UIDE
Powered by
Arizona State University

ING. INDUSTRIAL

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniería Industrial

AUTOR: RODRÍGUEZ VÁSQUEZ BRYAN GERARDO

TUTOR: ING. MARIO CANDO CEVALLOS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA MATERIAS PRIMAS DE LA PANADERÍA Y PASTELERÍA "PAN DE CASA" UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS - ORELLANA

QUITO – ECUADOR | 2026

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **BRYAN GERARDO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



BRYAN GERARDO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **MARIO ISRAEL CANDO CEVALLOS**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma profesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por haberme brindado la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada etapa de mi formación académica, guiándome siempre en los momentos de dificultad y permitiéndome alcanzar este importante logro.

A mis padres, Wilson Rodríguez y Verónica Vázquez, por ser mi principal fuente de apoyo, amor y motivación constante. Su esfuerzo, sacrificio y dedicación incondicional han sido fundamentales a lo largo de mi carrera. Gracias por creer en mí, por acompañarme en cada paso y por ser el pilar que me impulsó a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi novia, Kelva Chacón, por su amor, comprensión y apoyo constante durante este camino. Gracias por acompañarme, brindarme ánimo en los momentos difíciles y creer siempre en mí. Tu compañía fue una gran motivación para alcanzar esta meta.

A mi familia en general, y de manera especial a mi tía Glenda Vázquez, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su compañía durante este proceso. Su presencia y respaldo fueron un aporte importante en la culminación de este objetivo profesional.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte fundamental de este logro.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mis padres, Wilson Rodríguez y Verónica Vázquez, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria. Gracias por los sacrificios realizados y por creer siempre en mí.

A mi familia, especialmente a mi tía Glenda Vázquez, por su respaldo y sus palabras de aliento durante este proceso.

A la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), al Ing. Mario Cando, por su orientación y acompañamiento brindados para el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, expreso mi gratitud a la Panadería y Pastelería Pan de Casa, por abrirme sus puertas y facilitar la información, el tiempo y la colaboración necesarios para el desarrollo del presente estudio.

Finalmente, agradezco a mis docentes, compañeros y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi formación académica y al cumplimiento de este objetivo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA ii

APROBACIÓN DEL TUTOR iii

DEDICATORIA iv

AGRADECIMIENTO v

ÍNDICE DE CONTENIDO vi

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN x

ABSTRACT xi

CAPÍTULO I 1

1.1. Tema 1

1.2. Introducción 1

1.2.1. Antecedentes 2

1.2.2. Delimitaciones 3

1.3. Planteamiento, formulación y sistematización del problema 4

1.3.1. Planteamiento del problema 4

1.3.2. Formulación del problema 5

1.3.3. Sistematización del problema 5

1.4. Objetivos 5

1.4.1. Objetivo General 5

1.4.2. Objetivos específicos 5

1.5. Propuesta de solución 6

CAPITULO II 8

2.1. Marco referencial 8

2.1.1. Fundamentación Teórica 8

2.1.2. Bases legales 17

2.1.3. Variable de estudio 18

2.1.4. Modelo teórico 18

2.1.5. Resumen del Marco Teórico 18

2.2. Metodología 19

2.2.1. Tipo y enfoque de la investigación 19

2.2.2. Diseño de investigación 21

2.2.3. Población y muestra 25
2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 26
2.2.5. Técnicas de análisis de datos 28
2.2.6. Procedimiento metodológico y fases del estudio 29
2.2.7. Aspectos éticos 38
2.3. Materiales y equipos 39
2.3.1. Materiales 39
2.3.2. Equipos 39
CAPÍTULO III 41
3.1. Diseño, simulación, construcción y/o implementación del sistema 41
3.1.1. Diseño del Sistema 41
3.1.2. Simulación del Sistema 48
3.2. Discusión de resultados 49
3.2.1. Reafirmación del objetivo del capítulo 49
3.2.2. Presentación de resultados 50
3.2.3. Caracterización descriptiva del inventario 50
3.2.4. Comparación con los objetivos 68
3.2.5. Comparación con la literatura 70
3.2.6. Análisis técnico 71
3.2.7. Análisis de desviaciones y limitaciones 72
3.2.8. Validación del modelo 73
3.2.9. Resumen de hallazgos clave 74
CAPÍTULO IV 76
4.1 Conclusiones 76
4.2 Recomendaciones 77
4.3 Bibliografía 79
Anexos 84
Anexo 1 84
Anexo 2 84
Anexo 3 88
Anexo 4. 103
Anexo 5. 104
Anexo 6. 119
Anexo 7 120
Anexo 8. 127

Anexo 9. 132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de los 2 modelos 11
Tabla 2. Recolección de datos por ingrediente 23
Tabla 3. Definición de la población y muestra del estudio de simulación 25
Tabla 4. Materiales utilizados en el estudio 39
Tabla 5. Equipos y software utilizados en el estudio 40
Tabla 6. Unidad de medida usada para cada materia prima 42
Tabla 7. Restricciones de vida útil y almacenamiento aplicadas 45
Tabla 8. Parámetros de la política (s,S) por materia prima 46
Tabla 9. Ajustes empíricos aplicados durante la calibración 47
Tabla 10. Estadísticos descriptivos del nivel de inventario por materia prima 51
Tabla 11. Estadísticos de Anderson-Darling (AD) por materia prima 53
Tabla 12. Métricas de eficacia del servicio por materia prima 64
Tabla 13. Análisis de capacidad respecto al punto de reorden (ordenado por % bajo ROP) 65
Tabla 14. Intervalos de confianza al 95 % de las métricas de servicio del sistema 73
Tabla 15. Equivalencias de conversión de unidades por materia prima 84
Tabla 16. Resumen de parámetros del sistema de gestión de inventario, catorce materias primas 88
Tabla 17. Fichas de cálculo de parámetros de inventario por materia prima 89
Tabla 18. Estadísticos de bondad de ajuste (Anderson-Darling) para nueve distribuciones candidatas, por materia prima 104
Tabla 19. Datos para la evaluación de la eficacia del servicio, por materia prima 119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques en Arena 32
Figura 2. Configuración módulo CREATE (Daily_Operation) 33
Figura 3. Configuración módulo ASSIGN (Assign_Daily_Demand) 33
Figura 4. Configuración módulo DECIDE (Check_Stock) 34
Figura 5. Configuración módulo ASSIGN (Fulfill) 34
Figura 6. Configuración módulo ASSIGN (Assign_Stockout) 34
Figura 7. Configuración módulo RECORD (Record_Stockout). 35
Figura 8. Configuración módulo DECIDE (Check_ROP) 35
Figura 9. Configuración módulo ASSIGN (Place_Order) 35
Figura 10. Configuración módulo DELAY (LeadTime) 36
Figura 11. Configuración módulo ASSIGN (Receive_Order) 36
Figura 12. Configuración módulo RECORD (Record_KPIs) 36
Figura 13. Configuración módulo READWRITE 37
Figura 14. Ingredientes con histogramas de patrón uniforme 57
Figura 15. Ingredientes con histogramas de patrón sesgado hacia valores altos 60
Figura 16. Ingredientes con histogramas de patrón sesgado hacia valores bajos 61
Figura 17. Ingredientes con histogramas de patrón bimodal (Leche) 62
Figura 18. Prueba de bondad de ajuste — Leche 63
Figura 19. Carta de control del azúcar 66

Figura 20. Carta de control de la leche 67
Figura 21. Gráfico de dispersión media del inventario vs. CSL pct 68
Figura 22. Instrumento de entrevista semiestructurada aplicado al propietario 87
Figura 23. Estadísticos descriptivos del nivel de inventario obtenidos en Minitab.....103
Figura 24. Gráficas de probabilidad para la identificación de distribución, por materia prima.
.....118
Figura 25. Informes de capacidad del proceso respecto al punto de reorden, por materia prima
.....126
Figura 26. Gráficas de control Xbar-R del nivel de inventario, por materia prima.....131
Figura 27. Prueba t de una muestra para las métricas de servicio del sistema 132

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo diseñar un sistema de gestión de inventarios para las materias primas de la Panadería y Pastelería Pan de Casa, ubicada en La Joya de los Sachas, Orellana. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental transversal; inició con el diagnóstico de los procedimientos de compra, almacenamiento y reposición, los cuales se realizaban sin registros sistemáticos ni parámetros técnicos. Se analizaron catorce materias primas a partir de sus niveles de consumo, variabilidad de la demanda, costos, vida útil y tiempos de entrega. La demanda se representó mediante distribuciones triangulares; posteriormente, se calcularon el stock de seguridad, el punto de reorden, la cantidad económica de pedido y el nivel máximo de inventario para estructurar una política (s,S). El modelo se evaluó en Arena mediante treinta réplicas independientes de noventa días; los datos obtenidos se procesaron en Excel y Minitab con estadística descriptiva, análisis de capacidad, gráficas de control e intervalos de confianza. El sistema alcanzó un nivel medio de servicio del ciclo de 96,73 % (IC 95 %: 96,57–96,88), superior al objetivo de 95 %; la tasa de cumplimiento de la demanda fue de 91,08 % y la disponibilidad simultánea de los catorce insumos llegó a 78,82 %. El nivel de servicio se alcanzó de manera eficiente en trece de las catorce materias primas; únicamente la harina presentó un sobredimensionamiento del inventario, mientras que la leche, la mantequilla y la pasta de chocolate evidenciaron oportunidades de mejora mediante la recalibración de sus parámetros de reabastecimiento. La política propuesta proporcionó criterios cuantitativos para determinar cuándo comprar y cuánto solicitar; no obstante, su aplicación permanente requiere ampliar los registros históricos de demanda, incorporar los precios reales de compra y revisar periódicamente los parámetros según el comportamiento operativo de la panadería.

Palabras clave: gestión de inventarios; política (s,S); materias primas; simulación de eventos discretos; nivel de servicio; panadería y pastelería.

ABSTRACT

The objective of this study was to design an inventory management system for the raw materials of the Pan de Casa Bakery and Pastry Shop, located in La Joya de los Sachas, Orellana. The research was applied, with a quantitative approach and a cross-sectional, non-experimental design. It began with a diagnosis of the purchasing, storage, and replenishment procedures, which were carried out without systematic records or technical parameters. Fourteen raw materials were analyzed based on their consumption levels, demand variability, costs, shelf life, and delivery times. Demand was represented using triangular distributions. Subsequently, the safety stock, reorder point, economic order quantity, and maximum inventory level were calculated to structure a policy (s,S). The model was evaluated in Arena using thirty independent replicates of ninety days each. The data obtained were processed in Excel and Minitab with descriptive statistics, capability analysis, control charts, and confidence intervals. The system achieved an average cycle service level of 96.73% (95% CI: 96.57–96.88%), exceeding the target of 95%. The demand fulfillment rate was 91.08%, and the simultaneous availability of the fourteen inputs reached 78.82%. The service level was efficiently achieved for thirteen of the fourteen raw materials; only flour showed an overstock, while milk, butter, and chocolate paste revealed opportunities for improvement through recalibration of their replenishment parameters. The proposed policy provided quantitative criteria for determining when to purchase and how much to order; however, its ongoing implementation requires expanding historical demand records, incorporating actual purchase prices, and periodically reviewing the parameters based on the bakery's operational performance.

Keywords: inventory management; (s,S) policy; raw materials; discrete-event simulation; service level; bakery and pastry shop.

CAPÍTULO I

1.1.Tema

Diseño de un sistema de gestión de inventarios para materias primas de la panadería y pastelería “pan de casa” ubicada en la Joya de los Sachas – Orellana.

