempo de producción y su valor agregado o no valor agregado.

Figura 17

Gráfico VSM actual del proceso de producción para la panadería Richs.



Nota. En la gráfica VSM actual se identifican las diferentes actividades con sus tiempos establecidos en segundos.

Al aplicar el VSM en los procesos de producción de la panadería Richs, se identifican las actividades que tienen un valor al producto y aquellas que generan retrasos o desperdicios en el proceso. El tiempo real del proceso es de 15.764 segundos, donde la fermentación de panes es el proceso donde más se demora el pan con un 49% del total de la producción, seguido por el formado de panes con un 25% del total, e identificando las actividades que no generan valor tal como es la preparación de ingredientes y el enfriamiento del pan, que, aunque son necesarias para la elaboración del pan, no aportan valor directo al producto final del proceso de ´producción de la panadería Richs.

7.3.4 Estadística Descriptiva

La estadística descriptiva permite resumir y analizar datos obtenidos en los estudios como el de tiempos y movimientos de cada proceso de producción dentro de la panadería Richs, facilitando la interpretación y comparación de los diferentes procesos de producción del pan, en donde por medio del promedio, la mediana, la desviación estándar, el rango, máximo y mínimo se puede observar el comportamiento del proceso de producción.

Tabla 4

Estadística descriptiva de los procesos de producción para la panadería Richs.

Proceso	Tiempo estándar (segundos)
Promedio	1970,5
Mediana	937,5
Moda	N/D
Desviación estándar	2675,59
Rango	7663
Mínimo	92
Máximo	7755

Nota. En la tabla se evidencia la estadística descriptiva del proceso de producción de pan en la panadería Richs con sus datos respectivamente.

Los resultados de la estadística descriptiva muestran un tiempo promedio de 1970 segundos del cual se reparten los tiempos de las actividades, en la mediana indica que por debajo de 937 segundos están la mitad de los diferentes procesos, representando una distribución desigual debido a que algunos procesos como la fermentación y el formado de panes, presentan duraciones largas en comparación a los demás procesos confirmando con la desviación estándar de 2675 segundos, evidenciando diferencias notables entre operaciones muy cortas o muy largas y con rango 7663 segundos.

7.3.5 Mudas

En la metodología Lean, muda hace referencia a cualquier actividad que consume recursos pero que no agrega valor al producto o al cliente. La identificación de estas mudas es fundamental para mejorar la eficiente, y optimizar el uso de recursos dentro del proceso productivo. En el proceso analizado se detectaron diferentes tipos de desperdicios que afectan directamente la productividad:

Sobreproducción: Mantener alta producción sin considerar la demanda real diaria, generando exceso de producto que se deteriora.

Inventarios: Exceso de producto terminado que no sale a la venta generando pérdidas de tiempo y dinero. Materia prima almacenada más allá de su vida útil

Esperas: Operarios sin tareas mientras la masa fermenta. Horno inactivo mientras espera el pan formado generando tiempos muertos que aumentan la duración del lote.

Transporte: Transportar pan formado a otra zona para hornear, lo que genera tiempo perdido al recorrer una gran distancia.

Movimiento: Los ingredientes se encuentran dispersos generando un mayor tiempo y esfuerzo para trasladarse. Agacharse constantemente para alcanzar ingredientes almacenados.

Defecto: Pan con tamaño irregular, textura densa o mal cocido por falta de estandarización.

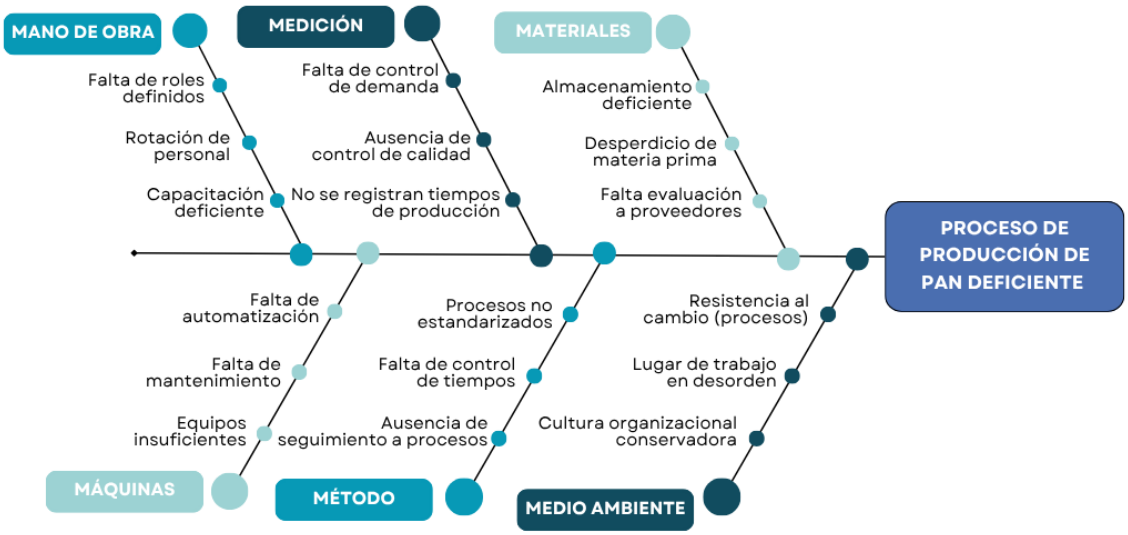
Sobreprocesamiento: Repetición de moldeado cuando la masa no queda uniforme generando mayor esfuerzo.

7.3.6 Diagrama de Ishikawa

El presente diagrama de Ishikawa identifica y clasifica las posibles causas que generan deficiencias en el proceso de producción de pan. Las causas se agrupan en seis categorías principales: mano de obra, medición, materiales, máquinas, método y medio ambiente. Cada una de ellas representa factores que influyen negativamente en la eficiencia y organización del proceso productivo. Este análisis permite visualizar de manera estructurada las áreas críticas que requieren mejora dentro del sistema de producción.

Figura 18

Diagrama de Ishikawa del proceso de producción de pan deficiente



Nota. La construcción del diagrama se realizó a partir de información recolectada en campo y discusión con el personal operativo, garantizando la pertinencia de las causas registradas.

Se evidencia que los principales problemas se originan por la falta de estandarización de procesos, y una planificación poco formal de la producción. En el área de mano de obra, destacan la falta de roles definidos (ya que todos pueden realizar las mismas tareas), una capacidad insuficiente cuando hay personal para cubrir turnos, lo que afecta la uniformidad en las tareas y genera errores operativos. En cuanto a medición, la ausencia de registros y poco control de la

demanda limitan la toma de decisiones basada en datos reales. En materiales, se observa un almacenamiento inadecuado de materia prima, reflejando una gestión de inventarios deficiente.

Por otro lado, en máquinas, hace falta un mantenimiento de equipos lo que en algún punto puede ocasionar retrasos en la producción. Finalmente, el medio ambiente de trabajo desordenado y la resistencia al cambio muestran una cultura organizacional que obstaculiza la mejora continua.

7.3.7 Plan de acción

El plan de acción propuesto tiene como finalidad guiar de manera estructurada el proceso de mejora del sistema de producción de la panadería. A través de actividades coordinadas se busca diagnosticar el estado actual, identificar oportunidades de optimización y desarrollar una solución mediada con tecnología que permita planificar y controlar la producción de forma eficiente.

Figura 19

Plan de acción para la panadería Richs

Plan de acción de mejora					
Acción	**Descripción**	**Responsable**	**Recursos**	**Periodo de tiempo**	**Resultados**
1. Observación y diagnóstico del proceso actual	Realizar recorrido en planta, hablar con el personal e identificar áreas críticas	Ingenieros USTA	Área de producción y estudiantes	2-5 días	Mapa del proceso y punto críticos identificados
2. Estudio de tiempos	Medición cronometraje y cálculo de tiempos estándar	Ingenieros USTA	Operarios, ingenieros, cronómetros, y formato	2-5 días	Tiempos estándar definidos
3. Hojas de verificación y registro	Formatos para conocer producción, y desperdicios	Operarios y administrador	Personal de la panadería formatos impresos	7 días	Control de datos y trazabilidad
4. Análisis de causas	Determinar causas raíz de la variabilidad	Ingenieros USTA	Herramientas Lean Six Sigma, ingenieros	7 días	Causas raíz definidas
5. Diseño del software en Python	Desarrollo del sistema de planificación de producción	Ingenieros USTA	Ingenieros, programa Python, computador	1 mes	Software funcional versión inicial
6. Validación del software	Prueba piloto comparando planificación vs producción real	Ingenieros USTA	Personal de la panadería, ingenieros, área de producción	1 semana	Ajustes validados y proceso estable
7. Capacitación del personal	Formación en uso del software y estándares de trabajo	Ingenieros USTA	Personal de la panadería, ingenieros, herramienta	1 semana	Personal capacitado y estandarización
8. Implementación formal	Integración plena del software	Operarios y administrador	Todo el turno operativo, equipos existentes	7 días	Sistema funcionando en operación
9. Seguimiento y evaluación (KPIs)	Control de indicadores de eficiencia, cumplimiento, y desperdicio	Ingenieros USTA	Reportes, ingenieros	7 días	Mejoras medidas y documentadas

Nota. Este plan integra actividades de corto, mediano y largo plazo, permitiendo una implementación progresiva de las mejoras.

Con la implementación del plan de acción, se espera lograr una mayor eficiencia en el proceso productivo, mediante la definición de tiempos estándar y la planificación adecuada de la producción. La puesta en marcha del software desarrollado en Python permitirá organizar las cantidades a producir, evitando sobreproducción y escasez. Finalmente, con la capacitación del personal y el seguimiento de indicadores, se busca garantizar la sostenibilidad y mejora contina del proceso.

7.4. Implementar

7.4.1 Alternativas a evaluar

Durante la fase de diagnóstico, se identificaron las siguientes problemáticas estructurales:

- Ausencia de registros formales de producción y ventas, las cantidades de producción se definían de forma empírica, y se anotaban en hojas de papel deterioradas fijadas en la pared.
- Desconexión entre producción y demanda real, el panadero tomaba decisiones basadas en experiencia, generando sobreproducción en días de baja demanda y desabastecimiento en horas pico.

Una vez identificadas estas problemáticas, se evaluaron distintas opciones de solución tecnológica. Para justificar la elección de Python, se realizó una matriz para comparar frente a otras alternativas:

Tabla 5

Tabla comparativa de alternativas evaluadas

Criterio	Python	Excel	ERP Comercial
Costo de implementación	Mínimo	Bajo	Alto (licencias)
Personalización al proceso	Total	Parcial (manual)	Parcial (módulos)
Curva de aprendizaje del usuario	Baja	Baja	Alta
Pronóstico adaptativo integrado	Si	No	Módulo extra
Acceso multi-rol	Si	No	Si

Criterio	Python	Excel	ERP Comercial
Funcionamiento sin internet	No	Si	Depende
VEREDICTO	**Seleccionada**	**Opción secundaria**	**No viable**

Nota. Alternativas tecnológicas para estandarizar el proceso de producción.

Las razones determinantes para Elegir Python fueron:

Costo de implementación

La panadería es un micronegocio familiar con recursos limitados. Implementar un ERP comercial, generaba costos de implementación, capacitación y soporte técnico, lo que generaba adicional una carga económica recurrente para un negocio de barrio.

Personalización al proceso

Ninguna solución contemplaba el flujo de la panadería, el registro de la producción diaria por producto, comparación entre sobrante/faltante automática, y un motor de pronóstico adaptativo que evolucionará con el historial. Esta personalización fue posible gracias a la flexibilidad de Python.

Curva de aprendizaje del usuario

El personal de la panadería requiere una interfaz intuitiva que puedan dominar en pocas horas, sin necesidad de capacitaciones extensas ni manuales técnicos complejos. El diagnóstico evidenció, además, una resistencia al cambio, al implementar una herramienta con una curva de aprendizaje alta hubiera generado abandono al sistema a los pocos días.

Pronóstico adaptativo integrado

El problema raíz identificado fue la planificación empírica de la producción, sin datos, sin modelo, sin proyección. Este era precisamente el punto de mayor impacto para reducir las

mudas de sobreproducción y faltantes. Ninguna de las alternativas evaluadas ofrecía un pronóstico integrado y adaptado al comportamiento especifico de cada producto en la panadería.

Acceso multi-rol

Una de las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa fue la ausencia de roles y responsabilidades definidas dentro de la operación diaria. Al separar estas responsabilidades con el sistema, se resuelve esta problemática de roles difusos sin necesidad de restructurar la cultura organizacional de forma abrupta.

Funcionamiento sin internet

La aplicación si requiere una red local para funcionar, todos los dispositivos deben estar conectados a la misma red Wifi de la panadería. La panadería cuenta con un internet estable, lo que no representa un riesgo operativo.

7.4.2 Aplicación proceso productivo en Python

La aplicación fue desarrollada siguiendo una arquitectura estructurada en tres capas principales:

Levantamiento de información

Una vez realizada la recolección de información mediante las hojas de verificación, se inició el proceso de levantamiento de los requerimientos funcionales de la aplicación. En esta etapa se identificaron las principales tareas que el sistema debía realizar, tales como el registro de ventas, la gestión de pedidos, el control de inventarios y el registro de producción diaria.

A partir de estos requerimientos se definió el flujo general de funcionamiento de la aplicación, lo que permitió establecer la estructura inicial del sistema.

Diseño de la base de datos

El primer paso fue la creación de la base de datos, la cual se diseñó utilizando MySQL workbench. Esta herramienta permite crear diagramas entidad - relación de forma interactiva, facilitando la construcción de la base de datos sin necesidad de escribir directamente con código SQL. En relación con los requerimientos funcionales de la aplicación, se definieron las principales tablas para el sistema:

Tabla de usuarios: Permite el acceso del personal al sistema. Contiene los siguientes campos: Id, nombre, pin, rol.

Tabla de ventas: Registra cada venta que se ha realizado dentro del sistema. Contiene los siguientes campos: Id, fecha, hora, producto_id, cantidad, precio_unitario, total, usuario que registró la venta.

Tabla de productos: Permite llevar un control sobre la producción de cada producto. Contiene los siguientes campos: id, fecha, día de la semana, producto producido, sobrante, faltante, observaciones.

Tabla de alertas: Registra los avisos generados por el sistema, por ejemplo, cuando se intenta registrar una venta sin antes poner la producción del día, o cuando el inventario de pan está por agotarse. Contiene los siguientes campos: id, fecha, producto, tipo, mensaje.

Tabla de mesas: Utilizada para gestionar las mesas del local. Contiene los siguientes campos: id, número, nombre, estado.

Tabla de pedidos: Almacena la información de los pedidos realizados por los clientes. Contiene los siguientes campos: id, mesa, mesero, estado, fecha, hora, hora de pago, notas, total.

Tabla detalle de pedido: Contiene los productos incluidos en cada pedido. Contiene los siguientes campos: id, pedido, producto, cantidad, precio unitario, total, notas.

Tabla de adicionales: Registra los complementos que pueden agregarse en los pedidos. Id, nombre, precio, estado.

Tabla modificaciones de pedido: Permite registrar cambios o adicionales dentro de cada pedido. Contiene: pedido_item, id, tipo, descripción, cantidad, precio extra.

Tabla insumos: Controla los ingredientes utilizados en la producción. Contiene lo siguiente: id, nombre, unidad, stock, stock mínimo, estado.

Tabla de recetas: Ingredientes y cantidad para producir cada producto. Contiene: id, producto, insumo_id, cantidad.

Tabla insumos adicionales: Registra los insumos requeridos para adicionar a los productos. Contiene los siguientes campos: id, adicional_id, insumo_id, cantidad.

Seguidamente, se identificaron las relaciones entre las tablas. Por ejemplo, una venta debe estar asociada a un producto dentro de la producción del día, y un pedido debe estar vinculado tanto a una mesa como al mesero que lo registró (en caso de que sea un pedido a consumir en el local). Asimismo, para el manejo de las bases de datos se implementó el proceso de normalización hasta la cuarta forma normal (4NF). Este proceso ayuda a identificar tablas con posibles repeticiones de datos y reorganizarlas para evitar redundancias y mejorar la eficiencia del almacenamiento. Una vez completado el diagrama entidad- relación, se utilizó la función MySQL workbench que permite exportar automáticamente el diagrama realizado a código SQL, con el cual se generó la estructura final de la base de datos.

Diseño de la base de datos

El desarrollo del sistema continuó en Visual Studio Code, donde se organizó la estructura del proyecto mediante diferentes carpetas:

Carpeta data: Destinada a los archivos con la base de datos.

Carpeta logic: Contiene la lógica del sistema, incluyendo el modelo de predicción utilizado para el pronóstico de ventas.

Carpeta static: Almacena los archivos estáticos de la aplicación definidos en CSS. Esto es definir la apariencia de la web teniendo en cuenta colores de la aplicación, bordes, distribución de la página, y el diseño adaptable para diferentes tamaños de dispositivos.

Carpeta templates: Contiene las plantillas HTML utilizadas para mostrar la información en la interfaz de usuario. Estas plantillas se comunican con Python, el cual se encarga de obtener los datos y enviarlos a las páginas para ser visualizados.

Dentro de HTML, se utilizan diferentes etiquetas para estructurar la página, por ejemplo, para los títulos, menús, enlaces, y secciones del contenido. Por ejemplo, las etiquetas se conectan con URLS definidas en Python, permitiendo que el sistema consulte datos como las ventas del día o el pronóstico de producción, y estos se visualicen en la página.

Desarrollo de la aplicación con Flask

El archivo principal del sistema es app.py, en el cual se desarrolla la aplicación utilizando el framework Flask. En este archivo se define el enrutamiento del sistema, es decir, qué ruta del navegador corresponde a cada plantilla HTML. En esta parte se intengran la base de datos, el modelo de pronóstico, y las plantillas HTML. Para definir las rutas se utilizan decoradores de Flask, los cuales permiten especificar que función se ejecuta cuando el usuario accede a determinada dirección del sistema. También se utilizan los componentes HTTP que son get (solicitar), mostrar las páginas que reciben información del usuario, y post (enviar) para enviar estos datos al sistema, como cuando se registra una venta o un pedido.

Otra parte muy importante dentro del sistema es el módulo de autenticación, donde el usuario ingresa su PIN en la pantalla de inicio de sesión, si este es incorrecto, el sistema vuelve a mostrar la página de inicio. Si este es correcto, el usuario es redirigido a la interfaz correspondiente según su rol dentro del sistema. Además, existe una ruta para cerrar sesión, la cual elimina la información almacenada de la sesión del usuario y lo redirige nuevamente a la página de inicio.

El sistema fue diseñado para tres usuarios:

Cajero: Cuando el cajero inicia sesión con su PIN correspondiente (0000), el sistema muestra la interfaz correspondiente al cajero, este usuario tiene el acceso para:

- Registrar ventas
- Consultar las ventas realizadas únicamente durante el día (no tiene acceso a un histórico ya que su función se limita al registro diario)
- Recibir pedidos realizados por los meseros

Mesero: Cuando un mesero inicia sesión, el sistema muestra un resumen del estado de las mesas. Esta información se obtiene mediante funciones definidas en el archivo database.py

Al seleccionar una mesa, el sistema abre la página donde el mesero puede registrar un pedido, indicando los productos y adicionales correspondientes. Una vez registrado el pedido, el sistema cambia el estado de la mesa a pendiente.

Panadero: Es el usuario principal del sistema. Al iniciar sesión, accede directamente a la pantalla de pronóstico de producción (panadero_pronostico.html) , donde puede observar estimaciones de ventas y planificar la producción diaria. El sistema utiliza la función definida en el archivo database.py llamada obtener_productos, la cual permite cargar la información de los productos registrados en la base de datos.

Dentro del menú del sistema, el panadero tiene la opción de registrar la producción del día. Cuando selecciona esta opción, el navegador accede a una ruta específica que admite los métodos get y post. A través de esta ruta se carga la plantilla panadero_producción.html, donde el sistema muestra un formulario que contiene los siguientes campos: fecha, producto, cantidad producida, cantidad vendida, observaciones.

El sistema también realiza validaciones automáticas al registrar la producción, evitando que se ingresen valores negativos, o decimales que en este caso no corresponden. Si los datos cumplen con todas las reglas definidas por el sistema, la información se guarda correctamente en la base de datos.

Cuando el panadero desea consultar las ventas, el sistema utiliza la ruta panadero_ventas, la cual retorna la plantilla dashboard_ventas.html. En esta vista se presenta un panel con el resumen de ventas registradas.

Si el panadero necesita consultar el historial de productos, el sistema utiliza dos funciones definidas en el archivo database.py: obtener_productos y obtener_registros. Estas funciones recuperan la información desde la base de datos y la envían a la interfaz correspondiente para ser visualizada. Por otra parte, cuando el panadero accede a la sección de operaciones de la panadería, el sistema muestra un panel general con información relevante para la gestión del negocio. En esta vista se puede observar datos como: estadísticas de pedidos, consumo diario de productos, estado de los insumos, resumen de mesas, de ventas del día, toda esta información se presenta a través de la plantilla panadero_operaciones.html.

Arquitectura del Sistema

La aplicación fue desarrollada siguiendo una arquitectura estructurada en tres capas principales:

- **Capa de presentación**

Corresponde a la interfaz con la que interactúan los usuarios del sistema. Está compuesta por:

- Platillas HTML complementadas con JavaScript
- Páginas web para cada módulo del sistema

- Diseño responsive, adaptable a dispositivos móviles.

- **Capa lógica**

En esta capa se encuentra la lógica funcional del sistema, desarrollada mediante:

- Python utilizando el framework Flask
- Control de roles de usuario (panadero y cajero)
- Validaciones de negocio para garantizar la correcta ejecución de los procesos

- **Capa de datos**

Esta capa se encarga del almacenamiento y gestión de la información del sistema:

- SQLite (base de datos)
- Consultas SQL directas
- Histórico completo

Las tecnologías utilizadas para el desarrollo del sistema fueron:

- Python 3
- Flask
- SQLite
- Jinja2
- JavaScript
- Chart.js

Módulos del sistema

El sistema está compuesto por cuatro módulos principales que permiten gestionar diferentes procesos de la operación:

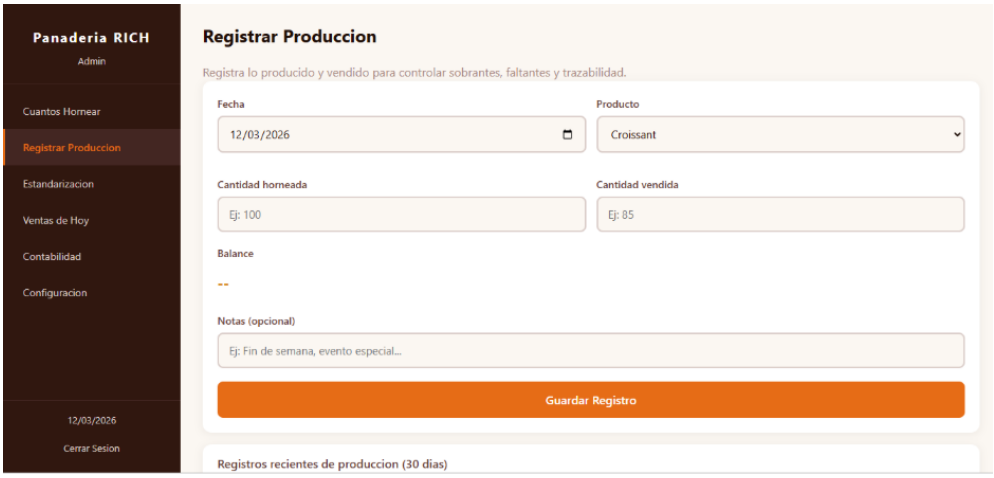
1. **Operación Diaria**

Permite registrar y controlar las actividades diarias de producción y ventas:

- Registro de producción por producto
- Control de ventas realizadas
- Sobrantes y faltantes automáticos
- Bloqueo: no vender más de lo producido

Figura 20

Registro de la producción en la aplicación



Nota. El registro integra fecha, producto, cantidad horneada y cantidad vendida.

Figura 21

Registro de las ventas diarias en la aplicación

Nota. El registro integra el total vendido, panes vendidos, transacciones, ventas por producto y detalles por producto.

2. Pronóstico

Este módulo permite estimar la producción futura basándose en el comportamiento histórico de ventas:

- Motor de pronóstico adaptativo por producto
- Sugiere cantidades de producción para la semana
- Usa histórico de 45+ días
- Filtra por producto y período de tiempo

Figura 22

Pronostico semanal teniendo en cuenta datos históricos

Nota. El pronóstico semanal integra producto, periodo histórico, total sugerido por semana, promedio, tendencia, predicción semanal por día y control producido vs vendido.

3. Estandarización

Este módulo está orientado a la documentación y estandarización de los procesos productivos:

- Fichas técnicas digitales de los productos
- Ingredientes y cantidades exactas

- Control de temperaturas y tiempos de horneado
- Documentación detallada de los pasos del proceso

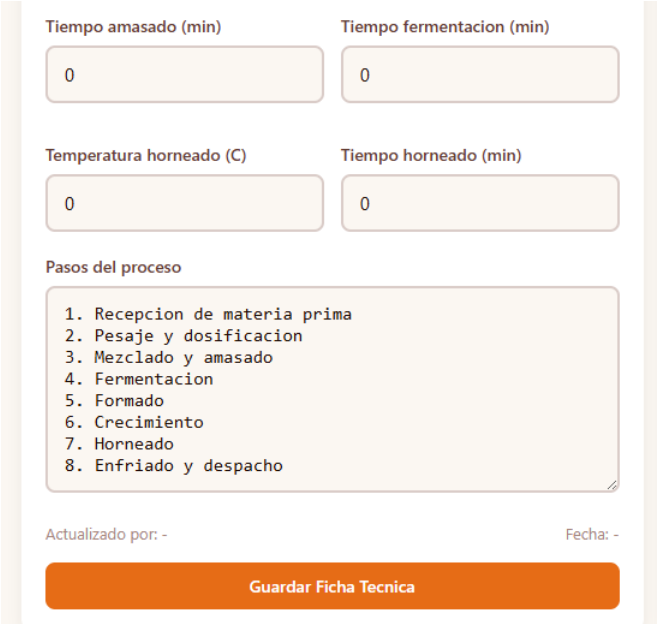
Figura 23

Estandarización de las recetas y el proceso por cada producto en la aplicación

Nota. La estandarización integra el producto, ingredientes, cantidades, tiempos, flujo operativo y fichas actualizadas.

Figura 24

Estandarización de las recetas y el proceso por cada producto en la aplicación



Nota. La estandarización integra los tiempos, temperaturas y pasos del proceso.

4. Reportes y control

Permite visualizar y analizar la información generada por el sistema mediante diferentes indicadores:

- Historial de ventas con representación gráficas
- Indicadores clave de desempeño (KPIs) como sobrantes y faltantes
- Comparación entre producción planeada y producción real
- Dashboard contable diario para seguimiento de resultados

Figura 25

Dashboard de resumen del día, con ingresos, producción, ventas, sobrantes y faltantes

Nota. El Dashboard integra resumen contable, control de producción, evolución diaria de ingresos y panes y el control operativo por día.

Organización del código

El sistema fue desarrollado con una estructura modular que facilita su mantenimiento, comprensión y escalabilidad. Los principales componentes del código son:

Appy.py: Archivo principal del sistema que funciona como punto de entrada de la aplicación Flask. Gestiona las rutas web, las API, la autenticación por roles y las validaciones críticas relacionadas con las ventas.

La aplicación tiene tras capas que trabajan juntas:

1. App.py recibe las peticiones web
2. Database.py guarda y consulta los datos
3. Pronostico.py hace los cálculos matemáticos. Appy.py es el director que coordina a los otros dos.

El código define dos funciones muy importantes que protegen las páginas:

Figura 26

Código de la aplicación para que el usuario inicie sesión

login_required — Verifica que el usuario haya iniciado sesion

```
def login_required(f):
    @wraps(f)
    def decorated(*args, **kwargs):
        if 'usuario' not in session:
            return redirect(url_for('login'))
        return f(*args, **kwargs)
    return decorated
```

`if 'usuario' not in session:`	Revisa si existe la variable 'usuario' en la sesion activa. Si no existe, significa que nadie ha hecho login todavia.
`return redirect(url_for('login'))`	Si no hay sesion activa, redirige automaticamente a la pagina de login. El usuario nunca llega a ver la pagina protegida.

Nota. Código para el inicio de sesión si el usuario esta activo para seguir y si no está activo se redirige a la página de login.

Figura 27

Código para que el sistema verifique el correcto ingreso por cada usuario

role_required — Verifica que el usuario tenga el rol correcto

```
def role_required(*roles):
    def decorator(f):
        def decorated(*args, **kwargs):
            rol_actual = usuario.get('rol')
            if rol_actual not in roles:
                return redirect(url_for(destino))
            return f(*args, **kwargs)
```

`role_required('panadero')`	Cuando se pone este decorador en una ruta, solo los panaderos pueden verla. Si un cajero intenta entrar, lo redirige a su propia pantalla.
`role_required('panadero', 'cajero')`	Cuando ambos roles se pasan, tanto panaderos como cajeros pueden acceder. Se usa en rutas de reportes que ambos necesitan.

Nota. Código para el ingreso correcto tanto panaderos como cajeros y dirigirse a su propio usuario.

Figura 28

Rutas del sistema (páginas del sistema)

URL / Ruta	Rol que puede acceder	Que hace
`/`	Todos	Pagina de inicio. Redirige segun el rol: panadero va a pronostico, cajero va a pos.
`/login`	Publico	Muestra el formulario de PIN. Si el PIN es correcto, guarda el usuario en sesion.
`/logout`	Todos	Borra la sesion y redirige al login.
`/cajero/pos`	cajero	Pantalla de punto de venta para registrar ventas al cliente.
`/cajero/ventas`	cajero	Dashboard de ventas del dia para el cajero.
`/panadero/pronostico`	panadero	Muestra el pronostico de produccion para los proximos 7 dias.
`/panadero/produccion`	panadero	Formulario para registrar cuanto se produjo y vendio cada dia.
`/panadero/historial`	panadero	Historial de ventas y produccion con filtros por producto y periodo.
`/panadero/estandarizacion`	panadero	Formulario para crear y editar fichas tecnicas (recetas) de los panes.
`/panadero/config`	panadero	Configuracion del sistema: productos, precios y usuarios.
`/cliente/pedido`	Publico (sin login)	Pagina publica para que los clientes hagan pedidos desde su celular via QR.

Nota. Rutas del sistema con su ruta, rol que accede, y lo que hace dicha ruta en el sistema.

Las rutas API (Lenguaje de la aplicación): Las rutas empiezan con /api/no devuelven páginas HTML sino datos en formato JSON. Son usadas por el JavaScript del navegador para actualizar la pantalla sin recargar la página completa. La ruta /api/venta, la más importante del sistema, ya que registra las ventas.

Figura 29

Ruta /api/venta

`if not hay_produccion_dia(fecha_hoy):`	Si el panadero no registro cuanto produjo hoy, el sistema bloquea las ventas. No se puede vender lo que no se ha registrado como producido.
`cantidad_por_producto[producto] += cantidad`	Si el mismo producto aparece varias veces en el pedido (ej: 2 panes frances + 3 panes frances), los suma antes de validar el stock. Asi no se cuentan por separado.
`validar_venta_producto(fecha_hoy, producto, cantidad_total)`	Compara el stock disponible (producido - ya vendido) contra lo que se quiere vender ahora. Si no hay suficiente, rechaza con mensaje claro.

Por que tantas validaciones

En un punto de venta real, los errores cuestan dinero. Una venta mal registrada puede descuadrar el inventario. Por eso cada paso tiene su propia verificacion y mensaje de error claro.

Nota. Ruta más crítica porque registra las ventas.

La ruta /api/pronostico/dashboard

Esta ruta alimenta el panel principal del panadero. Hace varios cálculos para evitar múltiples peticiones al servidor.

Figura 30

Ruta /api/pronostico/dashboard

`for i in range(7):`	Repite el calculo 7 veces, una por cada dia de la proxima semana. Asi el panadero puede planificar toda la semana de un vistazo.
`timedelta(days=i)`	Calcula la fecha exacta de cada dia (hoy, mañana, pasado mañana...). timedelta es una herramienta de Python para sumar o restar dias a una fecha.
`aprovechamiento = total_vendido / total_producido * 100`	Calcula que porcentaje del pan producido se vendio. Un aprovechamiento del 95% significa que solo el 5% sobra. Es el KPI principal de eficiencia.

Nota. Ruta que alimenta el panel principal del panadero.

Figura 31

Flujo completo de una venta del paso 1 al paso 10

Paso	Que pasa	Archivo responsable
1	El cajero abre /cajero/pos en el navegador	app.py — ruta cajero_pos()
2	Flask verifica que tiene sesion con rol 'cajero'	app.py — decorador role_required
3	Se cargan los productos disponibles con precios	app.py llama a database.py
4	El cajero selecciona productos y presiona Vender	HTML / JavaScript del navegador
5	El navegador envia los datos a /api/venta via POST	app.py — ruta api_venta()
6	Se valida que hay produccion del dia	app.py llama a database.py
7	Se valida stock disponible por producto	database.py — validar_venta_producto()
8	Se registra la venta en la base de datos	database.py — registrar_ventas_lote()
9	app.py devuelve JSON con ok=True al navegador	app.py
10	El navegador muestra confirmacion al cajero	JavaScript del frontend

Nota. Flujo continuo de una venta en el sistema.

Figura 32

Importaciones en la base de datos

```
from __future__ import annotations
import sqlite3
from datetime import datetime
from pathlib import Path
```

`from __future__ import annotations`	Permite escribir tipos de datos de forma mas moderna sin errores en versiones viejas de Python.
`import sqlite3`	Importa el modulo para manejar bases de datos SQLite (una base de datos que vive en un solo archivo .db en tu computador).
`from datetime import datetime`	Importa la herramienta para trabajar con fechas y horas (saber cuando se hizo una venta, por ejemplo).
`from pathlib import Path`	Importa la herramienta para manejar rutas de archivos (saber donde esta guardado el archivo de la base de datos).

Nota. Herramientas del taller para que Python pueda trabajar.