1.2.Introducción

La gestión de inventarios ha podido constituirse como un componente crítico dentro de cualquier sistema de servicio y producción. En los sistemas de producción, sobre todo en el sector alimenticio, tener una apropiada rotación de materias primas es fundamental para poseer una conservación de productos, sobre todo aquellos que sean perecederos, pues requieren un control alto en su rotación. Con base en esto, la panadería y pastelería “Pan de Casa”, ubicada en el cantón La Joya de los Sachas, en la provincia de Orellana, ha podido enfrentar diferentes desafíos, en especial aquellos que están vinculados a registros, seguimiento y abastecimiento de productos, que son clave para las jornadas de trabajo diario. La ausencia de un sistema estructurado de inventarios ha llegado a provocar inconsistencias en el manejo de información, con lo cual se afecta significativamente la planificación de producción y la calidad en los productos finales. Este tipo de problemas sugiere la necesidad de poder diseñar hoy un tipo de modelo integral que pueda permitir una optimización de los flujos de los materiales.

Las ventas diarias de productos que se tienen en la panadería exigen que se adapten y diseñen herramientas de gestión que puedan garantizar una eficiencia en la rotación y operación de productos para minimizar pérdidas. En la actualidad, la empresa opera bajo procedimientos manuales, lo que llega a limitar la trazabilidad de los insumos y dificulta la identificación de niveles críticos en el inventario. Este tipo de limitaciones puede llegar a derivar en inconsistencias en el stock, generando un sobreabastecimiento o desperdicios de productos. Un diseño conveniente de un sistema de gestión de inventarios puede permitir que se estructure un tipo de metodología para mejorar los procesos de clasificación y rotación.

La implementación de un sistema de gestión implica una serie de procesos como el desarrollo de registros, la integración con parámetros cuantitativos que puedan facilitar una planificación de aprovisionamiento y la evaluación del desempeño. Este tipo de diseños también requiere que se identifiquen flujos de entrada y salida, además de características en las materias primas, como el tiempo de reposición. Para la empresa, disponer de un sistema de inventarios le permitirá un control preciso de insumos como harina, azúcar, levadura entre otros, que son productos principales de su cadena de servicio.

El presente estudio se orienta al diseño de un sistema de gestión de inventarios para las materias primas de la Panadería y Pastelería Pan de Casa, basado en parámetros técnicos de control y reabastecimiento que permitan mejorar la disponibilidad de insumos y fortalecer la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento. La propuesta se sustenta en fundamentos teóricos de gestión de inventarios, logística, administración de operaciones y modelos cuantitativos de control, complementados con herramientas de simulación que permiten evaluar el desempeño del sistema propuesto bajo condiciones de demanda variable.

1.2.1. Antecedentes

En el estudio realizado por [1], analizaron la planta lechera Concelac la cual presentó ciertas deficiencias en los métodos de compras, ocasionando alteraciones en la gestión de inventario, lo que evidenció un bajo nivel de eficiencia de aproximadamente el 37,5%. Para poder enfrentar estas situaciones, se implementó un sistema de gestión de inventarios, el cual estuvo apoyado en la utilización de un software especializado. El alcance era correlacional y el diseño cuasiexperimental, con lo que lograron evaluar el efecto que tendría la intervención en el área de la logística de aprovechamiento. Se aplicaron metodologías de pronóstico de comercios como EOQ, JIT, MRP juntamente con la homologación de los proveedores, además del diseño de un nuevo flujo de procesos para la empresa. Tras la implementación, se puede analizar que la eficiencia logra aumentar a un 84,38%, comprobándose que este tipo de propuesta mejoró significativamente la gestión en el área de la logística y la capacidad de atención que tenía la planta frente a la demanda en el mercado.

La investigación presentada en [2] se centró en poder diseñar un modelo de inventarios para mejorar la administración en la zona de almacén y compras de seguridad del Cauca LTDA. Se realizaron diagnósticos de los procesos de entrega de dotación, además de una identificación de falencias y fortalezas por medio de una matriz FODA. Las estrategias resultantes permitieron integrar ciclos PHVA que permitirán. Además, se logró definir un control de inventarios, se pudo determinar el método UEPS como el mejor para esta empresa. Finalmente lograron desarrollar un modelo de inventarios de revisión continua que permitía una optimización del flujo de dotación realizando finalmente una evaluación financiera de la empresa.

Según [3] se tenía como fin poder diagnosticar el estado de la empresa, además de diseñar un sistema de gestión basado en procesos de administración de inventarios en una ferretería “Quiroz”, ubicada en la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo. Para ello

emplearon una metodología cuantitativa-descriptiva no experimental, realizando encuestas al personal. El resultado que obtuvieron evidenció que tenían deficiencias en el control de distintos productos. En respuesta a todo eso, lograron desarrollar un sistema de gestión por procesos que permitió optimizar el control de inventarios. Finalmente, lograron elaborar un manual de procesos para el departamento de bodega, además de establecer ciertas políticas formales en la gestión de inventario.

En [4] se abordó un diseño de gestión para inventarios en un restaurante en la provincia de Manabí, con el objetivo de que se puedan reducir costos de aprovisionamiento y mantenimiento. En los estudios realizados, se identificaron pérdidas que se generaban por productos dañados, caducados y por una falta de inventarios, que fueron en sí los principales problemas del sistema actual que se tenía. La metodología se estructuró en 6 fases orientadas que permitieron adaptar sistemas de necesidades operativas al restaurante. Propusieron una utilización de licencias para el software PQ, para realizar un seguimiento, control y registro de los inventarios. Este sistema que diseñaron les permitió optimizar el manejo de materias primas y suministros, con lo que evitaron compras excesivas e ineficientes. Además, llegaron a contribuir a mejorar los tiempos de aprovisionamiento junto con la disponibilidad de los productos. Por lo que este modelo logró fortalecer la eficiencia operativa y la sostenibilidad en los procesos que se tenían en los inventarios.

1.2.2. Delimitaciones

1.2.2.1.Delimitaciones temporales

El proyecto se desarrollará durante las semanas de clases de 8.º semestre en la carrera de Ingeniería Industrial, en las cuales se desarrollarán las actividades propuestas.

1.2.2.2.Delimitaciones Geográficas

El estudio se realizará exclusivamente en la panadería y pastelería “Pan de Casa”, que se encuentra en el cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, Ecuador. En la que se considerarán sus instalaciones, procesos productivos y proveedores de insumos.

1.2.2.3.Línea de investigación

La propuesta está enmarcada en la línea de investigación Empresa e Innovación, ya que busca mejorar la disposición de insumos, mediante un diseño de un sistema de inventarios eficiente, optimizando recursos y fortaleciendo la competitividad de la microempresa.

1.3.Planteamiento, formulación y sistematización del problema

1.3.1. Planteamiento del problema

Actualmente, la Panadería y Pastelería Pan de Casa, ubicada en el cantón La Joya de los Sachas, desarrolla sus actividades productivas sin contar con un sistema formal de gestión de inventarios para el control de sus materias primas. Durante el diagnóstico realizado se identificó que las decisiones de compra y reposición de insumos se efectúan de manera empírica, basándose exclusivamente en la experiencia del propietario, debido a que la empresa no dispone de registros históricos sistemáticos del consumo ni de parámetros técnicos que permitan determinar el momento oportuno para realizar un pedido o la cantidad adecuada a adquirir.

La entrevista aplicada al propietario evidenció que el control del inventario se realiza de manera visual y que no existe un sistema de pedidos basado en criterios técnicos. Asimismo, el propietario manifestó que se han presentado desabastecimientos ocasionales de insumos críticos cuando surgen pedidos no previstos y es necesario producir con las existencias disponibles, afectando la continuidad del proceso productivo. Además, la ausencia de parámetros técnicos de control incrementa el riesgo de mantener niveles de inventario superiores o inferiores a los requeridos, especialmente en materias primas perecibles, dificultando el uso eficiente del espacio de almacenamiento y la planificación del abastecimiento.

Adicionalmente, la empresa no dispone de herramientas que permitan analizar el comportamiento de la demanda ni establecer niveles adecuados de stock de seguridad, puntos de reorden o cantidades óptimas de compra. Esta limitación dificulta la planificación del abastecimiento y reduce la capacidad de respuesta ante las variaciones normales de la demanda.

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar un sistema de gestión de inventarios basado en parámetros cuantitativos de control y reabastecimiento que permita mejorar la disponibilidad de materias primas, reducir el riesgo de faltantes y proporcionar una herramienta técnica para la toma de decisiones relacionadas con las compras y el abastecimiento de la panadería.

1.3.2. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño de un sistema de gestión de inventarios basado en parámetros técnicos de control y reabastecimiento podrá mejorar la disponibilidad de materias primas en la Panadería y Pastelería Pan de Casa, ubicada en el cantón La Joya de los Sachas?

1.3.3. Sistematización del problema

¿Cuál es la situación actual de la gestión de inventarios de materias primas en la Panadería y Pastelería Pan de Casa y qué problemas operativos genera la ausencia de un sistema formal de control?

¿Cuáles son los niveles de consumo y el comportamiento de la demanda de las materias primas críticas utilizadas en los procesos productivos de la panadería?

¿Qué parámetros técnicos de inventario, tales como stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel máximo de inventario, son los más adecuados para la gestión de las materias primas de la empresa?

¿Cómo se comporta el sistema de inventarios propuesto bajo diferentes escenarios de demanda cuando es evaluado mediante simulación de eventos discretos?

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de gestión de inventarios para las materias primas de la Panadería y Pastelería Pan de Casa mediante la determinación de parámetros técnicos de control y reabastecimiento, con el fin de mejorar la disponibilidad de insumos y apoyar la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la gestión de inventarios de materias primas en la Panadería y Pastelería Pan de Casa, identificando los principales problemas asociados al abastecimiento y control de existencias.
- Determinar los parámetros técnicos de inventario para las materias primas críticas de la panadería, incluyendo stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel máximo de inventario.
- Diseñar y validar mediante simulación un sistema de gestión de inventarios basado en una política de reabastecimiento (s,S), evaluando su desempeño bajo condiciones de demanda variable.

1.5.Propuesta de solución

La presente investigación tiene como finalidad diseñar un sistema de gestión de inventario para las materias primas de la Panadería y Pastelería Pan de Casa, orientado a mejorar el control de existencias y optimizar la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento de insumos. La propuesta surge como respuesta a la ausencia de un sistema formal de control de inventarios, situación que actualmente provoca riesgos de desabastecimiento, sobre inventario y pérdidas asociadas a una gestión empírica de las compras.

La solución planteada se fundamenta en la aplicación de técnicas cuantitativas de gestión de inventarios y en el uso de herramientas de simulación de eventos discretos para evaluar el desempeño del sistema propuesto antes de su implementación. De esta manera, se busca proporcionar una alternativa técnica que permita establecer criterios objetivos para la planificación y reposición de materias primas críticas utilizadas en los procesos productivos de la panadería.

El sistema diseñado contempla el cálculo de parámetros fundamentales de control de inventarios, entre ellos el stock de seguridad (SS), que corresponde a la cantidad de inventario que se reserva para cubrir alguna variación en la demanda o retrasos por los proveedores, el punto de reorden (ROP), que establece el nivel de existencias que se debe emitir en cada nuevo pedido para cumplir el desabastecimiento, la cantidad económica de pedido (EOQ), que determina el volumen óptimo en las compras para minimizar los costos totales en el pedido y en el almacenamiento y el nivel máximo de inventario (S) que representa el límite superior de existencias que deben alcanzarse después de cada reposición. Estos parámetros se integran mediante una política de reabastecimiento tipo (s,S), la cual determina cuándo realizar un pedido y cuál debe ser la cantidad óptima de reposición para mantener la continuidad operativa del negocio.