Figura 33

Conexión con la base de datos

```
def get_connection() -> sqlite3.Connection:
    conn = sqlite3.connect(DB_PATH)
    conn.row_factory = sqlite3.Row
    conn.execute('PRAGMA foreign_keys = ON')
    return conn
```

Esta funcion es la que 'abre la puerta' a la base de datos. Veamos cada linea:

`def get_connection():`	Crea una funcion llamada get_connection. Cada vez que el codigo necesite hablar con la base de datos, llama a esta funcion.
`conn = sqlite3.connect(DB_PATH)`	Abre (o crea si no existe) el archivo panaderia.db. Es como abrir el cuaderno de contabilidad.
`conn.row_factory = sqlite3.Row`	Hace que los resultados de consultas se puedan leer por nombre de columna (ej: fila['nombre']) en lugar de por numero.
`PRAGMA foreign_keys = ON`	Activa las restricciones de integridad. Evita que se guarden datos huerfanos (ej: una venta de un producto que no existe).

Nota. Esta función es la que ‘abre la puerta’ a la base de datos.

Figura 34

Crear las tablas en la base de datos

Tabla	Para que sirve
productos	Guarda el catalogo de panes: nombre, precio, si esta activo.
usuarios	Guarda panaderos y cajeros: su nombre, PIN y rol.
ventas	Registra cada venta: que se vendio, cuanto, a que precio y quien lo vendio.
registros_diarios	Lleva el control de cuanto se produjo y vendio cada dia por producto.
alertas	Guarda notificaciones automaticas (ej: producto agotado).
fichas_tecnicas	Almacena las recetas y procesos de cada pan.

Nota. Cada tabla es como una hoja diferente con columnas específicas.

Figura 35

Funciones de productos en el sistema

`obtener_productos()`	Lee todos los productos activos de la base de datos y los devuelve como una lista de nombres. Solo muestra los que tienen activo = 1.
`obtener_productos_con_precio()`	Igual que la anterior pero devuelve tambien el precio de cada producto. Util para mostrar el catalogo completo con valores.
`obtener_precio(producto)`	Recibe el nombre de un pan y devuelve su precio. Si el pan no existe, devuelve 0.0.
`agregar_producto(nombre, precio)`	Agrega un pan nuevo al catalogo. Si ya existe con el mismo nombre, devuelve False (falla silenciosamente sin romper el programa).
`actualizar_precio(producto, nuevo_precio)`	Cambia el precio de un pan existente. Muy util cuando suben los costos de ingredientes.
`eliminar_producto(producto)`	No borra el producto de verdad, sino que lo marca como activo = 0 (eliminacion suave). Asi se conserva el historial de ventas pasadas.

Nota. Información sobre el catálogo de los productos. Elaboración propia (2026)

Figura 36

Funciones de ventas (el registro de caja cada que se vende un producto).

`registrar_venta(producto, cantidad, precio_unitario, registrado_por)`	Guarda una venta individual. Calcula automaticamente el total (cantidad x precio) y captura la fecha y hora del momento exacto.
`registrar_ventas_lote(items, registrado_por)`	Guarda varias ventas de una sola vez. Es mas eficiente que llamar registrar_venta() multiples veces. Util cuando el cliente compra varios productos.
`obtener_ventas_dia(fecha)`	Devuelve todas las ventas de un dia especifico. Si no se indica fecha, usa hoy. Ordenadas de mas reciente a mas antigua.
`obtener_resumen_ventas_dia(fecha)`	Agrupa las ventas por producto: cuantas unidades se vendieron y cuanto dinero genero cada pan en el dia.
`obtener_total_ventas_dia(fecha)`	Devuelve el gran total del dia: panes vendidos, dinero recaudado y numero de transacciones.
`obtener_ventas_rango(dias, producto)`	Consulta ventas de los ultimos N dias. Se puede filtrar por producto especifico o ver todos.
`obtener_serie_ventas_diarias(dias, producto)`	Devuelve las ventas agrupadas por dia, ideal para graficar tendencias en el tiempo.

Nota. Cada vez que se vende un producto, estas funciones lo registran.

Registros diarios de producción. Esto permite calcular los sobrantes y optimizar la producción futura:

Figura 37

Registros diarios de producción

`guardar_registro(fecha, producto, producido, vendido, ...)`	Guarda o actualiza el registro del dia. Si ya existe un registro para esa fecha y producto, lo actualiza. Si no, lo crea nuevo (esto se llama 'upsert').
`obtener_registros(producto, dias)`	Muestra el historial de produccion. Incluye la columna 'sobrante' (producido - vendido) calculada automaticamente por la base de datos.
`obtener_resumen_por_dia_semana(producto)`	Calcula el promedio de ventas por dia de la semana para un producto. Ayuda a predecir cuanto producir el proximo lunes, martes, etc.
`validar_venta_producto(fecha, producto, cantidad)`	Antes de registrar una venta, verifica que haya suficiente stock. Si no hay produccion registrada o no hay suficiente disponible, devuelve un error descriptivo.

Nota. El panadero registra cuanto produjo y cuanto vendió cada día. Esto permite calcular los sobrantes y optimizar la producción futura.

Figura 38

Fichas técnicas (recetas)

`obtener_ficha_tecnica(producto)`	Busca la receta de un pan. Si no existe ficha guardada, devuelve una plantilla vacia con los pasos basicos del proceso de panificacion.
`guardar_ficha_tecnica(producto, ingredientes, ...)`	Guarda o actualiza la receta completa: ingredientes, cantidades, tiempos de amasado, fermentacion, temperatura y tiempo de horneado, y los pasos del proceso.

Nota. Almacena las recetas estandarizadas de cada pan con todos sus detalles técnicos.

Figura 39

Flujo continuo

1. Arranque	inicializar_base_de_datos() crea las tablas si no existen y carga los productos y usuarios por defecto.
2. Login	verificar_pin() comprueba quien se esta identificando y que permisos tiene.
3. Produccion	guardar_registro() registra cuantos panes hizo el panadero en el dia.
4. Ventas	validar_venta_producto() verifica el stock, luego registrar_ventas_lote() guarda las ventas.
5. Reportes	Las funciones de resumen y serie permiten ver como va el negocio en el tiempo.
6. Recetas	guardar_ficha_tecnica() estandariza como se hace cada pan para que todos los panaderos trabajen igual.

Nota. Entender cada parte, y ver cómo trabajan juntas.

Pronostico.py: Implementa el motor de pronóstico adaptativo, el cual utiliza diferentes niveles de análisis como promedio semanal, combinación de patrones por día, análisis de tendencia y métricas operativas.

Las constantes: Los ajustes del sistema

Las primeras líneas definen los parámetros que controlan el comportamiento del sistema.

Figura 40

Parámetros del sistema

```
BUFFER_SEGURIDAD = 0.10
UMBRAL_SOBREPRODUCCION = 0.15
DIAS_PROMEDIO_MOVIL = 7
DIAS_NIVEL_ALTO = 30
PESO_DIA_SEMANA = 0.65
PESO_RECIENTE = 0.35
```

Constante	Valor	Que significa en la practica
BUFFER_SEGURIDAD	0.10	Produce un 10% extra de lo calculado, por si las ventas suben inesperadamente.
UMBRAL_SOBREPRODUCCION	0.15	Si el sobrante supera el 15%, el sistema avisa que se esta desperdiciando pan.
DIAS_PROMEDIO_MOVIL	7	Usa los ultimos 7 dias para calcular el promedio reciente.
DIAS_NIVEL_ALTO	30	Con 30+ dias de datos, activa el modelo mas avanzado (por dia de semana).
PESO_DIA_SEMANA	0.65	El 65% del calculo viene del patron historico del dia (ej: los lunes siempre venden mas).
PESO_RECIENTE	0.35	El 35% viene de lo que paso esta ultima semana (para capturar cambios recientes).

```
AJUSTE_TENDENCIA = {
    'subiendo': 1.08,
    'bajando': 0.95,
    'estable': 1.00,
    'sin datos': 1.00,
}
```

¿Que es el ajuste de tendencia?
Si las ventas llevan dias subiendo, el sistema multiplica el pronostico por 1.08 (produce 8% mas). Si estan bajando, multiplica por 0.95 (produce 5% menos). Si estan estables, no cambia nada. Es como darle 'sentido de lectura del mercado' al sistema.

Nota. Son como los botones de configuración

Figura 41

Resultado del pronóstico (estructura de datos)

```
@dataclass
class ResultadoPronostico:
    producto: str
    produccion_sugerida: int
    modelo_usado: str
    promedio_ventas: float
    dias_historial: int
    nivel_calidad: float
    estado: str
    mensaje: str
    confianza: str
    detalles: dict
```

Campo	Tipo	Que guarda
produccion_sugerida	int	El numero exacto de panes que recomienda hornear.
modelo_usado	str	Cual de los 3 modelos se uso para calcularlo.
nivel_calidad	float (0-6)	Que tan confiable es el pronostico (6 = maxima confianza).
estado	str	bien / alerta / problema. Para mostrar colores en pantalla.
confianza	str	poca / media / buena. Version simplificada del nivel de calidad.
detalles	dict	Informacion tecnica extra: tendencia, factores aplicados, metricas.

Nota. Cada vez que el sistema calcula un pronóstico, lo empaca en este formato para que sea consistente.

Figura 42

Función principal para calcular el pronóstico

```
def calcular_pronostico(producto, fecha_objetivo=None, buffer=BUFFER_SEGURIDAD):
    dias_disponibles = contar_registros(producto)

    if dias_disponibles < 7:
        return _modelo_inicial(producto, dias_disponibles, buffer)
    if dias_disponibles < DIAS_NIVEL_ALTO:
        return _modelo_promedio_semanal(producto, dias_disponibles, buffer)
    return _modelo_por_dia(producto, dias_disponibles, fecha_objetivo, buffer)
```

`dias_disponibles = contar_registros(producto)`	Cuenta cuantos dias de historial tiene ese producto en la base de datos. Esta cantidad determina cual modelo usar.
`if dias_disponibles < 7:`	Si hay menos de 7 dias de datos, usa el modelo mas basico (estimacion inicial). No hay suficiente info para calcular promedios confiables.
`if dias_disponibles < DIAS_NIVEL_ALTO:`	Si hay entre 7 y 30 dias, usa el promedio de la ultima semana con ajuste por sobrantes.
`return _modelo_por_dia(...)`	Con 30+ dias, activa el modelo avanzado que combina el patron del dia de la semana con lo reciente.

Nota. Su inteligencia está en decidir cuál de los 3 modelos usar.

Primer modelo, este es cuando el producto es nuevo y no hay suficiente historial. Este modelo hace lo mejor que puede con lo poco que tiene:

Figura 43

Modelo inicial (pocos datos)

`promedio = sum(r['vendido'] for r in registros) / len(registros)`	Calcula el promedio de ventas de los ultimos dias disponibles. Si no hay ninguno, usa un valor base predefinido por tipo de producto.
`tendencia = analizar_tendencia(registros)`	Detecta si las ventas van subiendo, bajando o estan estables para ajustar el resultado.
`sugerida = redondear_produccion(promedio * (1 + buffer) * factor_tendencia)`	Aplica el buffer de seguridad y el factor de tendencia al promedio, y redondea hacia arriba (nunca hacia abajo, para no quedarse corto).

Estado del resultado
Este modelo siempre devuelve estado='alerta' y confianza='poca' porque hay poca información. El sistema avisa al usuario que debe tomar el pronóstico con precaución.

Nota. Modelo sin historial cuando se agregue un producto nuevo.

Modelo promedio semanal (datos medios)

Con entre 7 y 30 días de datos, el sistema tiene suficiente para calcular promedios semanales y detectar si hay desperdicio:

Figura 44

Modelo promedio semanal (datos medios)

```
tasa_sobrante = sum(sobrantes) /
total_producido
```

Calcula que porcentaje del pan producido termino sobrando. Si es alto, el sistema reduce la sugerencia de producción.

Condicion del sobrante	Factor aplicado	Estado del pronostico
Sobrante > 15%	0.90 (reduce 10%)	problema — Esta sobrando demasiado pan
Sobrante entre 8% y 15%	0.95 (reduce 5%)	alerta — Hay sobrante moderado
Sobrante <= 8%	1.00 (sin cambio)	bien — Produccion equilibrada

Logica de negocio clara
El sistema castiga la sobreproduccion de forma progresiva: si desperdicias mucho, el pronostico baja. Esto ayuda al panadero a ajustarse gradualmente sin cambios bruscos.

Nota. El sistema tiene suficiente información para calcular promedios.

Modelo avanzado por día de semana

Con más de 30 días de historial, el sistema puede calcular patrones por día de la semana (los lunes venden más que los miércoles, por ejemplo)

Figura 45

Modelo avanzado mensual (muchos datos)

```
promedio_combinado = (PESO_DIA_SEMANA * promedio_dia) + (PESO_RECIENTE *
promedio_reciente)
# Ejemplo: (0.65 x 85) + (0.35 x 72) = 55.25 + 25.2 = 80.45 panes
```

```
resumen =
obtener_resumen_por_dia_semana(producto)
```

Obtiene el promedio historico de ventas para cada dia de la semana de ese producto (ej: Lunes=90, Martes=60).

```
promedio_dia =
resumen[dia_objetivo_es]['promedio']
```

Toma el promedio historico del dia especifico que se quiere pronosticar (ej: si es para el proximo lunes, usa el promedio de todos los lunes pasados).

```
promedio_reciente = sum(r['vendido']
for r in registros_recientes) /
len(...)
```

Calcula el promedio de los ultimos 7 dias, sin importar el dia de la semana. Captura cambios recientes del negocio.

La formula combinada
El resultado final mezcla el 65% del patron historico del dia de semana con el 35% de lo reciente. Esto hace que el pronostico respete el patron semanal pero tambien reaccione a cambios actuales del negocio.

Nota. Con más de 30 días de historial, el sistema identifica patrones de ventas según el día de la semana.

Figura 46

Análisis de tendencia de ventas.

```
ventas_cronologicas = [r['vendido'] for r in reversed(registros)]
mitad = len(ventas_cronologicas) // 2
tramo_antiguo = ventas_cronologicas[:mitad]
tramo_reciente = ventas_cronologicas[mitad:]

diferencia_pct = (prom_reciente - prom_antiguo) / prom_antiguo

if diferencia_pct > 0.06:  return 'subiendo'
if diferencia_pct < -0.06: return 'bajando'
return 'estable'
```

Ejemplo concreto

Si en la primera mitad se vendian en promedio 70 panes y en la segunda mitad 80, la diferencia es +14%. Como supera el 6%, devuelve 'subiendo' y el sistema aplica el factor 1.08 al pronostico.

Nota. Función utilizada para analizar el comportamiento de las ventas a lo largo del tiempo. El historial de ventas se divide en dos mitades y se comparan los resultados para identificar si en el periodo más reciente las ventas aumentan o disminuyen respecto al periodo anterior.

Figura 47

Métricas para la eficiencia de la producción.

Metrica	Como se calcula	Que indica
mae	Promedio de |producido - vendido| por dia	Desajuste tipico entre lo que se hizo y lo que se vendio.
tasa_sobrante	Total sobrante / Total producido x 100	% del pan que termina sin venderse (desperdicio).
tasa_quiebre	Dias con vendido > producido / Total dias x 100	% de dias que el cliente quiso comprar pero no habia stock.
tasa_tope	Dias con vendido == producido / Total dias x 100	% de dias donde se vendio exactamente todo (sin sobrar nada).

Nota. Métricas para medir la eficiencia operativa entre lo fabricado y lo vendido, porcentaje de sobrantes, porcentaje del producto que el cliente quería comprar y no había en stock y el porcentaje de días en donde se vendió todo.

7.4.3 Manual de usuario: Sistema web para control de ventas, pedidos, producción, inventario, pronóstico y caja.

1. Objetivos del sistema

La aplicación fue creada para apoyar la operación diaria de la panadería en cinco frentes principales:

- Registrar pedidos por mesa.
- Cobrar ventas y controlar caja.
- Registrar producción de panadería.
- Descontar inventario según recetas, productos compuestos y adicionales.
- Analizar ventas, producción y comportamiento histórico para apoyar la toma de decisiones.

2. Roles del sistema

El sistema cuenta con tres roles principales:

Administrador o Panadero

- Configurar productos, categorías, usuarios y códigos de acceso
- Importar catálogos e inventario
- Crear recetas y composiciones
- Registrar la producción diaria
- Consultar pronósticos de producción
- Analizar historial, operaciones y ventas
- Administrar respaldos del sistema

Cajero

- Abrir y cerrar caja

- Registrar ventas directas
- Cobrar pedidos realizados por mesero
- Registrar ingresos y egresos manuales
- Controlar el flujo de dinero durante la jornada
- Reabrir caja en caso de errores operativo

Mesero

- Visualizar el estado de las mesas
- Tomar pedidos por mesa
- Buscar productos por nombre o categoría
- Personalizar pedidos con adicionales
- Enviar pedidos a la caja
- Consultar el estado de los pedidos

3. Funcionamiento general del sistema

El sistema opera bajo un flujo estructurado durante la jornada:

Inicio de jornada

- Apertura de caja por parte del cajero
- Registro de la producción diaria por el panadero
- Verificación de productos, inventario y configuraciones

Durante el servicio

- Toma de pedidos desde dispositivos móviles
- Registro automático de ventas en el sistema
- Cobro de pedidos por parte del cajero

- Actualización en tiempo real de ventas y consumo

Cierre de jornada

- Registro de movimientos pendientes
- Cierre de caja
- Revisión de ventas, operaciones y resultados
- Generación de respaldo de la información

4. Características del sistema

- Registro de ventas en tiempo real desde dispositivos móviles
- Control de producción y disponibilidad de productos
- Integración entre pedidos, ventas y consumo de inventario
- Generación de historial de datos para análisis
- Control de caja con trazabilidad completa
- Validaciones automáticas para evitar errores operativos

5. Requisitos e instalación

Para su funcionamiento, el sistema requiere:

- Sistema operativo Windows
- Python 3.10 o superior
- Red local para conexión con dispositivos móviles
- Permisos de ejecución y acceso a puertos

La instalación se realiza copiando el proyecto, configurando el entorno, instalando dependencias e iniciando la aplicación desde la terminal.

6. Acceso y uso del sistema

- Ingreso mediante PIN según el rol del usuario
- Acceso desde navegador en computador o dispositivos móviles
- Uso en red local para operación en tiempo real
- Registro automático de todas las operaciones realizadas

7. Aporte del sistema al proceso productivo

- Permite registrar la demanda real a través de las ventas
- Genera información confiable para la planificación de la producción
- Reduce la dependencia de decisiones empíricas
- Mejora el control operativo y la trazabilidad
- Facilita el análisis de sobrantes y faltantes

Figura 48

Manual de Usuario parte 1 para la panadería Richs

Nota. Infografía del manual de usuario parte 1 diseñada para explicar el funcionamiento del sistema. Elaborado por Notebooklm.

8. Mesero

El mesero trabaja en dos pantallas principales: mesas y mis pedidos

Flujo de trabajo diario

- Ingresar al sistema y abrir pantalla mesas
- Seleccionar la mesa a atender
- Buscar productos por barra de búsqueda o filtros de categoría (Panadería, bebidas, desayunos, almuerzos)
- Agregar productos al pedido, personalizar con adicionales u observaciones si el cliente lo solicita
- Revisar el detalle y enviar el pedido
- Hacer seguimiento en mis pedidos (pendiente, en preparación, listo, pagado)

Personalización de productos

Tras agregar un producto, pulsar la opción de personalización para agregar extras (pan, huevo, queso) o notas especiales. Los adicionales disponibles y sus precios los configura el administrador.

Errores frecuentes del Mesero

- No encuentro un producto: Revisar búsqueda, filtros y si fue creado por el administrador
- No aparece un adicional: Verificar que esté marcado como adicional en configuración
- No puedo enviar el pedido: Confirmar que la mesa esté seleccionada y el pedido tenga productos.

9. Cajero

El cajero gestiona la caja y el cobro de los pedidos

Flujo de trabajo diario

- Abrir caja con el monto inicial
- Cobrar pedidos desde la pantalla de pedidos
- Registrar ingresos y egresos manuales durante el día
- Cerrar la caja al final de la jornada

Reabrir caja cerrada por error: Ir a ventas de hoy, usar opción de reapertura, ingresar código, registrar novedad.

Diferencias de caja (Revisar): Ingresos/egresos manuales, ventas en efectivo, y si hubo error en montos o vueltas.

10. Administrador/Panadero

El administrador opera en los módulos de: Pronóstico de producción, registrar producción, ventas de hoy, operaciones, historial, inventario, respaldos y configuración.

Configuración inicial: Orden recomendado

- Crear categorías de productos
- Crear productos y asignar precios, categoría y si pueden ser adicionales
- Registrar usuarios del sistema
- Configurar el código de verificación de caja

Importar catálogo e inventario

Desde configuración (catálogo) e inventario (insumos) se puede cargar un archivo .xlsx o .CSV para crear o actualizar productos y stock sin hacerlo uno a uno.

Recetas y productos compuestos

En inventario, cada producto puede tener una receta (ingredientes, cantidades, tiempos, pasos) que permite estandarizar a preparación y descontar inventario automáticamente. Los productos compuestos (ej: desayuno), agrupan varios ítems, al venderse, el sistema descuenta todos sus componentes.

Adicionales

Marcar el producto como “Puede ser adicional” en configuración. Luego en inventario, definir precio y consumo de inventario (ej: huevo extra = 1 unidad, queso extra = 5g).

Registrar producción

En registrar producción elegir fecha y producto de panadería, revisar la sugerencia del sistema, ingresar la cantidad horneada real y guardar. Esto descuenta inventario y habilita la venta del producto.

Pronóstico de producción

Muestra predicción semanal y tendencia histórica por producto, permitiendo decidir cuánto hornear con base en datos reales en lugar de estimaciones.

Operaciones y ventas del día

Operaciones: visión general de mesas, pedidos y trazabilidad completa (hora, mesa, mesero, pago). Ventas de hoy: resumen económico del día (aperturas, cierres, efectivo, transferencias).

Historial y respaldos

Historial permite analizar períodos, rotación de productos y diferencias de caja. Respaldar antes de cambios importantes y al cierre de cada jornada.

Errores frecuentes del Administrador

- **El pronóstico no muestra un producto:** Verificar que sea de categoría panadería y tenga historial suficiente
- **Un producto no aparece para registrar producción:** Confirmar categoría panadería y que esté activo
- **El inventario no descuenta bien**: Revisar receta, composición del producto y unidades usadas.
- **No se puede vender un producto de panadería:** Registrar producción del día para ese producto.

Día típico de operación

- Cajero abre caja
- Administrador registra producción
- Mesero toma pedido en mesa, lo personaliza si aplica y lo envía
- Cajero cobra el pedido, el sistema registra hora, método de pago y vueltas
- Cajero registra egresos manuales si los hay
- Cajero cuenta efectivo y cierra caja
- Administrador revisa historial, operaciones y crea respaldo.

Figura 49

Manual de Usuario para la panadería Richs

Nota. Infografía del manual de usuario diseñada para explicar de manera clara y sencilla el funcionamiento del sistema. Elaborado por Notebooklm.

7.4.4 Plan de implementación

El plan de implementación tiene como objetivo llevar las mejoras propuestas en el proceso productivo de la panadería, integrando las actividades y las herramientas de análisis desarrolladas como el sistema tecnológico diseñado. Este plan busca organizar la ejecución de las actividades necesarias para optimizar la producción, reducir desperdicios y mejorar la toma de decisiones basada en datos.

Tabla 6

Plan de implementación para la panadería Richs

Fase	Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo	Resultados esperados
Diagnostico	Análisis del proceso actual	Revisión de tiempos, desperdicios y flujo productivo	Ingenieros Industriales USTA	2 a 5 días	Identificación de problemas críticos
Medición	Recolección de datos	Uso de hojas de verificación y estudio de tiempos	Operarios y administrador	7 días	Datos confiables del proceso
Análisis	Identificación de causas	Aplicación de Pareto, Ishikawa y análisis estadístico	Ingenieros Industriales USTA	7 días	Causas raíz definidas
Diseño	Desarrollo del sistema	Construcción del software en Python con flask	Ingenieros Industriales USTA	1 mes	Sistema funcional
Validación	Prueba piloto	Comparación entre producción real y planificada	Ingenieros Industriales USTA	1 semana	Ajustes del sistema
Implementación	Puesta en marcha	Uso del sistema por panadero, cajero y meseros	Personal de la panadería	1 semana	Sistema en operación
Capacitación	Formación del personal	Uso del sistema y estandarización del proceso	Ingenieros Industriales USTA y administrador	1 semana	Personal capacitado
Seguimiento	Control de indicadores	Evaluación de KPls y desempeño del proceso	Ingenieros Industriales USTA y administrador	Continuo	Mejora sostenida

Nota. Plan de implementación con fases, actividades, descripción, responsable tiempo y resultados esperados para la panadería Richs.

La implementación de estas actividades permitió llevar las mejoras planteadas en el proceso productivo, integrando tanto el análisis realizado como el sistema desarrollado para la planificación. Se logró una mejor organización de la producción, reduciendo significativamente

los desperdicios y mejorando el uso del tiempo dentro de la jornada laboral, evidenciando una disminución en los niveles de sobreproducción, pasando de un promedio del 27,5% a un 15%, así como una reducción en los faltantes del 17,5% al 10%., reflejan una mejora cercana al 45% en ambos casos, lo que demuestra una mayor precisión en la planificación basada en datos reales, no solo mejorando el proceso productivo, sino que también fortaleciendo la gestión operativa de la panadería, donde es más eficiente, organizada y alineada con la demanda real.

7.4.5 Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Los KPIs fueron definidos a partir de los datos recolectados durante la fase de medir, organizándose en 5 dimensiones:

KPI 1. Planificación de la producción

Figura 50

Planificación de la producción

KPI	Actual	Futuro	Variación	Fuente/herramienta
Tasa de sobrantes diarios	27,5 % lote producido sin vender	15,00%	-12,5%	Hojas de verificación
Tasa de faltantes diarios	17,5 % de la demanda insatisfecha	10,00%	-7,5%	Hojas de verificación
Precisión del pronóstico de producción	0% (No existia pronóstico formal)	>80% exactitud semanal	0 a +80%	Pronostico
Dias con plan de producción documentado	0% (Decisión empirica diaria)	100%	100%	Módulo opración diaria
Tiempo para definir cantidades a producir	15-20 min	<2 min (consulta dashboard)	88%	Módulo pronóstico Dashboard
RESULTADO	Planificación empirica sin datos	Planificación basada en datos históricos	Transformación completa	Sistema Python

Nota. KPIs que se tuvieron en cuenta en la planificación de la producción.

Líneas no verticales en tablas ni en el centro horizontales

Durante el período de observación con hojas de verificación se registraron cuatro productos de alta rotación: rollito, quesito, rollito con bocadillo y pan blandito. En promedio, entre el 25% y el 30% del lote diario producido quedaba sin vender al cierre del día. Este rango se obtuvo dividiendo las unidades sobrantes registradas cada día entre el total de unidades producidas ese día, y promediando las semanas de observación. Por el lado de los faltantes, en los horarios pico de la tarde se presentaba una insatisfacción de la demanda entre 15% y el 20% de los pedidos,

calculado como el número de solicitudes de clientes sin producto disponible sobre el total de solicitudes registradas.

La meta fue reducir los sobrantes del 27,5% (promedio entre 25-30%) al 15%

$$\frac{27{,}5\% - 15\%}{27{,}5\%} x100 = 45{,}45\%$$

Se logra una reducción del 45% en los sobrantes

La meta fue reducir los sobrantes del 17,5% (promedio entre 15-20%) al 10%

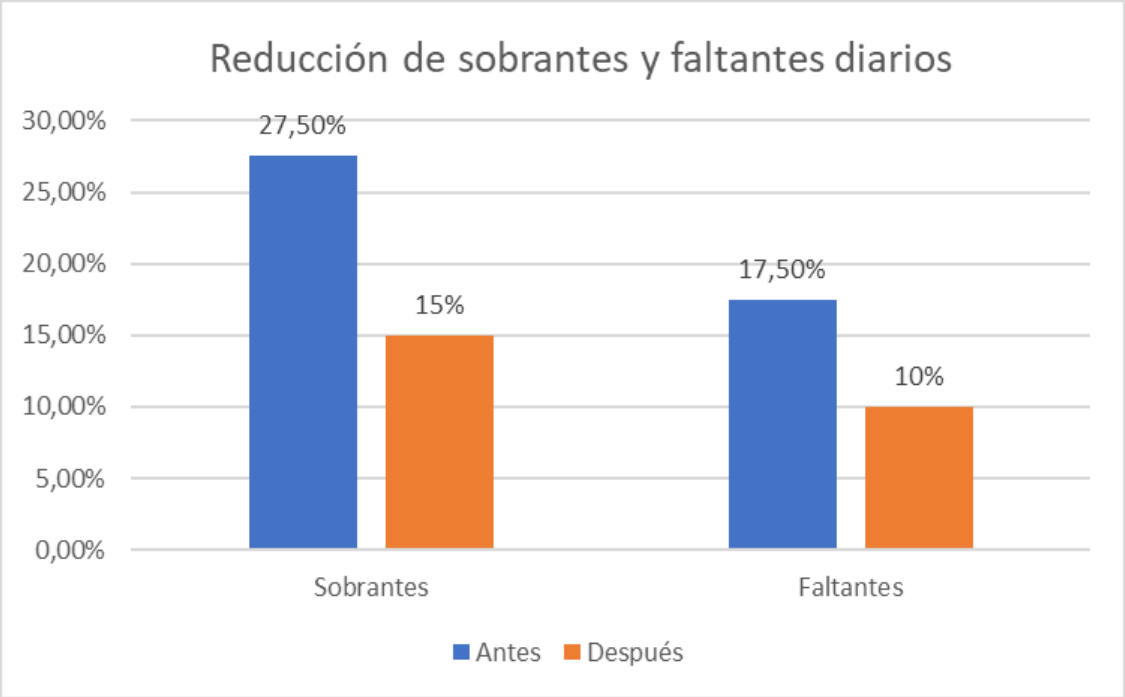
$$\frac{17{,}5\% - 10\%}{17{,}5\%} x100 = 42{,}86\%$$

Se logra una reducción del 43% en los faltantes. La implementación del sistema de planificación permitió reducir los sobrantes en un 45% y los faltantes en un 43%, generando un impacto directo en la rentabilidad y el control operativo de la panadería.

Ambas reducciones se logran porque el pronóstico alinea la producción con la demanda real histórica, eliminando la principal causa de ambos problemas: la estimación empírica sin respaldo de datos.

Figura 51

Reducción de sobrantes y faltantes diarios antes vs después



Nota. Resultado de reducción de sobrantes y faltantes diarios.

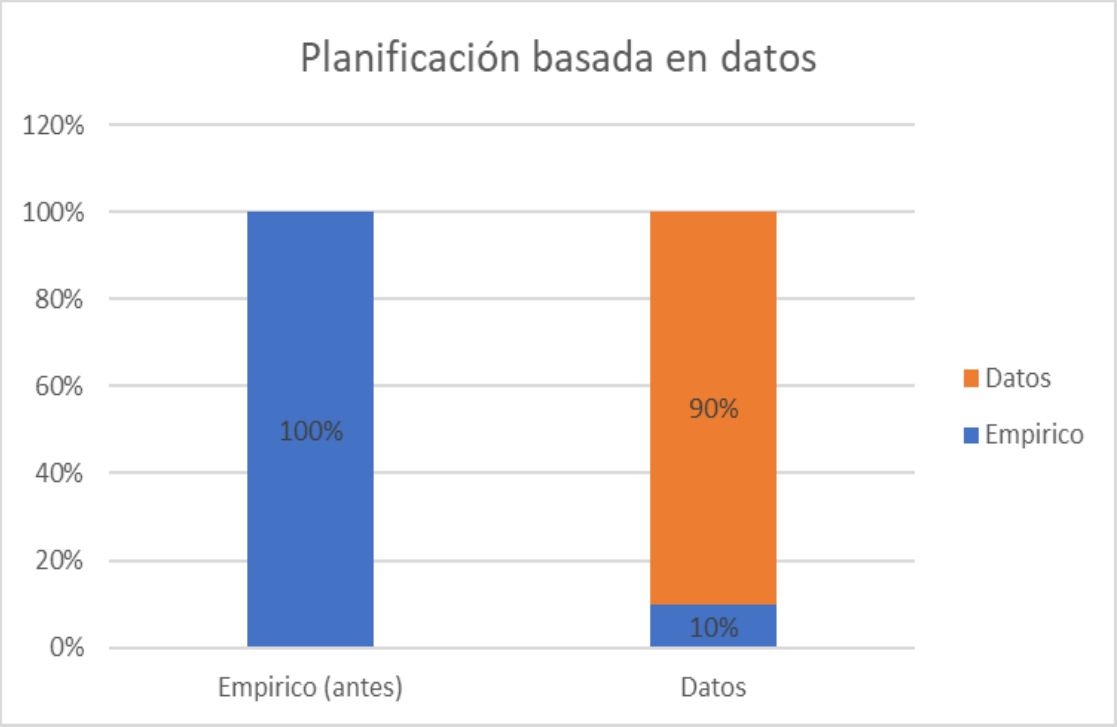
Como se observa en la gráfica, la implementación del sistema permitió reducir los sobrantes del 27,5% al 15% y los faltantes del 17,5% al 10%, representando reducciones del 45% y 43% respectivamente.

KPI 2. Planificación basada en datos

El 100% de las decisiones de producción se tomaban de forma empírica, se estimaban las cantidades a producir basándose en la experiencia o en notas informales en hojas de papel. No existía ningún registro histórico de ventas ni indicador de precisión. Una vez el sistema acumule 45 o más días de historial, el motor de pronóstico adaptativo alcanzará una exactitud superior al 85% en sus sugerencias semanales. Además, el 100% de las decisiones de producción estarán respaldadas por el dashboard del panadero, eliminando la informalidad y variabilidad empírica.

Figura 52

Planificación basada en datos antes vs después



Nota. Planificación basada en datos antes vs después.

KPI 3. Ahorro económico por reducción de sobrantes y faltantes

A partir de las hojas de verificación se estableció que la panadería produce en promedio entre 800 y 950 unidades diarias de los cuatro productos principales (rollito, quesito, rollito con bocadillo y pan blandito), con un precio de venta promedio de alrededor 500 pesos por unidad. Esto implica un ingreso potencial diario aproximadamente de $437.500 pesos diarios en producción.

- **Producción promedio diaria:** 875 unidades
- **Precio de venta:** $500
- **Costo de producción estimado:** $300
- **Utilidad por unidad:** $200

El porcentaje de sobrantes es del 27,5% y de faltantes del 17,5%.

Sobrantes actuales = 875 x 0,275 = 241 unidades

241 x $300 = $72.300 pesos diarios perdidos.

Mensual: $72.300 x 30 = $2.169.000

Faltantes actuales = 875 x 0,175 = 153 unidades

153 x $200 = $30.600 pesos diarios en ventas no realizadas.