La validación de la propuesta se realizará mediante simulación computacional en el software Arena, utilizando modelos de demanda estocástica construidos a partir de datos obtenidos en campo. Esta simulación permitirá analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de demanda, evaluando indicadores como niveles de inventario, frecuencia de faltantes, cantidad de pedidos emitidos y nivel de servicio alcanzado.

Los resultados obtenidos serán sometidos a análisis estadístico mediante el software Minitab, con el propósito de verificar la estabilidad y efectividad del sistema diseñado. De esta forma, la propuesta no solo busca establecer parámetros técnicos de gestión de inventarios,

sino también demostrar cuantitativamente su capacidad para reducir faltantes, mejorar la disponibilidad de materias primas y contribuir al desempeño operativo de la empresa.

Los principales beneficiarios de esta propuesta serán los propietarios y responsables de la gestión de compras de la Panadería y Pastelería Pan de Casa, quienes contarán con una herramienta técnica para la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento. De manera indirecta, también se beneficiarán los clientes, al garantizar una mayor continuidad en la producción y disponibilidad de los productos ofertados.

Finalmente, el aporte de esta investigación radica en el diseño de un modelo de gestión de inventarios adaptable a pequeñas empresas del sector panificador que enfrentan problemáticas similares de control de existencias, contribuyendo así al fortalecimiento de sus procesos operativos y a la mejora de su competitividad.

CAPITULO II

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos, conceptuales y metodológicos que sustentan el diseño de un sistema de gestión de inventarios para materias primas en la Panadería y Pastelería Pan de Casa. El desarrollo teórico se enfoca en los conceptos relacionados con la administración de inventarios, los parámetros técnicos de control y reabastecimiento, las políticas de inventario, la simulación de eventos discretos y las herramientas estadísticas utilizadas para la validación de la propuesta.

Los contenidos abordados constituyen la base conceptual necesaria para comprender el comportamiento de los sistemas de inventario y respaldar el diseño de una propuesta fundamentada en criterios cuantitativos que permitan mejorar la disponibilidad de materias primas y optimizar la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento.

2.1. Marco referencial

El presente marco referencial reúne los principales conceptos, modelos y enfoques utilizados en la gestión de inventarios de materias primas dentro de sistemas productivos. Su finalidad es proporcionar el sustento teórico necesario para comprender la problemática existente en la Panadería y Pastelería Pan de Casa y fundamentar el diseño de una propuesta basada en parámetros técnicos de control de inventarios.

La investigación se enfoca en el análisis de herramientas cuantitativas ampliamente utilizadas en la administración de inventarios, tales como el stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido (EOQ), políticas de reabastecimiento y niveles de servicio. Asimismo, se incorporan fundamentos relacionados con la simulación de eventos discretos como herramienta para evaluar el comportamiento de sistemas de inventario bajo condiciones de demanda variable.

Estos elementos teóricos permiten establecer criterios técnicos para el diseño y validación de un sistema de gestión de inventarios adaptado a las necesidades operativas de una microempresa del sector panificador.

2.1.1. Fundamentación Teórica

En este apartado se establecerá fundamentos teóricos que servirán como respaldo para el desarrollo del trabajo de investigación, además de permitir un entendimiento de diversos temas y conceptos que tienen relación con la investigación.

2.1.1.1.Inventario

Los inventarios representan activos que la organización mantiene disponibles, ya sea para su comercialización directa o para integrarlos en la elaboración de bienes y servicios. En la misma línea, los inventarios corresponden a las existencias o materiales que posee la empresa. Esto implica que, para garantizar el funcionamiento normal de sus operaciones, las compañías requieren insumos que participan en los procesos productivos o de venta, los cuales deben renovarse de manera continua al estar vinculados con la cadena de valor. Asimismo, los inventarios constituyen bienes disponibles dentro de una entidad, organizados en categorías específicas y ajustados a las condiciones reales de la organización [5].

2.1.1.1.1. Importancia de los inventarios

Cuando se habla de inventarios, se reconoce su relevancia para cualquier negocio, ya que permiten mantener un equilibrio entre las existencias físicas y los registros administrativos. Conocer con precisión la cantidad de productos disponibles resulta esencial para prevenir inconvenientes en las ventas. Además, un control eficiente de inventarios implica fortalecer la supervisión, disminuir gastos innecesarios y asegurar la cobertura de la demanda de los clientes [6].

2.1.1.2.Administración de inventarios

La administración de inventarios posibilita evaluar las operaciones empresariales desde distintos enfoques, aplicando diversas técnicas orientadas a su administración. El propósito esencial es reducir los costos globales y, en consecuencia, optimizar las utilidades. No obstante, un control eficiente del inventario resulta fundamental, ya que permite atender con agilidad y eficacia a las necesidades y expectativas de los clientes [7].

2.1.1.3.Clasificación de los inventarios

En la administración de inventarios se reconocen diversas clasificaciones, entre las cuales destacan los inventarios de procesos y aquellos orientados a la comercialización o a las necesidades logísticas.

2.1.1.3.1. Inventario de materia prima

En primera instancia, las materias primas y sus componentes, que corresponden a los insumos básicos destinados a la elaboración de productos terminados, aunque aún no han sido sometidos a ningún tipo de transformación. Los inventarios de materia prima están integrados por recursos obtenidos con el fin de elaborar activos, constituyendo la base esencial de los productos terminados. En este tipo de inventario se registran operaciones contables como la

compra de materiales y su transferencia al proceso productivo [8]. En consecuencia, se entiende que la materia prima corresponde a todos aquellos recursos que la empresa requiere para la fabricación, conformados por materiales que aún no han sido transformados por la acción humana.

2.1.1.3.2. Inventario de producto en proceso

Los productos en proceso representan un componente esencial dentro del ciclo de producción, ya que constituyen unidades parcialmente transformadas que aún no están listas para su comercialización. Según lo planteado por [9] estos materiales han sido sometidos a intervenciones humanas, pero permanecen en una fase intermedia de elaboración. A medida que avanzan en cada etapa de transformación, su valor agregado se incrementa de forma progresiva, acercándolos al estado final requerido por el mercado.

2.1.1.3.3. Inventario de producto terminado

Esta categoría representa la etapa final del ciclo de producción y permite dar continuidad a la función productiva de la compañía. Se identifican los productos terminados, es decir, aquellos bienes que, una vez culminado el ciclo de fabricación, son trasladados al centro de acopio para su comercialización, cuya disponibilidad depende directamente de la demanda del mercado [10].

2.1.1.3.4. Inventario de suministro de fábrica

Los inventarios en tránsito o suministro de fábrica desempeñan el papel de sostener las operaciones de la compañía, ya que permiten abastecer los canales que la vinculan tanto con proveedores como con clientes. Surgen debido a la necesidad de trasladar materiales de un lugar a otro [11]. En este sentido, al analizar la información relacionada con pedidos y abastecedores, se observa que estos inventarios corresponden a bienes que ya han sido adquiridos y pagados, pero que aún no se encuentran almacenados, pues se hallan en proceso de distribución.

2.1.1.4.Modelos cuantitativos de gestión de inventarios

2.1.1.4.1. EOQ (Economic Order Quantity)

También denominado modelo básico de inventarios constituye el punto de partida para el desarrollo de esquemas más avanzados de gestión. Su finalidad principal es reducir los costos asociados al manejo de existencias, determinando la cantidad óptima de pedido al considerar los diferentes gastos vinculados con la adquisición y reposición de productos. Este enfoque

puede aplicarse en distintos horizontes de tiempo, ya sean anuales, mensuales o semanales, siempre que se trate de artículos cuya demanda se mantenga estable [12].

2.1.1.4.2. Punto de reorden (ROP)

El modelo de punto de reorden establece el nivel de inventario en el cual debe iniciarse un nuevo pedido de insumos, garantizando que las existencias no se reduzcan hasta el desabastecimiento. Su cálculo se fundamenta en la demanda promedio y en el tiempo de reposición de los proveedores, incorporando en muchos casos un stock de seguridad para enfrentar imprevistos. Este mecanismo resulta aplicable en microempresas alimenticias, industrias de gran escala y comercios minoristas, donde la disponibilidad continua de materias primas es crítica para la operación [13].

2.1.1.4.3. Lote económico de producción

El lote económico de producción se concibe como una adaptación del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ), orientada específicamente a los procesos internos de fabricación. A diferencia del EOQ, que se enfoca en determinar la cantidad óptima de compra a proveedores, este modelo establece el volumen ideal de producción en cada ciclo, buscando un equilibrio entre los costos de preparación de equipos, los gastos de almacenamiento y la atención a una demanda estable [14].

2.1.1.5.Modelos de revisión periódica vs continua

Como definición, la revisión periódica se realiza en intervalos semanales y mensuales. En cada revisión se ordena la cantidad necesaria para alcanzar un nivel objetivo de stock. En la revisión continua el inventario se monitorea constantemente y se emite un pedido cuando se alcanza el punto de reorden (ROP) [15].

Tabla 1. Comparativa de los 2 modelos

Aspectos	Revisión periódica	Revisión continua
Momento de pedido	Intervalos fijos de tiempo	Cuando alcanza el punto de reorden
Cantidad pedida	Variable, hasta nivel objeto	Fija (Q)
Riesgo de quiebre	Mayor entre revisiones	Menor, monitoreo constante
Requerimientos tecnológicos	Bajos, puede ser manual	Altos, requieren sistemas de información
Aplicación típica	Comercio mayorista	Industria, logística avanzada

Fuente: Tomado de [15].

2.1.1.6.Indicadores de control de inventarios

2.1.1.6.1. Stock máximo

El stock representa la capacidad máxima asignada a cada producto que resulta conveniente mantener en almacenamiento, con la finalidad de garantizar una asistencia al cliente al menor costo posible. Este nivel de inventario está condicionado por ciertos límites: el físico, relacionado con la capacidad del almacén; el financiero, determinado por los recursos económicos disponibles de la empresa; y el económico, vinculado directamente con los gastos de conservación y gestión del inventario [16].

$$EM_x = \frac{venta\ máxima\ mensual}{30\ dias} * tiempo\ mínimo\ de\ reemplazo \qquad (1)$$

2.1.1.6.2. Stock mínimo

El stock mínimo corresponde al umbral mínimo inferior de mercancía indispensable para dar respuesta a las órdenes de compra de los usuarios y evitar el desabastecimiento. Cuando las existencias descienden por debajo de este nivel, se produce una ruptura de stock, lo que implica no disponer de los artículos necesarios para continuar con la operación normal. Este límite se establece considerando la venta mínima mensual y el tiempo requerido para la reposición de los productos [16].

$$EM_n = \frac{venta\ mínima\ mensual}{30\ días} * tiempo\ minimo\ de\ reemplazo \qquad (2)$$

2.1.1.6.3. Stock de seguridad

El inventario de seguridad se refiere al conjunto de unidades que la empresa mantiene como reserva estratégica, con el objetivo de complementar el nivel mínimo de existencias ante situaciones imprevistas. Esta provisión adicional permite anticiparse a fluctuaciones no previstas en la demanda o a interrupciones en el abastecimiento por parte de los proveedores, lo que garantiza la continuidad operativa del sistema productivo [16].

2.1.1.6.4. Costo del inventario

Este término se refiere a los costos derivados de la adquisición, bodega y conservación de los recursos que forman parte de las existencias de la empresa. Según [17], para una gestión es necesario considerar diferentes tipos de costos: los gastos operativos de abastecimiento (CA), que corresponden a la compra de materiales; los gastos derivados del alistamiento y despacho (CP), vinculados al proceso de distribución; los costos de mantenimiento (CM), relacionados con la conservación de los inventarios; y finalmente, el costo por escasez (SF), que se genera cuando es necesario reabastecer debido a la falta de productos disponibles.