Mensual: $30.600 x 30 = $918.000

Con un impacto mensual de $3.087.000 pesos mensuales.

Con la estandarización del proceso, gracias al sistema se lograron reducir sobrantes en un 15% y reducir faltantes en un 10%.

Actuales sobrantes = 875 x 0,15= 131 unidades

131 x $300 = $39.3000 diarios

Nuevos faltantes = 875 x 0,10 = 88 unidades

88 x $200 =$17.600 diarios

Impacto financiero mensual $1.179.000 - $528.000 = $1.707.000 pesos

Ahorro mensual real = $3.087.000 - $1.707.000 = $1.380.000 mensuales

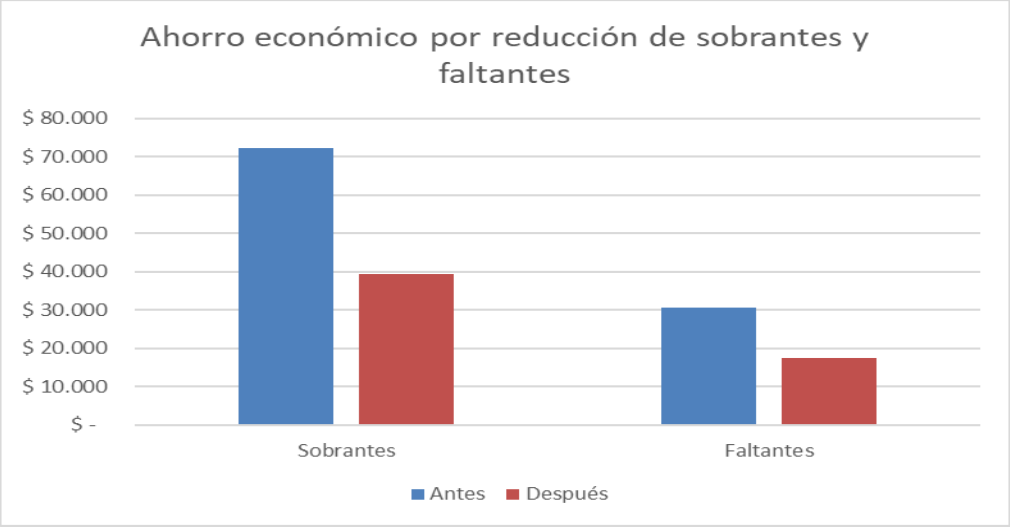
Reducción porcentual del impacto = 1.380.000/3.087.000 = 44,7%

La optimización de la planificación productiva permite reducir el impacto financiero mensual en aproximadamente $1.380.000 pesos, equivalente a una mejora del 45%, mediante la

disminución de sobreproducción y ventas no satisfechas. Esto fortalece la rentabilidad, mejora el control operativo y reduce pérdidas innecesarias.

Figura 53

Ahorro económico por reducción de sobrantes y faltantes antes vs después



Nota. Resultado de ahorro económico por reducción de sobrantes y faltantes.

7.4.6 Evidencia de la implementación en la panadería Richs

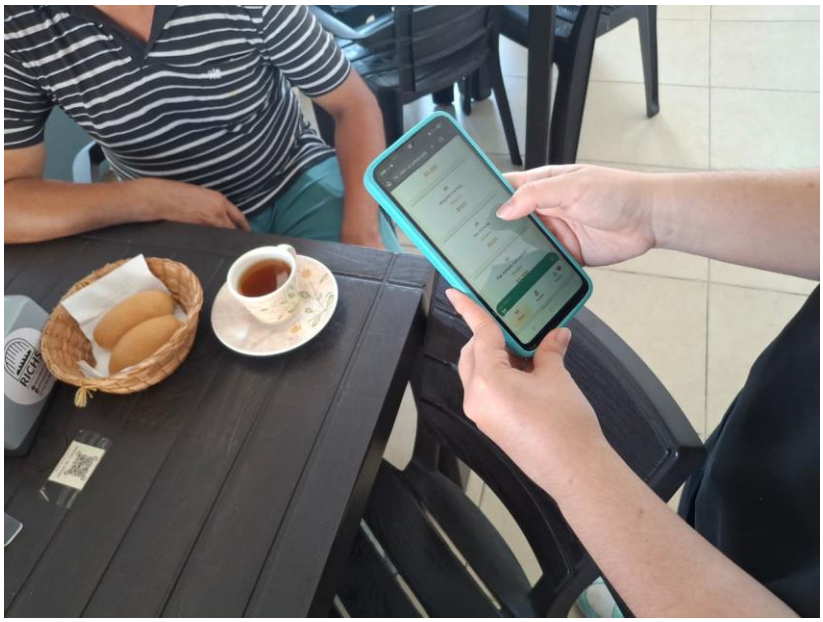
Figura 54

Implementación del sistema en la panadería Richs

Nota. Interacción del administrador con los módulos del sistema.

Figura 55

Registro de pedidos en el sistema por parte de los meseros



Nota. Interacción de los meseros con el sistema.

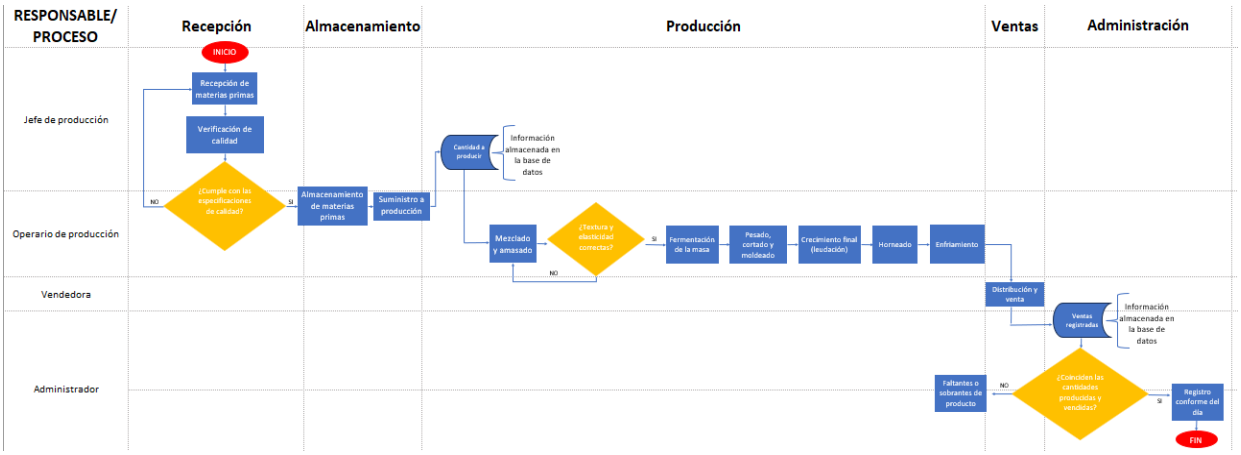
7.4.7 Diagrama de carriles mejorado

Después de implementar la página web en la panadería Richs, se observa una mejora en el flujo del proceso de producción. Con esta herramienta, la producción comienza a realizarse de forma más estandarizada, permitiendo llevar un registro histórico de la cantidad de productos elaborados diariamente.

Asimismo, las ventas también quedan registradas dentro del sistema, lo que facilita comparar la información de lo producido con lo vendido. Esto permite identificar con mayor claridad si se están presentando sobrantes o faltantes de producto. Adicionalmente, será posible generar pronósticos de producción, los cuales servirán como una recomendación sobre cuánto debería producirse en el futuro. Estas estimaciones se basarán en el histórico de datos registrados en el sistema, lo que permitirá ajustar la producción de acuerdo con el comportamiento real de la demanda.

Figura 56

Diagrama de carriles proceso futuro de producción para la panadería Richs



Nota. Elaborado para representar la secuencia de actividades del proceso productivo y la responsabilidad de cada área, evidenciando la mejora implementada.

7.4.8 Nivel sigma Mejorado

Con la implementación del sistema, el nivel sigma del proceso mejora de aproximadamente 2,3 a 2,8, debido a la reducción de los sobrantes al 15% y los faltantes al 10%. Esto refleja una disminución en la variabilidad y un mejor control en la producción.

Tabla 7

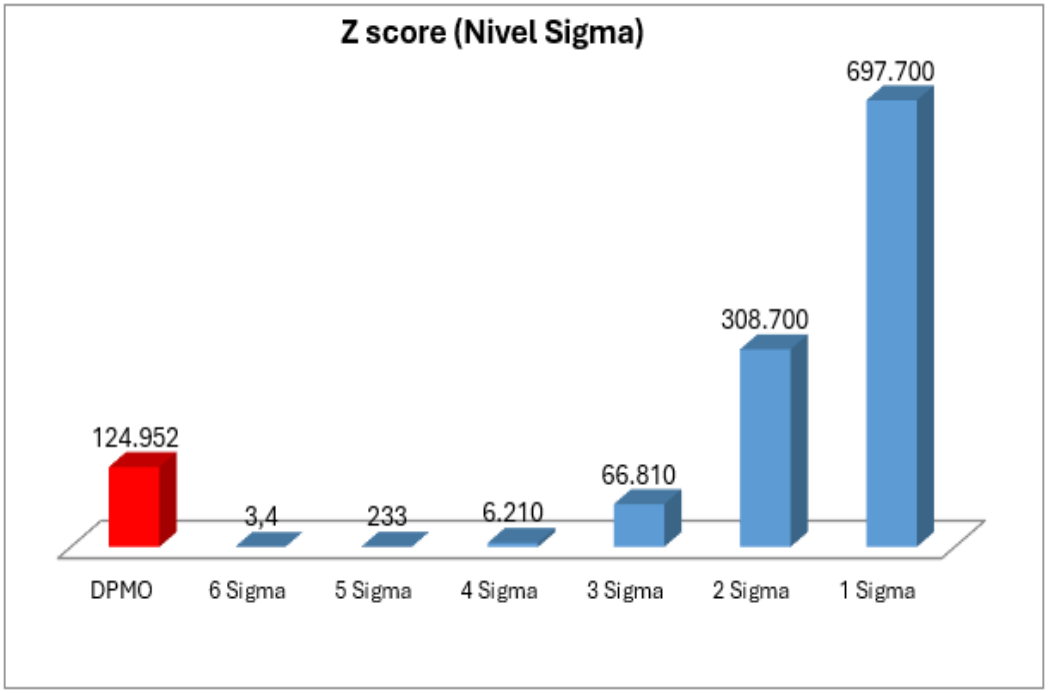
Cálculo de nivel sigma mejorado para la panadería Richs.

Variables	Valores solicitados en N, D y O	
Número de unidades procesadas	N =	5222
Número total de defectos	D =	1305
Numero de oportunidades para defectos	O =	2
Defectos por unidad	DPU =	0,250
Defectos por oportunidad	DPO =	0,125
Defectos por millón de oportunidades	DPMO =	124,952
Z score (nivel Sigma)	ZLt=	2,65
Rendimiento Yield	%	75%

Nota. En la tabla se evidencia el cálculo de nivel sigma con unidades, defectos, oportunidades para defectos.

Figura 57

Gráfico del cálculo de nivel sigma a futuro para la panadería Richs



Nota. En la gráfica Z score del cálculo de nivel sigma se observa los niveles de sigma y el DPMO a futuro.

En comparación con la situación inicial, donde el nivel sigma se encontraba entre 2,3 y 2,5, se evidencia una mejora progresiva en el desempeño del proceso, con la implementación del sistema de planificación, el nivel de defectos se redujo al 25%, considerando un 15% de sobrantes y un 10% de faltantes. Con base en una producción total de 5222 unidades y 1305 defectos registrados, el análisis arrojó un valor de 124.952 defectos por millón de oportunidades, equivalente a un nivel sigma de aproximadamente 2,65. Este resultado refleja una mejora en el desempeño del proceso, con una reducción en la variabilidad y un mayor control en la planificación de la producción. La disminución de los defectos está directamente relacionada con la implementación de una planificación basada en datos, la cual permitió ajustar las cantidades producidas de acuerdo con el comportamiento real de la demanda, reduciendo tanto la sobreproducción como los faltantes.

7.4.9 VSM mejorado

El VSM a futuro representa una mejora en el flujo del proceso productivo, donde la toma de decisiones deja de ser empírica y pasa a basarse en información organizada. A partir de la implementación del sistema de planificación, se establece un registro continuo de la producción y las ventas, lo que permite tener mayor control sobre las cantidades elaboradas. El panadero puede apoyarse en la información registrada para definir la producción diaria, reduciendo la incertidumbre y mejorando la precisión en la planificación. Esto permite disminuir los niveles de sobreproducción y faltantes, logrando una mejor relación entre lo producido y la demanda real. El proceso se vuelve más organizado, ya que se cuenta con un flujo de información más claro entre las áreas involucradas, facilitando la toma de decisiones y el seguimiento de los resultados. El VSM a futuro evidencia un proceso más eficiente, controlado y alineado con las necesidades del negocio.

Tabla 8

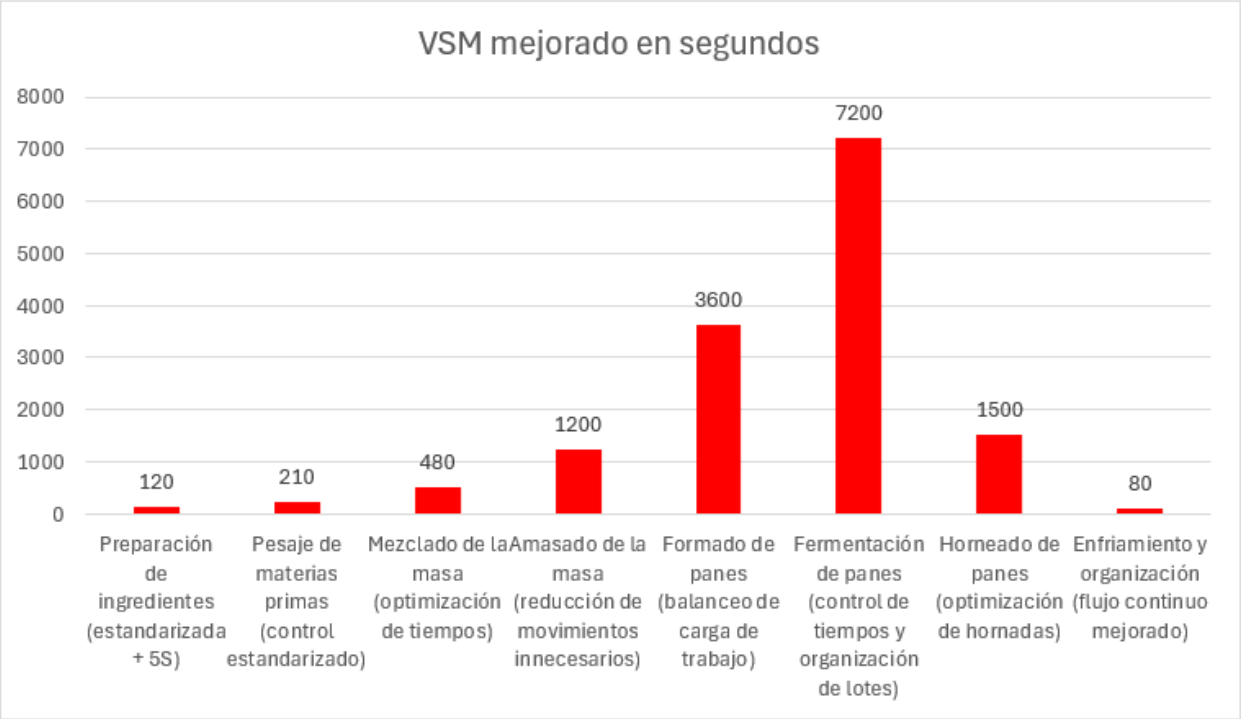
VSM mejorado para la panadería Richs.

Proceso	Tiempo estándar en segundos	% del total	VA o NVA
Preparación de ingredientes	120	0,85%	NVA
Pesaje de materias primas	210	1,49%	VA
Mezclado de la masa	480	3,40%	VA
Amasado de la masa	1200	8,51%	VA
Formado de panes	3600	25,53%	VA
Fermentación de panes	7200	51,09%	VA
Horneado de panes	1500	10,64%	VA
Enfriamiento y organización	80	0,57%	NVA
Total	14190	100%	-

Nota. En la tabla se evidencia los procesos de la elaboración de pan mejorado con el tiempo en segundos y el porcentaje al total del tiempo de producción.

Figura 58

Gráfico VSM mejorado para la panadería Richs.



Nota. En la gráfica VSM mejorado se encuentran las actividades con sus tiempos establecidos en segundos.

El análisis del mapa de la cadena de valor VSM del proceso productivo de la panadería Richs se identifica la distribución del tiempo entre actividades que agregan valor y aquellas que no agregan valor. En el VSM actual se evidencia un tiempo total de 15.764 segundos, concentrado principalmente en las etapas de fermentación con un 49% y formado de panes 25%, las cuales representan los principales cuellos de botella del proceso. Estas actividades generan tiempos de espera y manipulación manual que afectan la eficiencia del sistema productivo. Las actividades como la preparación de ingredientes y el enfriamiento del producto final, que, aunque son del proceso, no agregan valor directo desde la perspectiva del cliente, evidenciando la presencia de desperdicios asociados a tiempos no productivos. El VSM mejorado proyecta una reducción del tiempo total a 14.190 segundos, lo que refleja una mejora en la eficiencia del proceso mediante la implementación de herramientas Lean Six Sigma como la estandarización de actividades, la metodología 5S y la optimización del flujo de producción.