2.1.1.6.5. Costo de adquisición (CA)

Los costos de adquisición (CA) corresponden a los gastos que la empresa debe asumir al ordenar o comprar productos, de acuerdo con sus políticas de inventario y el nivel de existencias que desea mantener en planta. Para gestionarlos es necesario definir con precisión la cifra solicitada y los procedimientos para realizar el pedido. Estos gastos se relacionan esencialmente con el capital destinado al transporte y procesamiento de los materiales hasta las instalaciones de la organización. Incluyen actividades como la solicitud de insumos, la elaboración de mandatos de compra, el registro y entrega de materiales, el seguimiento de pedidos, el registro de existencias y el pago a los distribuidores [18].

$$CA = DP \tag{3}$$

Donde:

D es la demanda.

P es el precio.

2.1.1.6.6. Costo de pedido

Los gastos vinculados al proceso de reposición de inventarios comprenden todas las acciones necesarias desde la solicitud de compra hasta la recepción definitiva de los productos. Estos desembolsos incluyen los costos administrativos fijos relacionados con la gestión documental, tales como el alistamiento, la tramitación y la validación de los requerimientos de adquisición. En consecuencia, se consideran parte de los egresos operativos asociados a cada transacción de compra realizada por la organización [18].

$$CP = Cg * \frac{D}{Q} \tag{4}$$

Donde:

Cg es el costo de gastos.

D es la demanda.

Q es la cantidad.

2.1.1.6.7. Costo de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de inventarios corresponden a los gastos que se generan al conservar un parámetro estipulado de existencias en el transcurso de una etapa de tiempo. Estos incluyen tanto el costo financiero de mantener capital invertido en los inventarios como los gastos asociados al almacenamiento, por ejemplo, alquiler de bodegas, consumo de energía o servicios de seguridad. Asimismo, abarcan la depreciación de los bienes, el pago de impuestos y seguros, así como las erogaciones provocadas por la degradación de los artículos [18].

$$inventario\ promedio(IP) = \frac{unidades\ por\ ordenar}{2} * \frac{\frac{S}{N}}{2} \quad (5)$$

Donde:

S representa el total de unidades que se proyecta adquirir a lo largo del año

N indica la cantidad de operaciones de compra efectuadas

P corresponde al valor unitario de adquisición

C refleja el porcentaje anual asociado al mantenimiento del inventario

Para determinar el valor de C, se consideran todos los costos relacionados con la gestión del inventario, los cuales se suman y se dividen entre la inversión promedio en existencias, calculada como el producto de IP y P (IP*P).

$$Costo\ total\ de\ mantenimiento(CTM) = C * P * IP \quad (6)$$

2.1.1.6.8. Costo de escasez

Los costos por escasez se generan cuando la empresa no cuenta con inventario disponible, lo que ocasiona la carencia de medios de manera inmediata para las peticiones de los consumidores. Esta situación puede afectar tanto la reputación de la organización como sus niveles de ventas. Dichos costos incluyen la pérdida de contribución marginal derivada de las ventas no realizadas, así como el tiempo improductivo de la administración, del personal operativo y de la maquinaria [18].

Los gastos globales de inventario integran tanto los gastos de mantenimiento como los asociados a la realización de pedidos. Su cálculo considera diversas variables, entre ellas: el porcentaje de mantenimiento respecto al precio de compra, el costo unitario de adquisición, la cantidad de ítems solicitados por orden de compra, los pedidos globales y los gastos fijos vinculados a cada orden. Este enfoque integral permite obtener una visión más precisa y completa de los gastos vinculados a la administración de inventarios dentro de la empresa [19].

2.1.1.7.Objetivos de los inventarios

En el ámbito de la administración de inventarios, cuando no es posible establecer con precisión la demanda ni los plazos de entrega por parte del proveedor, las organizaciones implementan niveles de stock de seguridad. Esta estrategia permite atender los requerimientos durante el proceso de abastecimiento y evitar quiebres de inventario que podrían traducirse en pérdidas comerciales y afectar la imagen corporativa ante los clientes, especialmente en contextos de alta competitividad. Entre los objetivos fundamentales de mantener inventarios se encuentran: mitigar riesgos mediante reservas estratégicas, racionalizar costos a través de una planificación eficiente de compras y producción, disminuir las discrepancias entre la oferta empresarial y las exigencias del mercado, y reducir los gastos logísticos mediante una gestión optimizada del transporte [20].

2.1.1.8.Métodos para el control de inventario

Hay diversos modelos de supervisión de inventarios cuyo propósito es identificar el nivel de desempeño estándar óptimo de existencias, tanto de insumos, bienes en transformación y artículos finalizados. La finalidad es garantizar un servicio al cliente y mantener una producción que cumpla con los niveles mínimos requeridos para asegurar el abastecimiento. En consecuencia, una gestión correcta de inventarios se transforma en un factor clave para alcanzar el éxito empresarial y cumplir con las metas establecidas [21].

2.1.1.8.1. Control de inventarios justo a tiempo

El método de gestión de existencias conocido como Just in Time confiere a la compañía la capacidad de producir y suministrar los bienes únicamente cuando son requeridos, en el volumen requerido y en el instante oportuno de la demanda. Con esta práctica se reducen significativamente los costos de almacenamiento. Sin embargo, para su implementación es indispensable que la administración defina de manera ágil y precisa las cantidades a solicitar a los proveedores. Además, este sistema exige la adaptación de procedimientos, productos y equipos con el fin de disminuir tiempos y optimizar los costos relacionados con el embalaje y la distribución [21].

2.1.1.8.2. Método de control de inventario ABC

El sistema de monitoreo de recursos almacenados ABC constituye una técnica que clasifica los artículos de acuerdo con su precio unitario y el nivel de demanda, con el propósito de determinar su valor relativo y ordenarlos según su importancia. De esta manera, se optimiza la gestión de los insumos inventariados y se favorece la elección de resoluciones estratégicas.

En consecuencia, este método permite identificar la participación económica de cada artículo y establecer con mayor precisión el origen de los costos asociados al almacenamiento [17].

2.1.1.8.3. Modelo básico para productos terminados

Este modelo busca mantener un equilibrio en el inventario de productos terminados, evitando su acumulación innecesaria y asegurando que las existencias se ajusten al ritmo de la demanda de los clientes. En este contexto, resulta esencial llevar a cabo estudios de mercado que permitan orientar las decisiones estratégicas y mejorar la planificación futura [22].

2.1.1.8.4. Modelo de la cantidad de pedido de producción

El sistema de planificación de pedidos de manufactura plantea que los pedidos se reciben de manera progresiva durante un período determinado. Este enfoque resulta pertinente en escenarios donde el inventario se genera de manera ininterrumpida y las unidades se producen y comercializan simultáneamente. Se aplica principalmente en actividades productivas en las que la fabricación se ajusta a la demanda, considerando las variaciones estacionales para implementar una gestión más eficiente del inventario [23].

2.1.1.9.Sistema de control de inventario

En el ámbito de la comercialización de mercaderías, los sistemas utilizados para la gestión de inventarios cuentan con reconocimiento legal por parte de la Ley de Régimen Tributario Interno y se encuentran respaldados por principios contables. Dentro de este marco, se identifican dos modalidades fundamentales que regulan su aplicación:

- **Sistema de Cuenta Múltiple o Inventario Periódico:** Este método registra el traslado de bienes comerciales en diversas cuentas y se complementa con la elaboración de inventarios físicos de manera periódica o extracontable, a fin de verificar la existencia real de los productos.
- **Sistema de Cuenta Permanente o Inventario Perpetuo:** Se caracteriza por llevar un control continuo de las mercaderías mediante el uso de tarjetas kárdex para cada artículo, lo que permite conocer en todo momento las entradas, salidas y saldos disponibles [24].

2.1.1.10. Criterios de elaboración de inventarios

Los inventarios físicos que la empresa debe realizar periódicamente deben orientarse al crecimiento sostenido, procurando eliminar discrepancias entre las cantidades y tipos de artículos registrados en el sistema y los existentes en la realidad. Este objetivo se alcanza mediante una gestión de quienes ejecutan el proceso de inventario. En términos generales, las organizaciones buscan obtener un registro más preciso, lo que implica detener temporalmente

sus actividades económicas y asumir costos adicionales. Para reducir la frecuencia de estas interrupciones y favorecer una toma de decisiones más eficiente, resulta indispensable planificar con detalle el conteo de las unidades disponibles [25].

- **Temporal:** En numerosas organizaciones se opta por efectuar inventarios mínimos una vez al año. No obstante, algunas empresas prefieren realizarlos con mayor frecuencia de manera semestral, cuatrimestral, trimestral o incluso mensual. Esta última práctica resulta poco convencional, ya que los inventarios mensuales demandan un elevado consumo de recursos y generan pérdidas significativas de ingresos debido a los múltiples cierres anuales.
- **Rotativo:** Este procedimiento consiste en contabilizar las existencias de manera continua sin necesidad de suspender las operaciones de la empresa. Puede extenderse durante períodos prolongados, en la medida en que se mantenga actualizada el registro de existencia periódicamente con los datos obtenidos. A diferencia del inventario temporal, el enfoque no requiere monitoreo continuo y digitalización de flujos de ingreso y egreso en tiempo real.
- **Por estanterías:** Se basa en organizar y clasificar los productos según criterios internos definidos por la empresa. Esta modalidad facilita la disposición de los artículos, optimizando la eficiencia en las tareas del recurso humano. Cuando los recursos se distribuyen bajo criterios de esta forma, resulta lógico realizar el levantamiento de bienes almacenados por cada estantería.
- **Por familias:** Tal como indica su denominación, este método agrupa los artículos de acuerdo con una característica común, como designación, especie o clase. Gracias a esta clasificación se garantiza una gestión más precisa y un mejor suministro de los productos que la empresa gestiona o comercializa. Además, los inventarios por familias pueden aplicarse de manera periódica o rotativa sin mayores inconvenientes [25].

2.1.2. Bases legales

La investigación se sustentará en diversas disposiciones legales vigentes en Ecuador, las cuales regulan actividades empresariales, contables y administrativas que tienen relación con la parte de inventarios. La constitución del Ecuador promueve el desarrollo de actividades productivas y sostenibles que fomentan una competitividad de emprendimientos y microempresas como actores fundamentales en la economía nacional [26]

De igual forma, la ley del régimen tributario interno establece obligaciones con los registros contables y los controles de bienes y recursos que forman parte de las operaciones en las empresas o microempresas.

2.1.3. Variable de estudio

Las variables de estudio permitirán una identificación y un análisis de elementos que van a intervenir directamente en el desarrollo de la investigación.

Variable independiente

Diseño del sistema de gestión de inventarios.

Variable dependiente

Disponibilidad de materias primas.

2.1.4. Modelo teórico

El modelo teórico de la investigación se fundamenta en los principios de la gestión de inventarios y en los modelos cuantitativos de control y reabastecimiento utilizados para garantizar la disponibilidad de materias primas dentro de los sistemas productivos.

La propuesta considera la aplicación de parámetros técnicos como el stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel máximo de inventario, los cuales permiten establecer criterios objetivos para la toma de decisiones relacionadas con las compras y el abastecimiento.

Adicionalmente, el modelo incorpora la simulación de eventos discretos como herramienta para evaluar el comportamiento del sistema de inventarios bajo condiciones de demanda variable. Esta técnica permite analizar diferentes escenarios operativos sin intervenir directamente en el sistema real, proporcionando evidencia cuantitativa sobre el desempeño de la propuesta.

La integración de estos elementos constituye la base conceptual para el diseño y validación de un sistema de gestión de inventarios adaptado a las necesidades de la Panadería y Pastelería Pan de Casa.

2.1.5. Resumen del Marco Teórico

El marco teórico permitió identificar los principales fundamentos conceptuales relacionados con la gestión de inventarios y su importancia dentro de los sistemas productivos. Se analizaron los conceptos de inventario, administración de existencias, modelos cuantitativos

de gestión y políticas de reabastecimiento utilizadas para garantizar la disponibilidad de materias primas.

Asimismo, se estudiaron herramientas técnicas como el stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel de servicio, elementos que constituyen la base para el diseño del sistema de gestión de inventarios propuesto en la presente investigación.

De igual manera, se abordaron conceptos relacionados con la demanda probabilística, las distribuciones de probabilidad y la simulación de eventos discretos, los cuales permiten modelar el comportamiento de los inventarios bajo condiciones de incertidumbre y evaluar el desempeño del sistema mediante el software Arena.

Finalmente, los fundamentos estadísticos analizados proporcionan el soporte necesario para validar los resultados obtenidos a través de la simulación, permitiendo determinar la efectividad del sistema diseñado para mejorar la disponibilidad de materias primas en la Panadería y Pastelería Pan de Casa.

2.2. Metodología

En la presente investigación se desarrolla una metodología cuantitativa estructurada para diseñar, adaptar y validar un sistema de gestión de inventario de materias primas para la Panadería y Pastelería Pan de Casa, ubicada en Joya de los Sachas. Ya que actualmente el negocio funciona sin ningún sistema para el control de inventario, la metodología está compuesta de técnicas de recolección de datos en campo, cálculo de parámetros de inventario, simulación de eventos discretos y análisis estadístico, todo esto con el objetivo de transformar los datos obtenidos en una herramienta útil para la toma de decisiones operativas.

2.2.1. Tipo y enfoque de la investigación

El presente estudio se coloca como investigación de tipo aplicada, ya que su objetivo es resolver un problema operativo real, el cual es que la panadería no cuenta con un sistema formal para controlar el inventario de materias primas críticas. De acuerdo con [27], la investigación aplicada hace uso del conocimiento científico para afrontar problemas prácticos en entornos reales. Para este caso, los principios de gestión de inventarios, la teoría de control de existencias y las técnicas de simulación se combinan para construir una solución viable para la panadería.

El enfoque metodológico es cuantitativo, ya que todas las variables clave como lo son el consumo diario de ingredientes, niveles de inventario, punto de reorden, cantidad económica

de pedido, stock de seguridad y frecuencia de faltantes se expresan de manera numérica y se analizan con herramientas estadísticas formales, para este caso, Minitab. Según [28] el enfoque cuantitativo se basa en la medición numérica y el análisis estadístico para identificar diferentes patrones y probar diferentes situaciones. Esto se alinea con el presente estudio, en el que la demanda está modelada mediante distribuciones de probabilidad, el desempeño del sistema se mide a través de indicadores clave (KPIs) y los resultados se validan o comprueban con pruebas estadísticas en Minitab.

El diseño de la investigación se clasifica como no experimental y transversal. Es no experimental, ya que las variables del sistema de inventario no son manipuladas de manera directa en el entorno productivo real, es decir, el sistema propuesto se evalúa mediante un modelo en el software Arena. Por otro lado, es transversal porque los datos de consumo fueron recolectados en un único punto en el tiempo, mediante observación directa de una jornada de operación normal, validada como típica por el propietario del establecimiento. Cabe aclarar que dicha jornada no se empleó como caracterización estadística completa del comportamiento de la demanda, sino como ancla empírica del valor más probable denominado como moda de las distribuciones triangulares de entrada; los valores mínimo y máximo de cada distribución se establecieron mediante juicio experto del propietario, conforme al procedimiento recomendado por la literatura de simulación para contextos sin registros históricos de consumo [29], [30].

La elección de una única jornada de observación como fuente de datos primarios responde a las condiciones reales del objeto de estudio, ya que la panadería, en su condición de microempresa, no dispone de registros históricos sistemáticos del consumo de materias primas, por lo que no resultaba factible ajustar distribuciones de probabilidad mediante pruebas de bondad de ajuste sobre series longitudinales. Esta situación está expresamente contemplada en la literatura de simulación, [30] establece que, dada la ausencia de datos, los parámetros de las distribuciones de entrada deben obtenerse mediante estimaciones subjetivas de expertos que conocen el sistema (Subject-Matter Experts), y [29] coinciden en que la distribución triangular es el modelo apropiado cuando la información disponible se limita al rango y al valor más frecuente del proceso.

Bajo este marco, la jornada observada cumplió una función específica y acotada, proporcionar, con precisión a nivel de cada ingrediente, el valor modal del consumo diario, dato que el propietario no podía reportar de memoria con esa exactitud, mientras que los valores

mínimo y máximo de cada distribución no provienen de la jornada observada, sino del juicio experto del propietario, quien cuantificó los días de demanda baja y alta en 0.65 y 1.45 veces el consumo de una jornada normal. Cada distribución TRIA integra, por tanto, una medición objetiva puntual con el conocimiento acumulado del experto sobre la variabilidad histórica del negocio, lo que constituye una estimación híbrida y no una extrapolación de un solo dato.

Finalmente, el modelo de simulación no reproduce de forma determinista la jornada observada: en cada uno de los 90 días simulados, la demanda de cada materia prima se muestrea aleatoriamente de su distribución triangular, de modo que, a lo largo de las 30 réplicas del experimento, la política (s, S) se evalúa frente a 2700 realizaciones de demanda por ingrediente, comprendidas entre los límites validados por el experto. La evaluación estadística del sistema no descansa, en consecuencia, en un único día, sino en el espectro de escenarios generados a partir del modelo de entrada descrito.

La justificación de este enfoque se da por tres puntos. Primero, la naturaleza del problema requiere probar diferentes políticas de inventario antes de implementarlas en la panadería real; es ahí donde la simulación es la herramienta más adecuada. Segundo, dado que la panadería no dispone de registros históricos de consumo, el estudio se basa en observación directa con modelado estocástico, siendo esta la práctica estándar para estudios de simulación con datos limitados o inexistentes [30]. Por último, el análisis estadístico en Minitab proporciona diferentes tipos de evidencia cuantitativa y reproducible sobre la efectividad del sistema realizado.

2.2.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación responde al tipo de estudio no experimental, transversal y de campo, validado mediante simulación computacional. El proceso de investigación se organiza en cinco etapas a manera de secuencia:

- **Etapa 1 – Recolección de datos:** Se registró, mediante observación directa, el consumo de 14 ingredientes críticos durante una jornada completa de operación normal, validada como típica por el propietario del establecimiento en cuanto a mezcla de productos, volúmenes de producción y ausencia de pedidos extraordinarios. El registro se efectuó en las unidades de medida empleadas por la panadería (quintales, libras, onzas, baldes y litros), a fin de no interferir con la dinámica operativa del negocio, y posteriormente las cantidades se convirtieron a unidades estándar (kg y litros) mediante los factores de conversión documentados en el Anexo 1.

La delimitación de la recolección a una única jornada obedece a las condiciones reales del objeto de estudio y se sustenta en la literatura de simulación. La panadería, en su condición de microempresa, no cuenta con registros históricos sistemáticos del consumo de materias primas, por lo que no es factible construir series longitudinales de demanda ni ajustar distribuciones mediante pruebas de bondad de ajuste. Para este escenario, [30] establece que los parámetros de las distribuciones de entrada deben obtenerse mediante estimaciones subjetivas de expertos que conocen el sistema (Subject-Matter Experts), y [29] coinciden en que la distribución triangular es el modelo apropiado cuando la información disponible se limita al valor más frecuente y al rango del proceso.

En este marco, la jornada observada no se emplea como caracterización estadística del comportamiento de la demanda, sino que cumple la función de aportar, con precisión a nivel de cada ingrediente, el valor modal del consumo diario, dato que el propietario no podía reportar de memoria con esa exactitud. Los valores mínimo y máximo de cada distribución no provienen de la jornada observada, sino del juicio experto del propietario, quien cuantificó los días de demanda baja y alta en 0.65 y 1.45 veces el consumo normal. Adicionalmente, la observación de una jornada completa permitió capturar la estructura íntegra del ciclo productivo diario (portafolio de productos, recetas y tamaños de lote), toda vez que, de acuerdo con lo reportado por el propietario, la variación entre jornadas corresponde principalmente a la escala de producción y no a la composición del portafolio; esa variación de escala es precisamente la que incorporan los multiplicadores validados.

Finalmente, el modelo de simulación no reproduce de manera determinista la jornada registrada: la demanda diaria de cada materia prima se muestrea aleatoriamente de su distribución triangular, de modo que la política (s, S) se evalúa frente a 2700 realizaciones de demanda por ingrediente (30 réplicas × 90 días), comprendidas entre los límites validados por el experto. La evaluación estadística del sistema no descansa, por tanto, en un único día, sino en el espectro de escenarios generados a partir del modelo de entrada descrito. Esta decisión se reconoce como limitación en el apartado correspondiente.

Tabla 2. Recolección de datos por ingrediente

Ingrediente	Unidad original	Cantidad consumida	Unidad estandarizada	Equivalente estandarizado	Observaciones
Harina	Quintales	1.83	kg	83	Ninguna
Huevos	Cubetas	4	Cubetas	4	Perecible
Azúcar blanca	Libras	22	kg	10	Ninguna
Sal	Kilogramos	0.5	kg	0.5	Humedad constante
Levadura	Kilogramos	1	kg	1	Ninguna
Leche	Litros	8	litros	8	Perecible
Polvo de hornear	Onzas	10	kg	0.284	Ninguna
Mantequilla	Libras	35	kg	15.88	Perecible
Queso	Libras	8	kg	3.63	Perecible
Pasta de chocolate	Baldes	1	kg	3.8	Ninguna
Cocoa	Kilogramos	1	kg	1	Ninguna
Esencia de vainilla	cm^3	50	litros	0.050	Ninguna
Premezcla	Kilogramos	4	kg	4	Ninguna
Dulce 3 leches	Litros	4	litros	4	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 2 – Estimación de parámetros de demanda:** A partir de la observación estandarizada, en conjunto con el propietario, se estableció la moda de la distribución de demanda para cada ingrediente. Estos tres valores, conocidos como mínimo, moda y máximo, forman la distribución triangular TRIA (mín, moda, máx) utilizada como input en el diagrama de bloques de la simulación. La distribución triangular fue seleccionada, por recomendación metodológica de la literatura especializada en modelado de simulación, cuando no existe un conjunto extenso de datos históricos que permita ajustar y validar de manera estadística una distribución empírica mediante pruebas de bondad de ajuste, y en su lugar solo es posible estimar un mínimo, un valor

más probable como moda y un máximo a partir de observación directa y juicio experto, [30]recomienda la distribución triangular como una opción estándar, al requerir exactamente estos tres parámetros sin imponer supuestos adicionales sobre la forma de la distribución. Esta recomendación se ajusta directamente al método de recolección empleado en la Etapa 1, donde se dispuso de un único día de operación normal observado y validado por el propietario, del cual se obtuvo la moda; los valores mínimo y máximo se derivaron aplicando los multiplicadores empíricos 0,65 y 1,45 sobre dicha moda, sin contar con un registro histórico extenso que permitiera ajustar una distribución empírica. Adicionalmente, esta elección es coherente con el comportamiento de la demanda reportado por el propietario como informante experto (SME, conforme a [30]); la operación normal constituye el patrón más frecuente del negocio, mientras que los días de demanda excepcionalmente baja o alta son ocasionales.