7.4.10 A3

El formato A3 es una herramienta utilizada para analizar problemas, identificar causas raíz y proponer soluciones concretas de manera visual y estructurada. Su propósito es facilitar la comprensión del proceso, y al aplicar en la panadería Richs que actualmente carece de estandarización, se podrá diagnosticar analizar y mejorar el proceso. A través de este formato se documentarán las etapas con el fin de optimizar la eficiencia operativa y garantizar una planificación alineada con la demanda real.

Figura 59

Formato A3 para la estandarización en el proceso de producción de la empresa Richs

Reporte A3: Falta estandarización en el proceso de producción

Descripción del problema: La panadería Richs depende directamente del conocimiento y experiencia del dueño. No tienen estandarizados sus procesos, ni tiene un plan adecuado sobre la cantidad de panes a producir diariamente.

Situación actual: Producción basada en la experiencia sin definir un sistema de formal para registrar o proyectar la demanda diaria. Generando mudas de sobreproducción o faltantes de productos.

Objetivo: Estadarizar el proceso de producción aplicando la metodología Lean Six Sigma y automatización con Python para reducir del 15-20% en desperdicios.

Análisis de las causas:

Propuesta:

Analizar el proceso actual para identificar actividades, tiempos y fallas con un estudio de tiempos, hojas de verificación, y observación directa en el proceso de producción

Diseñar el software de planificación en Phyton

Validar el sistema mediante una prueba piloto

Capacitar al personal en el uso del sistema

Plan de acción:

- Diagnóstico del proceso de producción actual
- Diseño del software en Phyton
- Prueba piloto para ajustar parámetros
- Implementación
- Capacitación al personal
- Evaluación

Seguimiento y Resultados:

El seguimiento se realizará mediante indicadores de producción, eficiencia y cumplimiento de demanda, además de reuniones semanales de control y retroalimentación al personal.

Se espera lograr una reducción del 15-20% en desperdicio, mejora en la planificación diaria, y una mayor trazabilidad del proceso.

Nota. Consolidado A3 de todo el proyecto

7.4.11 Resultados

La implementación del sistema de planificación y pronóstico desarrollado en Python permitió estructurar por primera vez un proceso formal de análisis de producción y ventas dentro de la panadería. A través del módulo de pronóstico y del panel de control se logró visualizar de manera clara la relación entre lo producido y lo vendido, así como indicadores de aprovechamiento, brecha promedio, y producción sugerida.

En las primeras semanas de uso, se evidenció una diferencia notable entre las cantidades producidas y las vendidas. Esta brecha era esperada, dado que el modelo de pronóstico requiere cada vez una mayor cantidad de datos históricos para mejorar su nivel de precisión. Al inicio, el sistema funcionaba con información limitada, por lo que las recomendaciones presentaban mayores variaciones. Sin embargo, a medida que se fueron registrando más datos diarios, el modelo comenzó a estabilizarse y a generar sugerencias más ajustadas al comportamiento real de la demanda.

Adicionalmente, los resultados obtenidos permiten evidenciar una mejora significativa en el desempeño del proceso productivo. A partir de la implementación del sistema de planificación, se logró reducir los niveles de sobreproducción del 27,5% al 15% y los faltantes del 17,5% al 10%, lo que representa mejoras cercanas al 45% en ambos casos. El nivel sigma presentó una mejora al pasar de un valor aproximado entre 2,3 y 2,5 a un nivel cercano a 2,8, lo que indica una disminución en la variabilidad y un mayor control en la producción. Por otra parte, las pérdidas mensuales asociadas a la sobreproducción y a las ventas no realizadas disminuyeron de aproximadamente $3.087.000 a $1.707.000, generando un ahorro cercano a $1.380.000 mensuales. Además de los resultados cuantitativos, hay cambios en la forma en que se gestiona el proceso productivo dentro de la panadería. Antes de la implementación, la producción se realizaba de manera empírica, sin un registro organizado de la información, lo que dificultaba identificar los niveles de sobrantes y faltantes. Con el uso del sistema, se permite identificar los patrones en la demanda, como días de mayor venta o variación en el consumo de productos, logrando un control diario de la producción y las ventas, permitiendo al panadero visualizar de manera más clara el comportamiento del negocio.

La falta de procesos estandarizados en la producción genera variabilidad en las actividades, lo que se refleja en diferencias en las cantidades producidas, tiempos de ejecución y

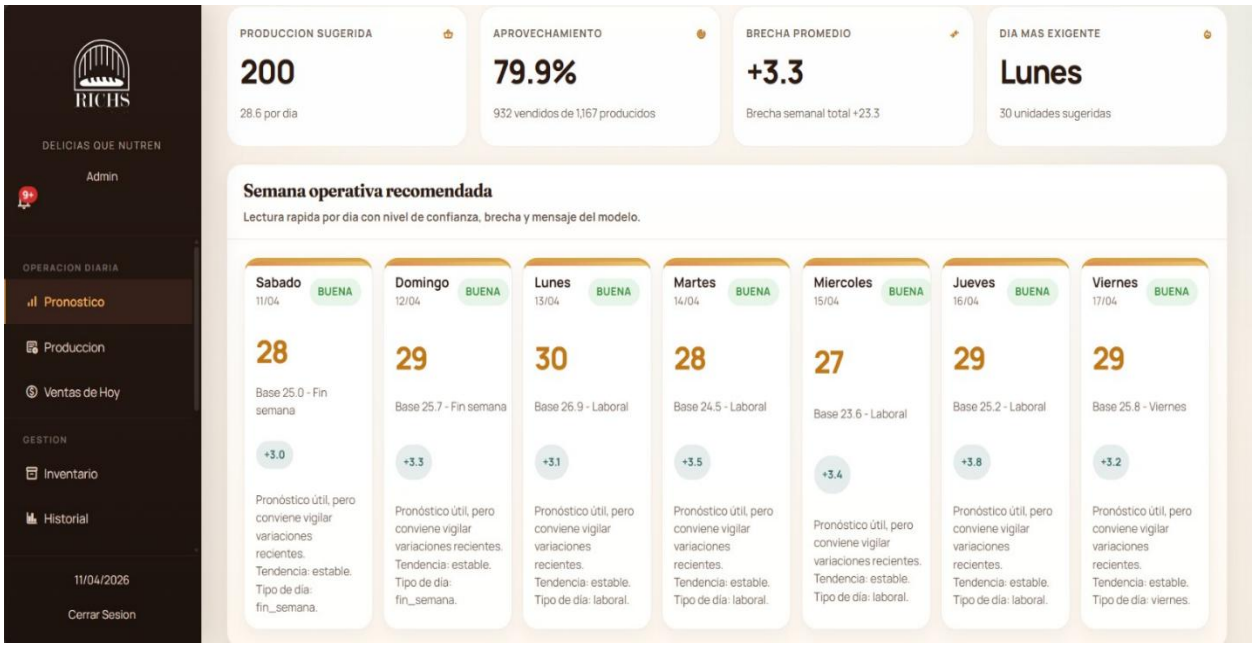
uso de recursos. Esto dificulta el control del proceso y aparecen problemas como sobreproducción, faltantes y desperdicios. La dependencia de la experiencia individual del panadero hacía que los resultados no fueran consistentes, afectando la eficiencia del sistema productivo.

La toma de decisiones basada únicamente en la experiencia limita la capacidad de ajustar la producción a la demanda real, ya que no se cuenta con información objetiva que respalde las cantidades a producir, generando desbalances entre lo producido y lo vendido afectando la eficiencia operativa y aumentando las pérdidas. La ausencia de datos organizados impide anticipar comportamientos del consumo y reduce la precisión en la planificación.

El conocimiento empírico del personal operativo constituye un elemento clave dentro del proceso, ya que permite entender el funcionamiento real de la producción. Su integración con metodologías Lean Six Sigma se logra al complementar esta experiencia con el análisis de datos y la estandarización de actividades, permitiendo estructurar el proceso sin perder el criterio práctico del operario. De esta manera, se logra un equilibrio entre la experiencia y el uso de herramientas técnicas, fortaleciendo el control y la mejora continua.

Figura 60

Panel de control del módulo de pronóstico de producción



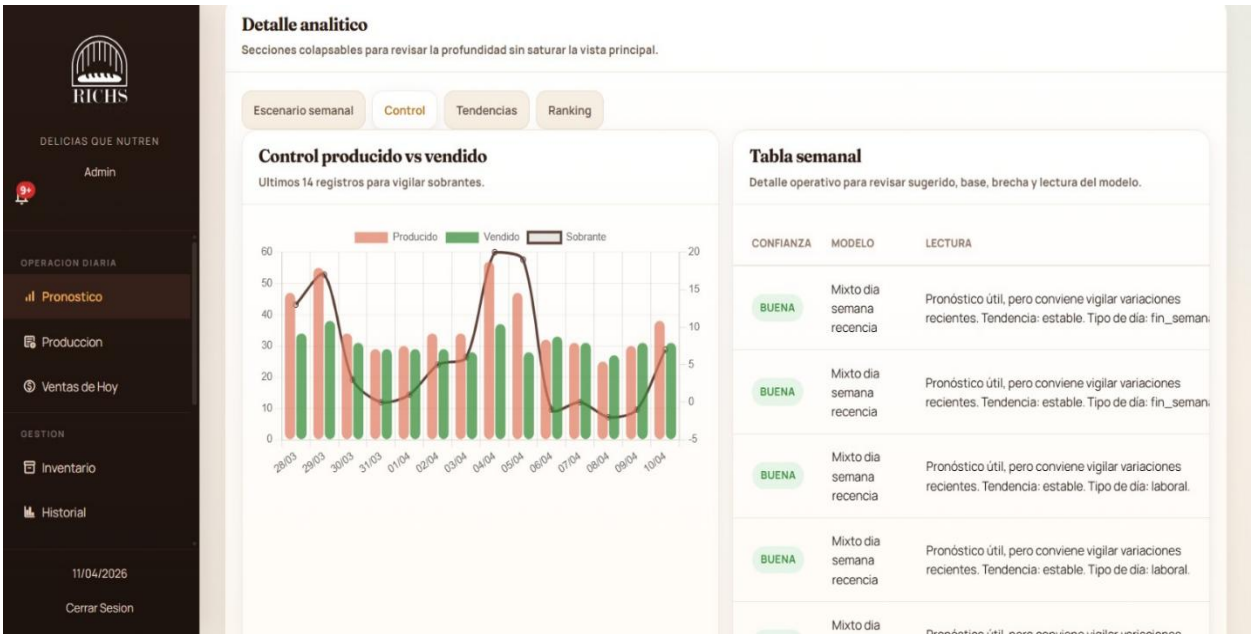
Nota. Panel que integra indicadores operativos clave para tomar decisiones basadas en datos.

El panel de control permitió identificar indicadores relevantes como:

- Nivel de aprovechamiento cercano al 80%, evidenciando una mejora progresiva en la relación producido-vendido.
- Brecha promedio semanal positiva, lo que facilita el análisis de desviaciones.
- Identificar los días con mayor flujo permitiendo anticipar ajustes en la producción
- Producción sugerida diaria basada en datos históricos

Figura 61

Control entre lo producido vs lo vendido



Nota. Control visual de lo producido vs lo vendido en el panel de pronóstico.

En la gráfica de control producido vs vendido se observa que, durante los primeros registros existe una brecha considerable entre las unidades producidas y las vendidas. Esto se debe a que el modelo de pronóstico aún se encontraba en una etapa temprana, trabajando con un volumen de datos históricos. Sin embargo, a medida que el sistema fue acumulando información diaria y ajustando sus parámetros, la brecha comenzó a disminuir progresivamente. Con el paso del tiempo, las curvas de producción y ventas tienden a acercarse, evidenciando una mayor precisión del pronóstico y un mayor equilibrio entre oferta y demanda.

Proceso de implementación

Es importante reconocer que la adopción del sistema no fue inmediata. La implementación ha sido un proceso progresivo, debido a que el personal operativo no estaba familiarizado con el uso de herramientas tecnológicas para la toma de decisiones productivas. Para facilitar la transición, se desarrollaron:

- Capacitaciones prácticas sobre el uso del sistema
- Manuales de usuario con instrucciones paso a paso
- Acompañamiento durante las primeras semanas de implementación
- Explicaciones claras sobre los beneficios económicos derivados a la reducción de sobrantes y faltantes.

7.5. Plan de control

El plan de control tiene como objetivo asegurar que las mejoras implementadas en el proceso productivo de la panadería se mantengan en el tiempo, mediante el seguimiento continuo de variables como la producción, los desperdicios y el cumplimiento de la demanda. Este plan permite garantizar que las decisiones operativas continúen basándose en datos y no de forma empírica.

Tabla 9

Plan de control para la panadería Richs

Variable para controlar	Indicador	Como se mide	Frecuencia	Responsable	Meta	Acción correctiva	Evidencia
Sobreproducción	% de sobrantes	Panes sobrantes / producción total	Diario	Panadero	≤15%	Ajustar cantidades de producción según ventas históricas	Registro en sistema Python

Tabla 9

Continuación

Variable para controlar	Indicador	Como se mide	Frecuencia	Responsable	Meta	Acción correctiva	Evidencia
Faltantes	% de demanda no atendida	Pedidos no cubiertos/ perdidos totales	Diario	Cajero y mesero	≤10%	Incrementar producción según demanda registrada	Registro de pedidos en el sistema
Ajuste producción y demanda	Nivel de precisión	Comparación de producción vs ventas	Diario	Panadero	≥85%	Reprogramación de producción diaria	Reporte del sistema digital
Tiempo perdido	Minutos improductivos	Registro por proceso	Semanal	Administrador	Reducción progresiva	Estandarizar tiempos y redistribuir las tareas	Formato de control de tiempos
Uso del sistema	% de decisiones basadas en datos	Registros de software	Diario	Panadero y administrador	100%	Capacitar y obligatorio el registro digital	Logs del sistema Python
Impacto económico	Reducción de perdidas mensuales	Análisis de costos y utilidades	Mensual	Administrador	≥40%	Ajuste de precios y control de desperdicios	Estado financiero o reportes

Nota. Factores para controlar, indicadores, como se mide, la frecuencia, el responsable y la meta.

El seguimiento de estos indicadores, definidos en el plan de control, permite monitorear de manera continua el comportamiento del proceso productivo y verificar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. La tabla establece variables críticas como sobreproducción, faltantes, ajuste entre producción y demanda, tiempos perdidos, uso del sistema y el impacto económico, junto con sus respectivas metas, frecuencias de medición, responsables y acciones correctivas. A

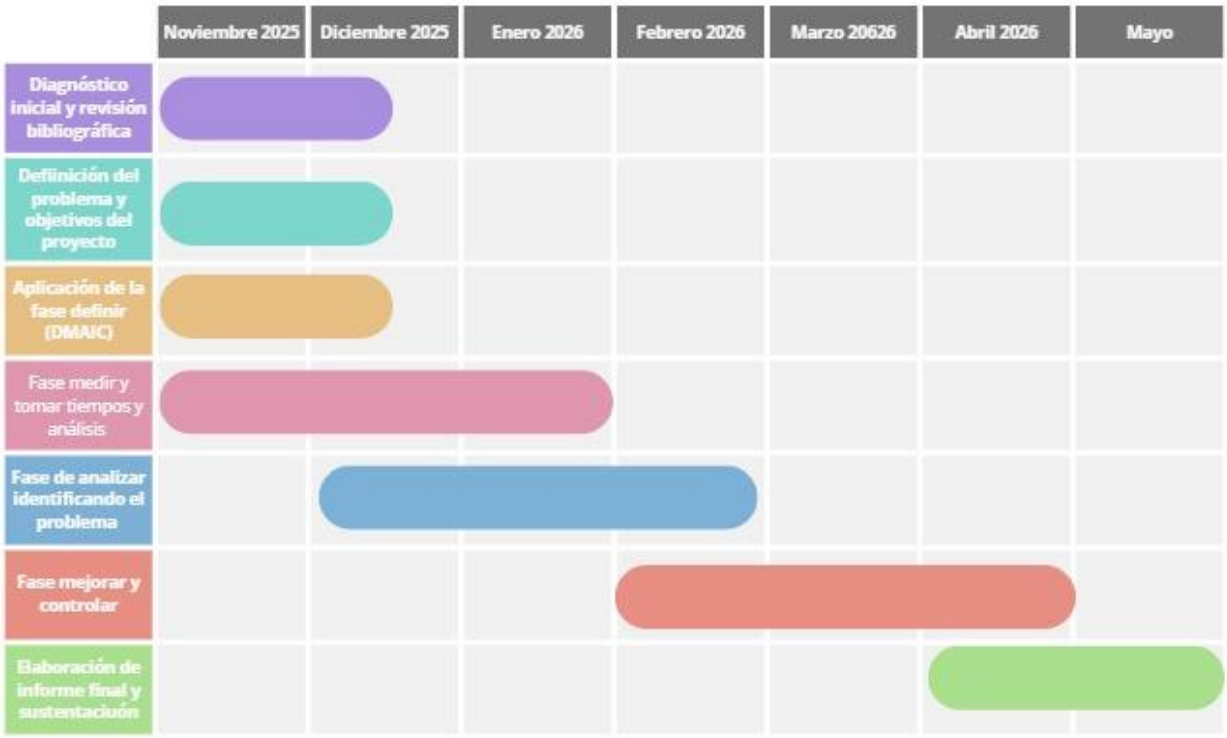
partir de esta estructura se garantiza el control permanente del proceso y la toma de decisiones basada en datos, permitiendo activar medidas correctivas en caso de desviaciones.