Se descartaron alternativas como la distribución rectangular (uniforme) y la trapezoidal, ya que la uniforme solo requiere mínimo y máximo, asumiendo que todos los valores del rango son igualmente probables, lo cual contradice el comportamiento observado de un valor típico claramente más frecuente. Por otro lado, la trapezoidal, por su parte, requiere cuatro parámetros, incluyendo una meseta de valores igualmente probables, para la cual no existía sustento empírico, dado que el método de recolección identificó un único valor modal por ingrediente y no un intervalo de valores igualmente comunes. La distribución triangular es, por tanto, la única de las tres que se ajusta exactamente a la granularidad de la información disponible.

- **Etapa 3 – Cálculo de parámetros de inventario:** Para cada ingrediente se calcularon el stock de seguridad (SS), el punto de reorden (ROP), la cantidad económica de pedido (EOQ) y el nivel máximo de inventario (S) en Excel, bajo la política de reabastecimiento (s, S).
- **Etapa 4 – Simulación en Arena:** Se construyó y ejecutó un diagrama de bloques que funciona como modelo de simulación de eventos discretos, este replica la operación diaria del inventario durante 90 días, con 30 réplicas independientes, registrando valores para cada ingrediente.
- **Etapa 5 – Análisis estadístico en Minitab:** Los resultados exportados desde Arena a un documento de tipo CSV se pasaron a Minitab para la evaluación del desempeño del

sistema mediante estadística descriptiva, identificación de distribuciones, análisis de capacidad, gráficas de control e intervalos de confianza.

2.2.3. Población y muestra

En estudios que se han basado en simulación de eventos discretos, los conceptos de población y muestra deben cambiar y pasan a ser términos del espacio de estados del sistema simulado y además del número de réplicas escogido. Este cambio es necesario porque la unidad de análisis no está enfocada en una persona u objeto físico; esta cambia a una simulación generada por el modelo estocástico.

La población objetivo dentro del estudio está constituida por todos los estados operativos diarios posibles del sistema de inventario de la Panadería Pan de Casa, bajo condiciones variables de demanda. La unidad de análisis pasa a ser un día entero simulado de operación, en el que se considera una demanda aleatoria, y además se verifica el nivel de inventario, se registra el faltante si es el caso y se envía una orden de reabastecimiento si el inventario cae al punto de reorden o por debajo de él.

Tabla 3. Definición de la población y muestra del estudio de simulación

Elemento	Descripción
Población objetivo	Todos los estados operativos diarios posibles del sistema de inventario de la Panadería Pan de Casa bajo condiciones variables de demanda
Unidad de análisis	Un día simulado de operación del sistema de inventario
Tamaño de muestra	30 réplicas × 90 días simulados = 2 700 días simulados por ingrediente
Método de muestreo	No probabilístico intencional. Las 30 réplicas cumplen el umbral mínimo del Teorema Central del Límite para simulación de eventos discretos
Criterio de inclusión	Réplicas que completan el horizonte de simulación de 90 días, finalizan correctamente y presentan resultados válidos del modelo.
Criterio de exclusión	Réplicas con errores de ejecución, fallas de convergencia, interrupciones del modelo o resultados inconsistentes por problemas de configuración

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño de muestra de 30 réplicas encuentra su justificación en el Teorema Central del Límite, según el cual la distribución de la media muestral se aproxima a la normalidad conforme aumenta el número de observaciones independientes, siendo n = 30 el umbral práctico comúnmente aceptado para el empleo de inferencia paramétrica [30]. Cada réplica utiliza una semilla aleatoria distinta, lo que garantiza la independencia entre resultados.

Además, la suficiencia de este tamaño de muestra se verificó de forma cuantitativa conforme al procedimiento de [30] para simulaciones terminales, mediante la semianchura del intervalo de confianza de la media entre réplicas, $h = t_{(n-1;\ 1-\alpha/2)} \cdot s/\sqrt{n}$. Con n = 30 y un nivel de confianza del 95%, la semianchura máxima obtenida para el nivel de servicio fue de ±0.54 puntos porcentuales (Queso, el ingrediente de mayor variabilidad), de modo que el intervalo de confianza de todos los ingredientes se ubica íntegramente en o por encima de la meta del 95%, por otro lado el caso más desfavorable, Queso, el intervalo resulta [95.13%; 96.21%] , mientras que el error relativo máximo del inventario promedio fue de 0.59% para la Leche, muy inferior al margen de error del 5% previamente establecido. En consecuencia, el número mínimo de réplicas requerido para alcanzar la precisión establecida resulta inferior a 30 en todos los indicadores, por lo que las 30 réplicas ejecutadas cumplen y exceden el nivel de confianza y el margen de error definidos para el estudio, sin requerirse réplicas adicionales.

2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de consumo de materias primas se emplearon dos técnicas complementarias, siendo la primera la observación directa estructurada y la segunda la entrevista semiestructurada al propietario del establecimiento. Las preguntas realizadas se encuentran en el Anexo 2.

La observación directa se realizó en un único día representativo de operación normal de la Panadería Pan de Casa, validada como típica por el propietario. Se registró el consumo de 14 ingredientes identificados como materias primas críticas, en sus unidades originales de uso para facilidad de toma de datos. Este valor tomado constituye una estimación puntual del consumo diario en condiciones normales de operación, y se empleó como valor más probable (parámetro m) de la distribución triangular de demanda, conforme al procedimiento recomendado por [30]para la especificación de distribuciones de entrada en ausencia de registros históricos. Dicho valor fue contrastado con el propietario en su condición de Subject-Matter Expert (SME), quien confirmó su correspondencia con el nivel de consumo habitual del establecimiento.

Dado que la panadería no dispone de registros previos del consumo en días de alta o baja demanda, estos valores mínimo y máximo de la distribución de demanda se estimaron mediante multiplicadores de escenario, De acuerdo con [30], cuando no se tienen diferentes datos históricos suficientes para caracterizar una variable de entrada, es posible recurrir al juicio de expertos o Subject-Matter Experts (SMEs). Aquí señalan que los SMEs pueden

proporcionar estimaciones subjetivas de diferentes valores representativos del sistema, como por ejemplo valores mínimos, máximos y más probables, para apoyar la construcción de distribuciones de probabilidad en ausencia de datos. En el presente estudio, los factores utilizados para representar escenarios de baja y alta demanda fueron definidos y posteriormente validados con el propietario de la panadería, quien actuó como Subject-Matter Expert (SME) del proceso, obteniendo así valores para representar una demanda baja = 0,65 × la demanda normal, y una demanda alta = 1,45 × la demanda normal. Estos multiplicadores se adoptaron como convención metodológica para la construcción de la distribución triangular en un contexto de datos limitados [30], estableciendo un rango de variación de -35% a +45% respecto a la demanda normal observada.

Posteriormente, estos valores fueron validados cualitativamente con el propietario del establecimiento, a quien se consultó sobre su percepción de la variación de ventas según el tipo de día. Indicó que en días de alta demanda como fines de semana y feriados las ventas son aproximadamente un 40-50% superiores a lo normal, y en días de baja actividad, un 30-35% inferiores.

El multiplicador de demanda baja (0,65) equivale a una reducción del 35%, es decir, 100% − 35% = 65%, valor ubicado en el límite superior del rango reportado por el propietario. Por otro lado, el multiplicador de demanda alta (1,45) equivale a un incremento del 45% (100% + 45% = 145%), ubicado en el punto medio del rango reportado. Esta correspondencia respalda el uso de los multiplicadores adoptados como parámetros válidos y representativos del comportamiento real de la demanda del negocio. Los tres valores resultantes y tabulados como mínimo, moda y máximo se utilizan directamente como parte de los parámetros de la distribución triangular TRIA en el modelo de Arena.

Además, la entrevista permitió obtener información complementaria, como los tiempos de entrega de los proveedores, ubicándose en un rango de 1 a 3 días, y las condiciones de almacenamiento y vida útil de los insumos perecederos.

Ya que no se pudo obtener los precios de compra directamente del establecimiento, los costos unitarios se complementaron con fuentes oficiales del Ecuador, como por ejemplo los boletines del MAG-SIPA 2025, el Acuerdo Interministerial 024 y referencias del mercado mayorista de Quito.

El instrumento utilizado para la observación fue una hoja de registro de consumo, estructurada con las siguientes columnas: nombre del ingrediente, unidad original de medida,

cantidad consumida en el día normal observado y equivalente en unidad estándar tras aplicar los factores de conversión. Al finalizar la observación, este instrumento fue revisado con el propietario, gracias a su experiencia. Se procedió a su aplicación para garantizar consistencia con las prácticas habituales de compra y producción de la panadería.

La entrevista semiestructurada con el propietario abarcó diferentes temas como la validación de los factores de conversión de unidades, confirmación de la variación de demanda entre tipos de días y tiempos de entrega de los proveedores. Esta información fue esencial para el cálculo de los parámetros de inventario (SS, ROP, EOQ) y la configuración del modelo de Arena.

2.2.5. Técnicas de análisis de datos

El análisis de datos se estructura en dos pasos: el primero consiste en una parametrización, en la que se toman los diferentes datos observados y se transforman en entradas para el modelo. Posterior a este proceso, entra la fase de evaluación estadística, en la que los resultados del modelo se analizan para determinar el desempeño del sistema propuesto.

Microsoft Excel se utilizó para el cálculo de los parámetros de inventario, el cálculo de las métricas de eficacia del servicio, siendo estos el nivel de servicio del ciclo, la tasa de cumplimiento y los episodios de desabastecimiento, a partir de los datos de salida de la simulación (.CSV), y la organización de los datos para su análisis.

El nivel de servicio del ciclo (CSL) mide la proporción del tiempo en que el inventario se mantuvo positivo con la Eq. 7.

$$\text{CSL} = \left(\frac{(\text{n} - \text{n}_0)}{\text{n}}\right) \times 100 \tag{7}$$

Donde n es el número total de días simulados y n_0 es el número de días en desabastecimiento.

La tasa de cumplimiento de la demanda (Fill Rate) mide la proporción de la demanda efectivamente satisfecha con la Eq. 8.

$$\text{Fill Rate} = \left(1 - \frac{\text{F}}{\text{C} + \text{F}}\right) \times 100 \tag{8}$$

Donde F es el faltante total acumulado y C es el consumo total de inventario, empleado como aproximación de la demanda ante la ausencia de una columna de demanda explícita en los registros de la simulación; el término (C + F) representa la demanda total estimada.

La duración media de los episodios de desabastecimiento mide el número promedio de días consecutivos que dura cada episodio, son calculadas con la Eq. 9.

$$\text{Duración media} = \frac{n_0}{E} \tag{9}$$

Donde n_0 es el número total de días en desabastecimiento y E es el número de episodios, entendiendo por episodio cada racha de días consecutivos con inventario agotado.

Arena generó los datos diarios de inventario, faltantes y órdenes de cada materia prima a lo largo de las réplicas.

Minitab se empleó para el análisis estadístico: estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación, asimetría y curtosis), identificación de distribuciones de probabilidad, análisis de capacidad del proceso respecto al punto de reorden, gráficas de control Xbar-R para evaluar la estabilidad entre réplicas, e intervalos de confianza sobre el nivel de servicio del sistema.

Este conjunto de técnicas permite evaluar el desempeño del sistema desde tres perspectivas, de manera complementaria: la eficacia, con el nivel de servicio y el cumplimiento de la demanda; la eficiencia, con relación entre servicio e inventario mantenido; y, por último, la robustez, con la estabilidad y la consistencia del comportamiento ante la variabilidad de la demanda.

La distribución triangular funciona como modelo estocástico de demanda porque la panadería no dispone de datos históricos extensos. Según [30], la distribución TRIA(a, m, b) es la elección adecuada en una simulación que solo dispone del valor mínimo, la moda y el valor máximo. Aquí la moda proviene de la observación directa en campo, mientras que el mínimo se obtiene aplicando el multiplicador 0.65; y el máximo aplicando el multiplicador 1.45, ambos validados y ajustados junto con el propietario.