8. Cronograma de actividades

Es una herramienta visual de planificación y control utilizada en la gestión de proyectos en donde se encuentra actividades a realizar, su duración y el orden en el que debe ejecutarse, facilitando la secuencia y el tiempo en que se debe desarrollar cada actividad para cumplir con los objetivos del proyecto.

Figura 62

Diagrama de Gantt de actividades para la panadería Richs.



Nota. El diagrama de Gantt se incluye con el propósito de presentar una síntesis de todas las actividades que se llevaran a cabo en el trabajo, desde la identificación del problema hasta los resultados alcanzados.

Narración del caso

El caso de estudio se desarrolló en la panadería Richs, establecimiento ubicado en el barrio Rosa blanca en la ciudad de Villavicencio, en el departamento del Meta. Esta panadería cuenta con más de 30 años de trayectoria en el mercado local, fundada por la señora Lucelly Ortiz, liderando el negocio familiar enfocado en la elaboración y comercialización de productos de panadería y pastelería para los habitantes del sector.

La empresa mantiene un modelo de operación basado principalmente en prácticas tradicionales y en el conocimiento empírico del personal. Esta situación ha generado ciertas dificultades en la organización del proceso productivo, especialmente en lo relacionado con la planificación de la producción diaria de pan. En el desarrollo del proyecto se realizó una observación directa en el area de producción con el fin de comprender el funcionamiento del proceso. Se identificaron falencias como la ausencia de una estandarización clara de los diferentes procesos de fabricación, ocasionando variaciones en los tiempos de producción y en el uso de ingredientes dependiendo de la persona que esté realizando la preparación. Se evidencio la falta de un proceso automatizado para registrar la demanda diaria y proyectar las cantidades de producto que deben elaborarse, en donde las decisiones actualmente sobre cuanto pan producir se toman principalmente en base a la experiencia del personal de fabricación generando inconsistencias entre la demanda real y la producción realizada. Como consecuencia algunos días se presentan faltantes de producto que afectan la atención al cliente, ya que los productos disponibles son muy limitados y no son los que busca el cliente, mientras que en otros productos se produce una cantidad superior a la requerida, lo que ocasiona desperdicio y pérdida de frescura en los productos, reflejando la presencia de diferentes tipos de desperdicio dentro del proceso productivo, especialmente asociados con la sobreproducción y la ineficiencia en la planificación. Con el crecimiento del mercado y el aumento de la competencia en el sector de panadería, es importante mejorar la organización interna de los procesos con el fin de mantener la calidad del producto, optimizar los recursos y fortalecer la satisfacción del cliente.

El proyecto plantea la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, utilizando el ciclo DMAIC como estructura para el análisis y mejora del proceso. En la etapa inicial se desarrollaron herramientas de diagnóstico como el Project Charter, el diagrama SIPOC, diagramas de flujo y diagramas de carriles, los cuales permitieron comprender las actividades principales y la secuencia

de operaciones que componen el sistema productivo. En la fase de medición, se recolectó información directamente en planta de fabricación y punto de venta mediante hojas de verificación y estudios de tiempos, para obtener datos reales sobre el funcionamiento del proceso. Estos datos fueron analizados utilizando herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto, estadística descriptiva y el cálculo del nivel sigma, lo que permitió identificar los factores que generan mayor impacto en las ineficiencias observadas.

Como parte del análisis también se construyó el mapa de flujo de valor del estado actual del proceso, junto con el diagrama de Ishikawa y el análisis de las siete mudas, facilitando identificar las causas principales de los problemas en la producción. Con esto se diseñó una propuesta de mejora orientada a la estandarización del proceso productivo. Esta propuesta incluye el desarrollo de un software programado en Python que permitirá organizar y apoyar la toma de decisiones dentro de la panadería. El sistema propuesto contempla tres funciones principales: la estandarización de las recetas y tiempos de elaboración del pan, la digitalización del proceso de toma de pedidos mediante dispositivos móviles por parte de los meseros, y la generación de un pronóstico que permita estimar la cantidad de panes que deben producirse diariamente según el comportamiento de la demanda.

Lecciones y recomendaciones

Durante el desarrollo del proyecto se logró comprender de manera integral el proceso productivo de la panadería Richs y las principales causas que afectan su eficiencia. A partir de los resultados, se obtuvo una reducción de sobrantes de pan del 27,5% al 15% y de faltantes de pan de un 17,5% al 10%, así como en la mejora del nivel sigma, se evidenció que la principal problemática no radica en el desempeño del personal, sino en la ausencia de procesos estandarizados y en la falta de información estructurada para la toma de decisiones. Una de las principales lecciones es que la gestión basada en datos permite reducir la variabilidad del proceso, mejorar la planificación y disminuir pérdidas económicas. La aplicación del ciclo DMAIC facilitó la identificación de las causas raíz, demostrando que herramientas como el análisis de Pareto, el estudio de tiempos y el VSM permiten cuantificar el impacto real de las ineficiencias y priorizar acciones de mejora con mayor precisión. Se reconoce como aprendizaje relevante la importancia de integrar el conocimiento empírico del personal con herramientas técnicas, ya que la experiencia del panadero resulta clave para interpretar el comportamiento de la demanda, complementando con información objetiva que permita tomar decisiones más acertadas. En este contexto, la implementación desarrollada en Python evidenció que la automatización del registro de producción, ventas, pedidos y un sistema de pronóstico, fortalece la trazabilidad del proceso y reduce la dependencia de estimaciones informales. A nivel operativo se sugiere continuar con la estandarización de las actividades productivas, definiendo procedimientos claros para la planificación, producción y control diario, así como mantener el uso de indicadores como los niveles de sobrantes y faltantes para monitorear el desempeño del proceso. Además, es muy importante el registro de la información, ya que la calidad de los datos impacta directamente la efectividad de las decisiones.

A nivel tecnológico, se recomienda garantizar la sostenibilidad del sistema mediante su uso continuo, la actualización en cierto periodo de tiempo de la base de datos y la capacitación del personal en el manejo de la herramienta, asegurando que los usuarios actuales y nuevos comprendan su correcto funcionamiento. Se sugiere continuar desarrollando el sistema incorporando mejoras como mayor precisión en los modelos de pronóstico a medida que se acumulen datos históricos, y la integración completa con los módulos de inventario y facturación, con el fin de consolidar una solución integral para la gestión de la empresa. A nivel académico, se

recomienda que futuros trabajos profundicen en el análisis del impacto de la digitalización en microempresas del sector panadero, así como en la aplicación de modelos de pronóstico más avanzados que permitan mejorar la exactitud de la planificación.

Conclusiones

La implementación del ciclo DMAIC de la metodología Lean Six Sigma permitió abordar de manera estructurada el análisis del proceso productivo de la panadería Richs, facilitando no solo la identificación de las principales causas de ineficiencia, sino también la comprensión del funcionamiento del sistema productivo. A partir de la aplicación de herramientas como el SIPOC, el VSM actual, el diagrama de Ishikawa y el análisis de indicadores como DPU, DPO y nivel sigma, se logró evidenciar que la variabilidad del proceso estaba directamente relacionada con la ausencia de estandarización y con la toma de decisiones basada en la experiencia. El enfoque metodológico permitió transformar un proceso empírico en uno analizado bajo criterios técnicos, generando una base sólida para la formulación de acciones de mejora orientadas a la reducción de desperdicios y al control del desempeño del proceso.

El desarrollo de la aplicación en Python representó un elemento clave dentro de la implementación de las mejoras, al permitir la integración del registro de producción, ventas y análisis de datos en un entorno digital estructurado. Esta herramienta contribuyó a la estandarización del proceso productivo al formalizar el manejo de la información, garantizando mayor confiabilidad en los datos utilizados para la toma de decisiones. El sistema incorporó funcionalidades de validación, control de acceso por roles y visualización de información relevante, lo que facilitó el seguimiento de indicadores y el control operativo diario. Se logro pasar de un modelo de gestión basado en la intuición a uno soportado en datos, fortaleciendo la capacidad de respuesta del proceso frente a la variabilidad de la demanda.

La evaluación de los resultados obtenidos permitió evidenciar una mejora en la eficiencia operativa del proceso productivo, reflejada en la reducción de la sobreproducción del 27,5% al 15% y de los faltantes del 17,5% al 10%, lo que indica un mejor ajuste entre la producción y la demanda. observó una disminución en las pérdidas económicas mensuales, lo cual representa un impacto positivo en la rentabilidad del negocio. El incremento del nivel sigma hasta valores cercanos a 2,8 evidencia una reducción en la variabilidad del proceso, observando la importancia de la sostenibilidad del sistema para seguir mejorar los resultados con el tiempo.

Bibliografía

Abanto Mendieta, Y., & Álvarez Valderrma, M. (2021). *"Herramientas de Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en la panadería Gemmas S.A.C"* [Trabajo de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.12759/8900.

Acosta Argote, C. (2024, 17 de octubre). *El consumo per cápita de pan de los colombianos asciende hasta los 22 kilogramos*. La República. https://www.larepublica.co/empresas/consumo-de-pan-en-colombia-3977301

Arévalo Montaña, D., Gamboa Silva, S., Gonzalez Arévalo, J., & Orjuela Cortes, P. (2021). *Hábitos de consumo de pastelería saludable* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. http://hdl.handle.net/10882/10933

Bustamante, T., Hikaru, K., Pecho, C., & Evelyn, F. (2024). *Propuesta de mejora mediante herramientas Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de producción en una empresa del sector panadero* [Trabajo de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional. http://hdl.handle.net/10757/675459

Carrillo, J., Porras, L., & Carvajal, G. (2020). *Elaboración de productos reposteros a base de harina de almendra de mango*. [Trabajo de grado, Fundación Universitaria los Libertadores]. Repositorio Institucional https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/b58eca28-916d-48c8-8668-593bd14e8191/content

Cevallos Macías Raúl Darwin, & Naranjo Vargas Eugenia. (2021). Como aplicar Six Sigma en microempresa de comida rápida. Buscando formas de sostenibilidad y sustentabilidad. E-IDEA Journal of Engineering Science, 3(8), 11–21. https://doi.org/10.53734/esci.vol3.id211

Chara, J. (2022). *Identificación De Estrategias De Mejora y Estandarización Del Proceso De Producción Para La Panadería "El Palacio Del Pandebono" Mediante La Filosofía Manufacturing y Estudio De Métodos y Tiempos* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria de Popayán]. Repositorio Institucional https://fupvirtual.edu.co/repositorio/files/original/a76f343aee04254b8b6d488bc8e61839edcab92b.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025). *Encuesta de Micronegocios (EMICRON) Panaderías y tiendas de barrio*. https://www.dane.gov.co/files/operaciones/EMICRON/bol-EMICRON-PanaderiasTiendasBarrio-2023.pdf

Devia Toro, J. (2023*). Propuesta de un plan de responsabilidad social empresarial mediante la norma ISO 26000 para la panadería y pastelería Leal* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/48937

Freire Valencia, J. (2025). *Sistema informático aplicando Python para la gestión de productos con series de tiempo en la panadería y pastelería Flor de Cebada* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/43389

García, S., & Lozano, R. (2016). *La gestión del marketing frente a las nuevas tendencias de consumo: el caso de los productos de panadería en Bogotá*. Ediciones Universidad Central

Martínez, I., Guevara, I., Cruz, J., Heredia, R., & Osio, D. (2024). Desarrollo y Validación de un Modelo Lean Six Sigma como Método de Mejora Continua en las PyMes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(5), 9131–9152. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14302

Menacho, O., Ancelmo, J., Novoa, C., Angel, J. M., De, T., Cruz, L., & Luis, E. (2023). *Estandarización del proceso de producción de cerveza empleando herramientas de Lean Six Sigma en sector cervecero* [Trabajo de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/671855/Osorio_MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mohammad Anowarul, & Faysal Ahmed. (2025). Python for data analytics: a systematic literature review of tools, techniques, and applications. https://www.researchgate.net/publication/385805476_Python_For_Data_Analytics_A_Systematic_Literature_Review_Of_Tools_Techniques_And_Applications

Murillo Ponce, J. (2024). *Implementación de una aplicación informática para la gestión administrativa de la panadería Latinpan* [Proyecto de titulación, Universidad Estatal del

Sur de Manabí]. Repositorio Institucional. http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6559

Pazmiño Rodriguez, D. (2024). *Optimización de la gestión de calidad en la panadería Gusto y Deleite a través de la aplicación de la norma ISO 22000* [Proyecto de investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Repositorio Institucional. https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/6304

Ramos Caicedo, B. (2022). *Sistema de reconocimiento y conteo de productos de panadería* [Trabajo de Grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/10495/30264.

Renza Oviedo, E., & Vázquez Panezo, C. (2023). *Análisis de las tendencias e influencias de consumo en las panaderías artesanales en Cali* [Trabajo de grado, Universidad Libre]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/10901/27702

Reyes, L., & Bayona, N. (2025). *Diagnóstico y reducción de desperdicios aplicando Lean Manufacturing en dos empresas de panadería y carpintería en Ibagué* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional. https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/7760a68e-310c-4125-8a28-760b677a20d9/content

Robles, F., Sixtos, C., & Troncoso, A. (2025). Una Propuesta para la Implementación de la Metodología 5S en Microempresas del Sector panadero. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, *7*(2), 35–42. https://doi.org/10.17981/bilo.7.2.2025.04.

Roncancio, P., & Cabeza, D. (2023). *Diseño de propuesta de mejora para el proceso de producción en la panadería Ruby mediante un estudio de métodos y tiempos* [Trabajo de monografía, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Instituciona.l https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/97ab5937-0f33-4b22-ba9f-62d74f4c54d0/content

Silva Rubio, L., Chacón Prieto, Y., Beltrán Lugo, H., Abril Aguilar, J., & Ramos Muelas, D. (2022). *Plan de mejora sobre la estrategia de responsabilidad social empresarial para la panadería y pastelería Santa Isabel* [Trabajo de diplomado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/48937

Sinche, M.A (2024). *PlImpacto de la falta de estandarización en los procesos, costos y dosificación de las recetas elaboradas en la pastelería y cafetería San Fernando's en el período 2021 - 2023*. [Trabajo de grado, Universidad San Ignacio De Loyola]. Repositorio Institucional. https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1c9d0d15-81af-4594-adef-1f356323c240/content

Vélez Osorio, I. (2021). *Innovación en producto y método comercial en el sector panificador*: Lecciones de las mipymes de Cali, Colombia, 2018. Revista Nacional de Administración, 12(1), e3256. https://doi.org/10.22458/rna.v12i1.3256

Villalva Guevara, M., Cevallos Hermida, C., Moreno Guerra, A., & Salazar Yacelga, J. (2024). *Panadería moderna en el cantón Riobamba: Enfoque científico en innovación de ingredientes, recetas y sostenibilidad*. Polo del Conocimiento, 9(1), 1098–1127. https://doi.org/10.23857/pc.v9i1

Anexos

Anexo 1

Entrevista a Gerente General de Panadería Richs

- ¿Hace cuánto funciona la panadería?

  Más de 30 años.
- ¿Cuántos empleados tiene actualmente?

  Pues fijo son 5, pero vienen otras personas a turnos, los fines de semana.
- ¿cuántos encargados en producción hay?

Entre dos, tres. Hay dos en producción de lo que es panadería que es la parte de amasado y todos los procesos para la transformación de materia prima al pan moldeado y otro en la parte de hornear.

- ¿Cuáles son los productos principales de acá de la panadería?

  Lo que es lo de panadería y pastelería y refrigerios para empresariales.
- ¿Con qué frecuencia tiene problemas de desperdicio la panadería?

Hay veces que queda de pronto pan, pero digamos que no es porque este dañado sino porque este de pronto duro, cuando hace mucho calor, digamos cuando este en época de verano uno tiene que hacer más poquito pan porque por ejemplo hace unos roscones en la mañana y usted viene por la tarde Y dice uy ese pan esta duro pero no es que el pan este viejo sino es del mismo calor, el pan se pone rápido o duro, entonces lo utilizamos para hacer torta de pan O sea por lo menos con el pan francés cuando queda que es tostado se hace miga de pan que la gente utiliza para otras cosas, y cuando no pues lo donamos hay un hogar de abuelitos por allá y ellos lo llevan les hacen nos han contado no les hacen sopa les hacen torta también hacen cosas entonces pues no se desaprovecha.

- ¿En qué horario se tiene mayor demanda?

En la mañana de 6 de la mañana por ahí a 10 de la mañana y por la tarde como 4 en adelante, como hasta las 8 de la noche pasadas.

- Hay retroalimentación de los clientes digamos un buzón de sugerencias de quejas.

  No hay buzón de retroalimentación
- ¿Cómo manejan el inventario de materias primas?

No tenemos un sistema, simplemente lo normal que se hace pan y entrega para la venta, pero no tenemos como tal un inventario. Es un trabajo que hay que hacer.

- ¿Qué dificultades llegan a presentar con los proveedores?

Pues en este momento tenemos buenos proveedores o sea que sí o sea todos o sea uno hacen pedidos o cumplidos cada uno tiene como como las rutas entonces yo pienso que con los proveedores no tenemos ahorita eso de pronto cuando hay sitios que no manejan los mismos proveedores siempre sino que están cambiando que porque este más barato que porque por acá que por allá eso ya tiene como establecido por lo menos aquí hay dos cosas de huevos y todos le ofrecen a uno huevos pero de pronto salen y se van y queda uno sin el proveedor del huevo. En cambio, uno ya sabe que vienen dos rutas de huevos, digamos que la una pasa el martes y que la otra pasa el viernes y uno ya juega con los proveedores y son fijos, o sea, pase lo que pase están ahí.