2.2.6. Procedimiento metodológico y fases del estudio

El procedimiento metodológico se organiza en cinco fases desglosables para asegurar la obtención de resultados, cada una con un objetivo específico, actividades definidas y un resultado esperado concreto.

2.2.6.1.Diagnóstico del problema

En esta primera fase se analizó el comportamiento del consumo de las materias primas y así, con esta data, establecer la línea base para el diseño del sistema de gestión de inventarios.

Para empezar, se estandarizaron las unidades de medida de cada ingrediente para garantizar la uniformidad de la información y facilitar su análisis. Posteriormente, a partir de la información obtenida mediante la observación del proceso y la validación con el propietario de la panadería, se definieron los valores de demanda mínima, más probable y máxima para cada ingrediente disponible en la panadería. Estos parámetros permitieron construir las distribuciones de demanda que representan la variabilidad del consumo diario de los insumos y constituyen la base para los análisis posteriores y la simulación del sistema de inventarios.

2.2.6.2.Análisis del sistema

El análisis plantea como objetivo cuantificar el consumo real de materias primas y transformar los diferentes datos observados en diferentes parámetros estadísticos que sean útiles en el modelo de simulación.

La hoja de registro de consumo se aplicó en un día representativo de operación normal, obteniendo datos atribuidos al valor modal de consumo para cada uno de los 14 ingredientes en sus unidades originales. Las cantidades se convirtieron a unidades estándar mediante los factores de conversión documentados para facilitar su simulación en una unidad universal. A partir del valor normal observado, se derivaron los valores mínimo y máximo mediante los multiplicadores de escenario ×0.65 y ×1.45 respectivamente, o el ajuste según el criterio de experiencia. Con estos tres valores se construyó la distribución triangular TRIA para cada ingrediente.

2.2.6.3.Propuesta de solución

Con base en el análisis realizado en la fase anterior, se diseñó la propuesta del sistema de gestión de inventarios mediante la implementación de una política de reabastecimiento (s,S) para las catorce materias primas utilizadas en la panadería. Esta política fue seleccionada ya que permite mantener un control eficiente del inventario en un entorno donde la demanda no es regular, es decir, presenta variaciones diarias, garantizando así la disponibilidad de los insumos necesarios para el proceso productivo y reduciendo el riesgo de desabastecimiento o de mantener niveles excesivos de inventario.

Para cada materia prima se determinaron los principales parámetros de control del inventario, los cuales fueron: stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido (EOQ) y el nivel máximo de inventario. Estos cálculos se realizaron considerando un nivel de servicio objetivo del 95 %, con el propósito de mantener una alta probabilidad de satisfacer la demanda sin interrupciones. Además, se incorporaron ciertas restricciones propias

de cada insumo, por ejemplo, su vida útil y la capacidad de almacenamiento disponible, con el fin de que los parámetros obtenidos fueran técnica y operativamente viables para la panadería.

Una vez definidos estos parámetros, se establecieron las reglas de reabastecimiento para cada materia prima, determinando el momento en que debía emitirse una nueva orden de compra y la cantidad necesaria para restablecer el inventario hasta el nivel máximo definido. Como resultado de esta fase, se obtuvo el conjunto de parámetros técnicos que conforman la propuesta del sistema de gestión de inventarios y que posteriormente fueron utilizados como datos de entrada para la evaluación de desempeño.

2.2.6.4.Validación de la propuesta

La simulación en Arena busca verificar mediante el diagrama de bloques que el sistema de gestión de inventario diseñado reduce los faltantes y opera de forma estable, se observa en la

Figura 1.

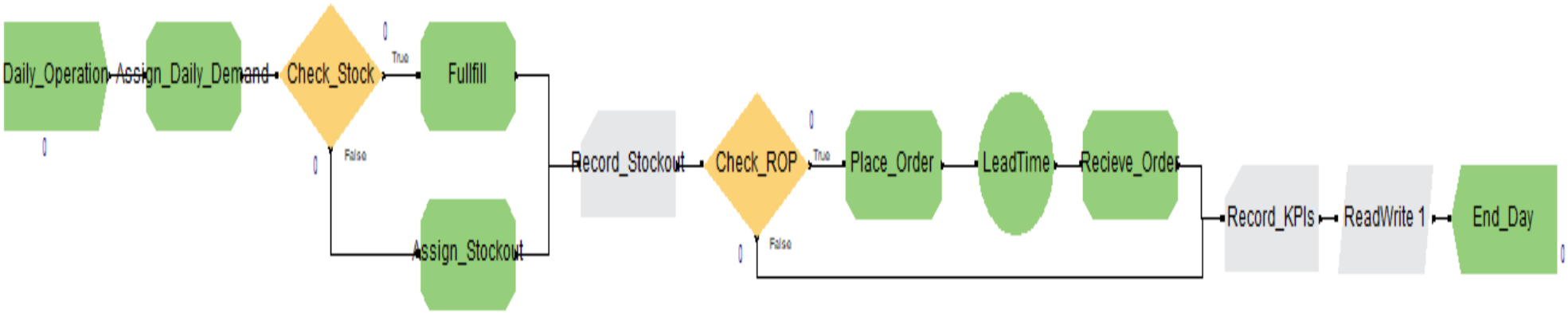


Figura 1. Diagrama de bloques en Arena
Fuente: Elaboración propia.

El modelo de simulación fue trabajado en Arena 16.2 para representar el comportamiento del sistema de inventarios de cada materia prima manteniendo un horizonte de 90 días operativos.

El diagrama empieza con el módulo CREATE (Daily_Operation), en el cual se genera una entidad por día de operación hasta completar así los 90 días simulados.

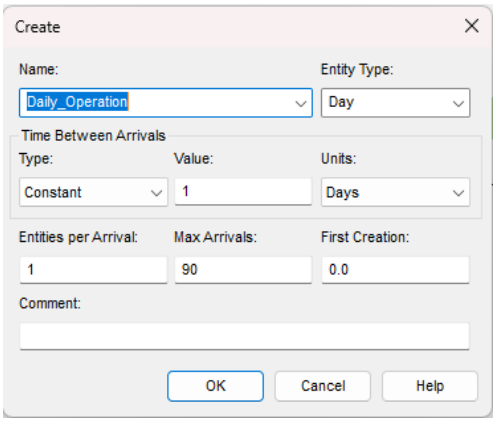


Figura 2. Configuración módulo CREATE (Daily_Operation)
Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, el módulo ASSIGN (Assign_Daily_Demand) asigna la demanda diaria mediante una distribución triangular TRIA, utilizando los valores mínimo, moda y máximo definidos anteriormente para cada ingrediente.

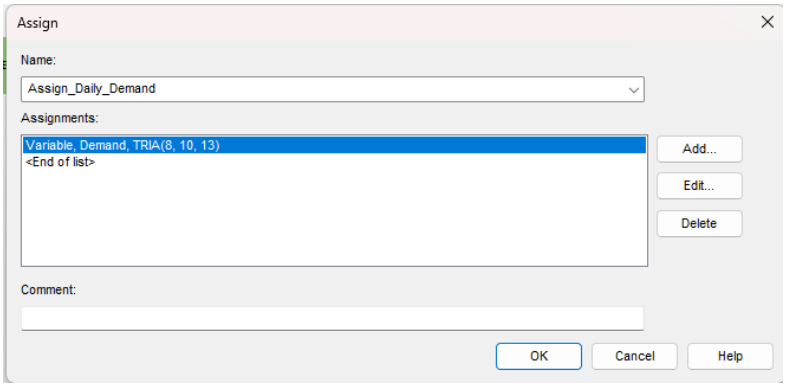


Figura 3. Configuración módulo ASSIGN (Assign_Daily_Demand)
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, el módulo DECIDE (Check_Stock) verifica si el inventario disponible con la variable Inv es suficiente para cubrir la demanda del día.

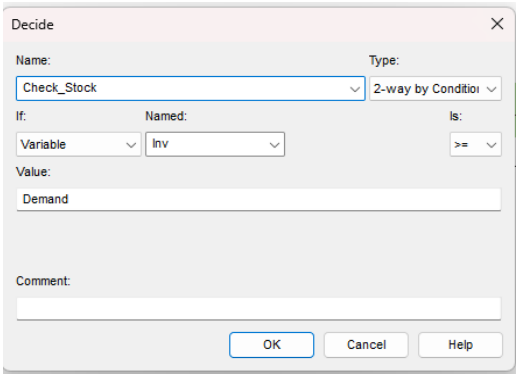


Figura 4. Configuración módulo DECIDE (Check_Stock)
Fuente: Elaboración propia.

Si el inventario es suficiente, el módulo ASSIGN (Fulfill) resta la demanda del inventario existente mediante la fórmula Inv = Inv − Demand y establece el indicador de faltante (Stockout_flag) en cero.

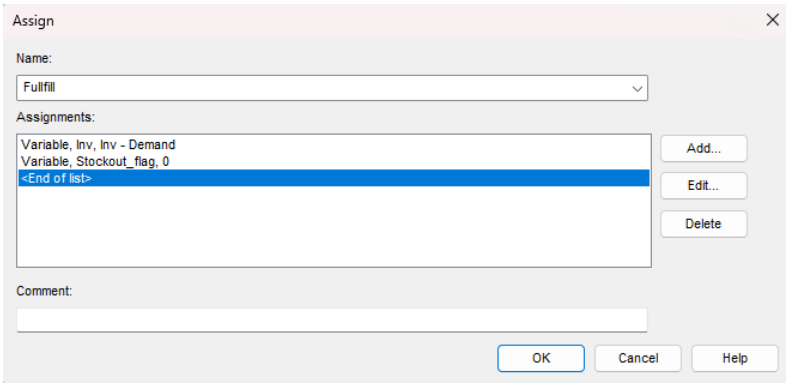


Figura 5. Configuración módulo ASSIGN (Fulfill)
Fuente: Elaboración propia.

Al contrario, si el inventario no es suficiente, el módulo ASSIGN (Assign_Stockout) calcula la cantidad faltante mediante la fórmula Stockout = Stockout + (Demand − Inv), asigna el inventario restante a cero y activa el indicador de faltante (Stockout_flag = 1).

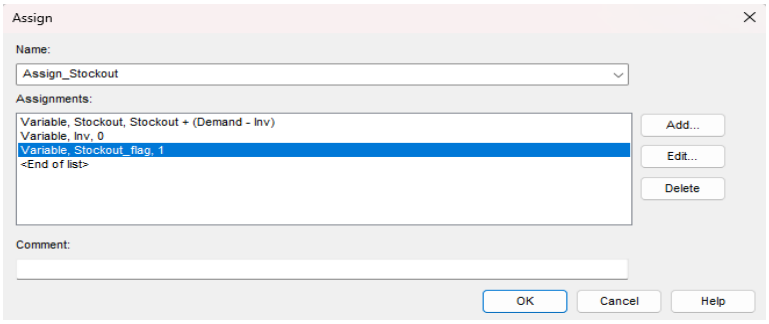


Figura 6. Configuración módulo ASSIGN (Assign_Stockout)
Fuente: Elaboración propia.

Después de esto, el módulo RECORD (Record_Stockout) registra estadísticamente el valor acumulado de los faltantes generados.

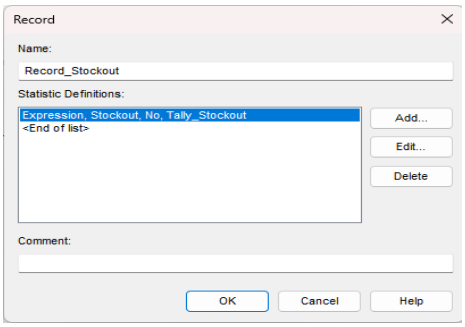


Figura 7. Configuración módulo RECORD (Record_Stockout).
Fuente: Elaboración propia.