- ¿Proveedores de materia prima?

  Huevos, harinas, margarinas, quesos y azúcar que es como lo más principal.

- ¿Aquí cómo se organizan los turnos de trabajo?

Hay turnos de 8 horas y hay turnos partidos y hay turnos que son esporádicos, digamos que solamente viene en la mañana las horas que son de más movimiento, 4 horas, 3 horas. Es que aquí hay varios chicos que son de universidad. entonces uno por ejemplo hay un chico que solo puede venir los jueves que eso es su día libre y digamos los viernes por la tarde otros no pueden venir entre semana sino solamente vienen los fines de semana entonces uno trata de cómo darle descanso a los que están fijos el fin de semana y aprovecha los chicos que es de la universidad los fines de semana Es un poquito complejo, cierto, haciendo usted cuadro de turnos porque le dicen a uno que sí, que sí pueden y resulta que es que no pueden, que tienen un trabajo, que no sé qué, entonces queda uno. Sí, ustedes a veces nos ponen a agregar.

- ¿Ustedes tienen un registro contable o lo llevan de manera informal?

  No, hay una contadora que maneja la información.

- ¿Qué considera que son las principales fortalezas de la panadería?

Las principales fortalezas, es la disciplina en que la panadería siempre está abierta a la hora temprano, siempre la gente sabe que la panadería siempre está abierta que encuentra lo que necesita, antes todo cerrado y la única opción donde pueden comprar es acá. La calidad de los

productos estamos en el trabajo de la mejora del servicio al cliente, pero pienso que hay de todas maneras a pesar de falencias que puede haber se puesta un buen servicio.

- ¿Cuáles son las debilidades o problemas que más afectan la operación diaria o en el proceso?

En el proceso, de pronto a veces que alguien no venga a trabajar. Llevar como un control de la producción porque ellos necesitan saber que necesitan hacer cada día también pues darle mejor a la atención al cliente también es como mucha publicidad le hace falta a pesar de que ya se ha implementado todavía se sigue requiriendo. Hace falta más promociones pienso yo, a través de eso, más asuntos. También como implementar los protocolos de ciertos pasos que ya tenemos, pero hay que igual estar estructurado para, si hay alguna falencia, recurrir y saber que debemos hacer.

Es que nosotros habíamos tomado como problema principal, digamos que no se tenía en cuenta, digamos la producción con la demanda, entonces digamos a ciertas horas ya no había producto para los clientes, no sé si ese sea un problema que se presente. digamos como a las 7 de la noche ya no hay porque hay una demanda grande entre las 4 y digamos 6 de la tarde.

Pues hay veces, pero es muy raro porque tratamos de que por lo menos en la tarde que es cuando más ejemplo después de las 5 de la tarde se viene y sale pan caliente entonces digamos que cuando a veces llueve y eso digamos que hay veces muy pocas veces que a las 8 de la noche la panadería está pelada que ya no hay pan qué, pero igual uno le dice a la gente el pan acá a las 6 de la antes de las 6 de la mañana ya hay pan caliente entonces mucha gente dice. Ay Bueno entonces mejor vengo por la mañana que está calientico cuando son de por acá cerca no pero se ha ocurrido que de pronto vengan y se haya acabado pero no es como tal problema es como tal más casual yo pienso que más bien De pronto decía que ellas a mi esposo como como organización en algunos productos que si vienen a buscar y que no hay y que son importantes digamos que por lo menos él hace la torta de mazorca él hace el pan saludable que más lo posee la torta de banano cosas así el pan de la abuela entonces yo le decía hay que colocar algo que el mirara cuando se acabó y cómo va a cuadrar para que cuando venga el cliente porque de pronto hoy usted vino y llevó el pan saludable pero entonces ese pan no lo hacemos todos los días porque es un pan que no sale así o sea sale pero como es un pan más costoso entonces todo el mundo no lo lleva entonces digamos que un decir hagámoslo cada tercer día tampoco es que dure más de tres días no pero que

es más o menos cada tercer día porque usted de pronto lo llevó y ya se le acabó y usted viene y ay no hay cuando vuelve a salir cuando vuelve a salir entonces cuando yo estoy yo les digo digamos no mañana y yo rápido le digo amor para mañana yo le dije a la gente que había el pan pero si de pronto están los empleados y le dicen ellos le van a decir ay yo no sé porque es que ese pan es el que lo hace Don Luis entonces yo no sé hay una falencia porque no puede depender de que le digan de que le respondan eso al cliente es que yo no sé cuándo lo hacen no sé qué y lo mismo la torta de mazorca de la torta de mazorca de pronto por lo menos ayer fuimos a la plaza y traemos la mazorca es que a veces uno no consigue buena mazorca para hacer la torta si por lo menos por acá a veces esas mazorcas todas feas que las granan y eso no tiene como eso y eso hace que la torta no quede igual entonces en la plaza que hay un señor que tenemos ya el tiro de la mazorca buena Entonces uno la compra allá pero Entonces digamos que la también es hacerla lo mismo yo le decía lo mismo cada tercer día porque hay gente que viene de lejos buscando la torta de mazorca a mí me ha pasado y llegan y yo me siento no se mal y me viene de lejos que le encargaron su torta de mazorca y no está Sí ahí eso esa parte está falta de a mejorar.

Pero digamos en cuanto a los otros productos ustedes si planifican la demanda, digamos ustedes dicen todos los días se van a hacer tanto de este pan, de esto.

Pero por lo menos con el hojaldre, lo mismo cuando horneamos por lo menos los hojaldres y todo, uno ya más o menos sabe que en la mañana saca de pronto 15 o 20 hojaldras, que si se acabó vuelve y uno saca. pero pues la idea o sea uno trata de que todo lo que se saque sea como del día o sea que lo que sobre sea muy poco sí, pero en lo posible todo lo de hojal de todo eso que porque es que son cosas que por el calor o con algo se puede dañar por lo menos una hojaldra de pollo, un croissant por el jamón entonces correr riesgos sí entonces uno trata de que de que lo posible pues ahí solo es en los sacar y hornear y listo. Entonces como que esté como rotando fresco.

- ¿Qué problemáticas podríamos tratar?

Lo de los meseros que estábamos haciendo el protocolo de atención. Primero un protocolo para atención al cliente. Que ya tenga establecido un manual de funciones. Porque eso sí se presentan muchas cosas que por lo menos el uno dice no es que eso no me toca a mí eso le toca de la tarde, pero a mí no me ha tocado eso, pero así y entonces no, pero porque a mí siempre me toca porque todo no lo hacen sin sí. Entonces digamos que todos los que terminan el turno en la mañana o en la tarde deben dejar todo limpio incluyendo el baño entonces un día le dijimos a

una chica, ay pero es que mire, no pues cuando se vaya la otra del turno tiene que entregar igual tiene que entregarle tanto usted limpio a los otros como nosotros a los otros si eso y lo otro es que dañan cosas y entonces nadie fue nadie fue por lo menos ahorita yo no estuve una semana y llegué y encontré una licuadora nueva de vaso de vidrio rota me rompieron el vidrio el vaso quién fue no que yo cuando la cogí estaba buena y la otra que yo la lave pero que cuando yo le quité la tapa salió el pedazo del vidrio, así como tal y ahí se quedó entonces como que no y es que se perdió el mezclador de la cocina, pero cómo se puede perder si ustedes son las que uno maneja o sea me pagan o sea yo lo compro, pero entonces a la próxima me lo pagan, pero entonces como establecer esas cosas porque entonces no nadie ahí si nadie dice, pero si alguien se responsabiliza. Yo creo que se presenta en todo lado, pero eso es un karma con ellos. Sería entonces implementar un proceso para ellos al momento de producir el pan, como ellos gestionan toda la materia prima hasta que la convierten en pan. O sea que ellos tengan muy claro que deben de hacer.

- ¿Tienen planilla de producción?

No tenemos una planilla de producción, que uno les ponga diario, digamos uno escribe en una hojita, este es el pan que hay que hacer hoy, que no sé qué, pero no, no tiene como tal una planilla que diga, de pan de tal, hacer 5, de eso es hacer 20 o de esto hacer 30, no la tenemos. No sé si entraría ahí ese tema.

- ¿Cuánto tienen que hacer de cada pan más o menos?

Al ojo, no hay como tal.

- ¿Cuáles son los días de más demanda?

Son los fines de semana y cuando son festivos, por lo menos cuando es semana santa, cuando es la temporada de navidad, cuando son fechas así es cuando más ahí se incrementa uno dice no hagamos más de esto hagamos más de esto, pero como tal que se tenga establecido pues como que.

- ¿Cuál es el pan que compran mas todos los días?

Los panes baguet y los panes pequeños los hojaldres eso es como lo que más y las tortas, pero pues es diferente no pero también se mueven bien las tortas, pero ahí no sé cómo sería organizar lo del proceso.

- ¿Tienen problemas de calidad al realizar como panes dañados?

Si salen dañados en el sentido si salen panes por lo menos esta semana que pasó yo creo que sería como la estandarización de los productos más bien en esa parte si nos podría, la formulación y estandarización de cada producto para que no cambie el producto, Si lo hace usted o lo hace usted, el pan debe salir igual.

Porque mire, no estuvimos, eso también pasó. Y llegamos y encontramos el pan baguet de acá, es uno de los productos bandera que la misma gente dice que viene, que no consiguen el pan pague, que me preguntaba que John pan que hay por acá, que, por allá, una señora vive para allá, para el lado de John pan y ella viene hasta acá. Porque ella dice que el pan baguet de acá es mucho, si, lo mejor. y entonces y cuando llegamos esa semana esos Pan baguet eran como es casi todos flaquitos Dios mío y dije pero que le pasó al Pan baguet o sea que pasó con el pan baguet si llevamos cuánto haciendo el pan baguet y porque salió así entonces por lo menos le dijimos al chico de panadería alivio para que por favor revise que le pasó al pan baguet revise a ver si fue que le quedó sin azúcar falta de levadura, bueno que revise que proceso le quedo mal porque está quedando el pan así y por lo menos en las Santo Tomás llevan ese pan para hacer los paninis que lleven allá y ella no podía llevar ese pan porque ella no tiene que abrir para rellenar y eso flaquito entonces no se podía Entonces, la gente siempre le echa la culpa, que la harina, que es el horno, que la mantequilla, pero no acepta, venga, voy a revisar a ver si queda en el proceso, pues bueno, sí, no lo está culpando, le está diciendo revise que puede haber sido lo que pasó. pero de una vez se indisponen y una vez dicen no eso fue eso es que la harina vino muy suelta eso fue no se que eso fue que no se cuenta eso fue que no lo dejaron en el cuarto eso fue que fue bueno revisemos puede ser también eso a veces pasa que la harina viene sin fuerza y no hace el proceso que debe hacer pero revisemos No Dios mío, soy día entonces la gente se pone brava y ahora sí ya volvió a salir entonces yo le dije y que era ayer le dije el pan francés volvió a salir bien como estaba saliendo me alegra que haya salido bien lo felicito entonces yo le dije que cree que puede haber sido y uno de que de pronto le di mucha máquina a la masa entonces yo le dije si mira pero entonces primero se ponen bravos sino que revisar entonces yo pienso que esa parte sí. Por lo menos algunos panes de pronto si no le dan el manejo adecuado en el cuarto se aplastan o si no pasan mucho tiempo en el cuarto se bajan. Si no le echan alguna cosa o las almojábanas y le ponen una temperatura que no es la almojábana se baja. todas esas cositas y eso sí yo diría que sería esa eso lo de proceso sería estandarización de la de las fórmulas y de la producción no sé si eso entra ahí.

- ¿Tienen estandarizado el proceso del pan tradicionalmente?

Exactamente, es muy manualito muy artesanal si muy tradicional exacto y si uno lo tuviera mejor organizado, usted puede no saber hacer pan, pero yo le digo me hace un favor mire le entrego esta fórmula, usted coge la fórmula y ya no tiene que pesar. Y que le tiene que dejar 10 minutos batiendo, ah 10 minutos batiendo, es como si, ya 10 minutos que al tanto le tiene que dar de horno a qué temperatura tiene que hornearlo porque si le cambia la temperatura pues todo cambia. Entonces no puede ser que yo, si yo no, por lo menos digo yo no puede ser que si uno no está, las cosas no salen bien. Tienen que salir este o no este tiene que dar bien.

La entrevista realizada a la gerente general de la panadería Richs permitió conocer a fondo el funcionamiento interno del negocio y las principales dificultades que enfrenta en su operación diaria. La panadería lleva más de treinta años funcionando y tiene un equipo estable de cinco empleados, aunque en los fines de semana se refuerzan los turnos con apoyo adicional. La panadería Richs no cuentan con un sistema formal para el manejo de inventarios ni con planillas de producción establecidas, ya que el control se realiza de forma empírica, lo cual puede generar desajustes entre la producción y la demanda. A pesar de tener buena relación con sus proveedores y materias primas de calidad, no hay una planificación clara de la cantidad de pan que debe elaborarse por jornada, lo que a veces causa que falten sus productos principales como el pan rollito, el pan rollito con bocadillo, el pan queso y el pan blandito en horas de alta demanda o que sobren en días de baja venta. La gerente Lucelly Ortiz también mencionó que uno de los principales retos es la falta de estandarización en los procesos, ya que la elaboración del pan sigue siendo muy artesanal y depende de la experiencia de cada operario. Esto ocasiona que, en ocasiones, algunos productos salgan con diferencias en tamaño, forma o textura, afectando la uniformidad del producto final, también se resaltó la importancia de implementar protocolos claros de atención al cliente y manuales de funciones, pues se presentan confusiones entre los empleados sobre sus responsabilidades dentro del turno. Por otro lado, se destacó como fortaleza la disciplina del personal, la calidad de los productos y la buena reputación que tiene la panadería en el barrio, ya que los clientes valoran el pan fresco y el servicio constante. También se observó que, aunque se generan desperdicios en algunos casos, estos son reutilizados o donados, evitando pérdidas considerables. En conclusión, la entrevista permitió identificar oportunidades claras de mejora relacionadas con la organización, la planificación de la demanda,

el control de inventarios y la estandarización del proceso productivo, aspectos que resultan esenciales para optimizar la eficiencia y mantener la calidad que distingue a la panadería Richs.

Anexo 2

Certificación de innovación generada en la gestión empresarial de la Panadería Richs

PANADERIA RICHS NIT. 11231241-1	RICHS DELICIAS QUE NUTREN

CERTIFICACIÓN DE INNOVACIÓN GENERADA EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL

El Ingeniero **VICTOR ANDRES RINCÓN GONZÁLEZ** Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio en compañía del Ingeniero (a) **JHON ALEXANDER GONZALEZ GARZON**, cómo tutores de los estudiantes **SANTIAGO ZAIR ROJAS CHITIVA C.C. 1123801019** y **MARIANA SALGADO BONILLA C.C. 1031421192** desarrollaron la mejora denominada **Estandarización del proceso de producción en la panadería Richs, sede Villavicencio, mediante herramientas Lean Six Sigma y la automatización en Python en el año 2026,** que le permiten a la compañía Panadería Richs, ejecutar y optimización de recursos que a continuación se describen:

DATOS IMPLEMENTACION INNOVACION EN LA GESTION EMPRESARIAL	
Fecha inicio proyecto	04 de agosto del 2025
Fecha final proyecto:	14 de abril del 2026
DATOS INNOVACION	
Nombre de la innovación:	Estandarización del proceso de producción en la panadería Richs, sede Villavicencio, mediante herramientas Lean Six Sigma y la automatización en Python en el año 2026
Fecha de creación:	10 de marzo del 2026
Descripción de la innovación:	La innovación implementada consiste en la estandarización del proceso de producción en la panadería Richs mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma y el ciclo DMAIC, complementada con el desarrollo de una herramienta digital en Python para el registro, control y análisis de la producción y ventas. Esta innovación permitió
Productos generados:	Como resultado de la innovación se logró mejorar la planificación de la demanda, reducir desperdicios asociados a sobrantes y faltantes, optimizar el flujo del proceso productivo mediante la toma de decisiones basada en datos- Se generó un sistema de control y registro digital en Python para el seguimiento de la producción y ventas, junto con un modelo de análisis del proceso productivo basado en herramientas Lean Six Sigma, se obtuvieron reportes de indicadores de desempeño como nivel de eficiencia, variabilidad del proceso y medición de desperdicios, así como la estandarización del proceso productivo de los productos principales de la panadería: pan rollito, quesito, rollito con bocadillo y pan blandito.
Nombre tutor empresa:	LUIS EFREN TRIVIÑO BARON
Cargo tutor empresa:	REPRESENTANTE LEGAL

En consecuencia de la mejora presentada, la compañía autoriza compartir la información en el marco del proceso de certificación de mejoramiento a partir de los lineamientos del Ministerio de Ciencia y

PANADERIA RICHS NIT. 11231241-1	RICHS DELICIAS QUE ALTREN

Tecnología en Colombia sobre esta innovación con la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio.

Esta certificación se expide a solicitud de los interesados el día 14 de abril del 2026 y es válida en todo el territorio colombiano.

Cordialmente,

LUIS EFREN TRIVIÑO BARON

REPRESENTANTE LEGAL