Luego, el módulo DECIDE (Check_ROP) evalúa si el inventario es menor o igual al punto de reorden (ROP) calculado y si no existe un pedido pendiente anteriormente generado (Pending = 0).

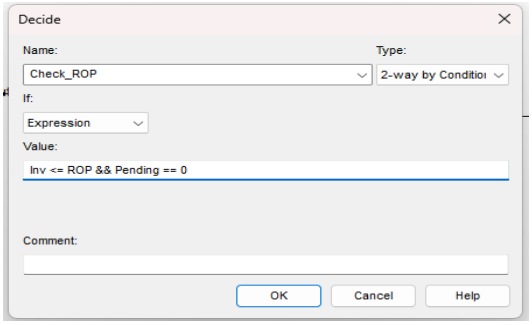


Figura 8. Configuración módulo DECIDE (Check_ROP)
Fuente: Elaboración propia.

Si ambas condiciones se cumplen, el módulo ASSIGN (Place_Order) calcula la cantidad a pedir utilizando la expresión Order = Max − Inv, además, se activa la variable de pedido pendiente (Pending = 1) e incrementa el contador de pedidos realizados (Orders_Count).

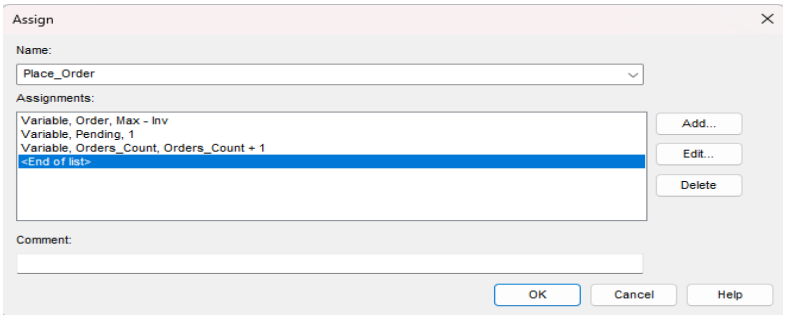


Figura 9. Configuración módulo ASSIGN (Place_Order)
Fuente: Elaboración propia.

El pedido generado pasa al módulo DELAY (LeadTime), que representa el tiempo que le toma a cada proveedor hacer una entrega.

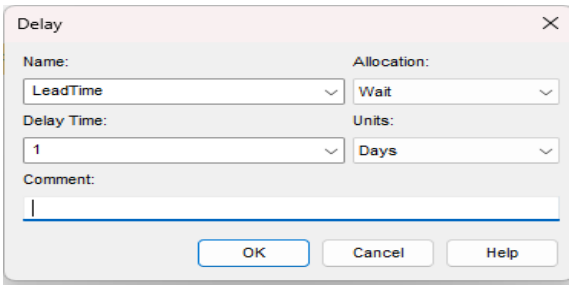


Figura 10. Configuración módulo DELAY (LeadTime)
Fuente: Elaboración propia.

Una vez transcurrido este tiempo, el siguiente módulo ASSIGN (Receive_Order) actualiza el inventario mediante la expresión Inv = Inv + Order y elimina la condición de pedido pendiente (Pending = 0) para evitar duplicados.

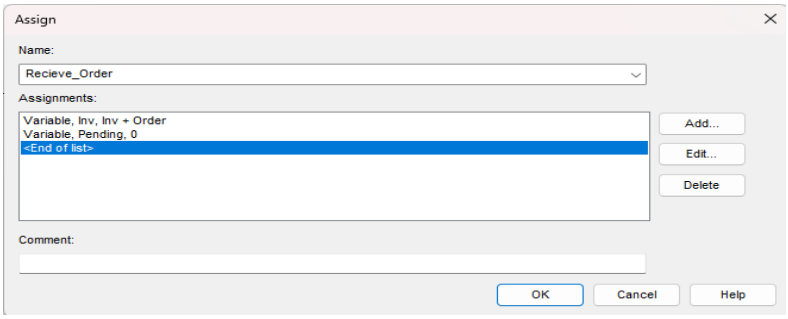


Figura 11. Configuración módulo ASSIGN (Receive_Order)
Fuente: Elaboración propia.

El módulo RECORD (Record_KPIs) se encarga de registrar el nivel de inventario disponible para el cálculo de indicadores de desempeño.

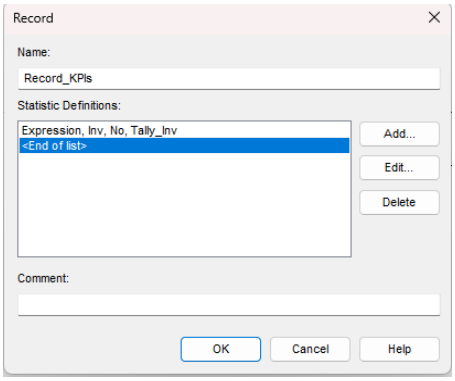


Figura 12. Configuración módulo RECORD (Record_KPIs)
Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar el módulo READWRITE exporta a un archivo CSV con las principales variables del sistema, incluyendo tiempo simulado, inventario disponible, demanda, faltantes, pedidos realizados, punto de reorden y nivel máximo de inventario.

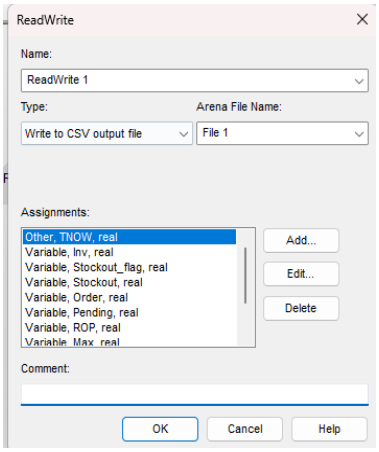


Figura 13. Configuración módulo READWRITE
Fuente: Elaboración propia.

La simulación se ejecutó durante 90 días por réplica, considerando 30 réplicas independientes para cada ingrediente analizado. La extensión del horizonte se determinó bajo dos criterios. En primer lugar, el horizonte representa un período de operación en régimen normal, coherente con el modelo de demanda adoptado, las distribuciones triangulares se construyeron a partir del consumo de una jornada típica y de los multiplicadores de variabilidad validados con el propietario para condiciones habituales de operación, por lo que el horizonte simulado no incorpora los picos extraordinarios asociados a festividades, los cuales exceden el rango de las distribuciones de entrada y quedan fuera del alcance del estudio. En segundo lugar, y de manera determinante para la validez del modelo, el horizonte se verificó frente al número de ciclos de reposición observados conforme a [30], un horizonte de simulación resulta adecuado cuando permite observar un número suficiente de ciclos completos del sistema modelado. El conjunto experimental registró 2525 ciclos completos de reposición, con una cobertura por ingrediente de entre 60 y 873 ciclos a lo largo de las 30 réplicas, lo que garantiza que cada política (s, S) sea evaluada de forma reiterada bajo distintas realizaciones de la demanda.

Se exceptúan de lo anterior la esencia de vainilla y el polvo de hornear, cuyos ciclos de reposición (superior a 90 días e igual a 64 días, respectivamente) exceden o se aproximan al horizonte simulado debido a su bajo consumo diario. En el caso de la esencia de vainilla, el inventario inicial resulta suficiente para cubrir la totalidad del horizonte, por lo que no se

registran eventos de reposición y el nivel de servicio del 100% obtenido refleja la suficiencia del stock inicial y no el desempeño de la política de reabastecimiento. Esta condición se reconoce como limitación y se detalla en el apartado correspondiente.

Los indicadores de desempeño registrados por el modelo son: nivel promedio de inventario, frecuencia de faltantes (horas sin stock), número de órdenes de compra emitidas y cantidad total ordenada por ingrediente. Los datos generados por la simulación en Arena son exportados en formato CSV para posteriormente darles el procesamiento y análisis estadístico necesario. A partir de estos registros se obtienen los indicadores de desempeño definidos para la evaluación del sistema de inventarios, los cuales se presentan y analizan en el capítulo de resultados.

2.2.6.5. Conclusiones esperadas de la simulación

Para cerrar el estudio y validación de la nueva política de inventario, se evaluó el desempeño del sistema de gestión de inventarios propuesto, verificando el cumplimiento de los objetivos establecidos y comparando los resultados obtenidos en la simulación con el nivel de servicio objetivo.

Además, se analizó la eficiencia de la política de reabastecimiento implementada en términos de disponibilidad de las materias primas, frecuencia de reposición y ocurrencia de desabastecimientos. A partir de estos resultados se formularon recomendaciones orientadas a facilitar la implementación del sistema en la panadería. Como resultado de esta fase, se obtuvieron las conclusiones, las lecciones aprendidas y las recomendaciones prácticas para la adopción y mejora continua del sistema de gestión de inventarios propuesto.

2.2.7. Aspectos éticos

El presente estudio se realizó con el consentimiento informado del propietario de la Panadería y Pastelería Pan de Casa, quien fue totalmente informado sobre los diferentes y únicamente objetivos académicos de la investigación, la naturaleza de todos los datos que se han recolectado y el uso exclusivamente académico de la información obtenida. No se divulgan datos comerciales sensibles que pueden afectar a la organización, como márgenes de utilidad, precios de venta o contratos con proveedores. Los datos de consumo de ingredientes se tratan de forma confidencial y se presentan en cantidades estandarizadas mas no en recetas de dominio privado. No se realizaron intervenciones en el proceso productivo real de la panadería durante el estudio, por lo que ni las operaciones del negocio ni la protección salubre de los productos elaborados fueron puestas en riesgo.

2.3. Materiales y equipos

En esta sección se describen los recursos físicos, documentales y tecnológicos utilizados en el estudio. Ya que esta investigación es de carácter único de simulación y no involucra ni depende de experimentación física con materiales de proceso, los materiales corresponden a los insumos de información utilizados para la alimentación del modelo, mientras que los equipos hacen únicamente referencia al software especializado y al hardware computacional utilizado para la simulación y el análisis estadístico.

2.3.1. Materiales

Los materiales descritos aquí corresponden a los insumos de información propiamente recopilados durante la fase de campo y utilizados como datos de entrada para los cálculos de inventario y el modelo de simulación. Su procedencia, características y función dentro del estudio se detallan a continuación.

Tabla 4. Materiales utilizados en el estudio

Material	Descripción	Función en el estudio
Registro de consumo diario de ingredientes	Hoja de observación aplicada en un único día representativo de operación normal, con registro del consumo de 14 materias primas críticas en sus unidades originales de uso	Base empírica para la estimación de parámetros de demanda, concretamente la moda de la distribución triangular
Ficha de conversión de unidades	Tabla de equivalencias: 1 quintal = 50 kg; 1 cubeta = 30 huevos; 1 libra = 0.4536 kg; 1 onza = 0.02835 kg; 1 balde = 3.8 kg	Estandarización de unidades de medida para uso en Arena y cálculos de inventario
Datos de tiempos de entrega de proveedores	Información recopilada mediante entrevista al propietario sobre el tiempo de reabastecimiento de cada proveedor local (rango: 1–3 días)	Definición del lead time para el cálculo del punto de reorden (ROP)

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Equipos

Los equipos y software se seleccionaron en función de su capacidad técnica para modelar sistemas de inventario estocásticos, ejecutar análisis estadísticos y procesar los datos de observación en campo. La Tabla 5 presenta las especificaciones técnicas y la función de cada herramienta.

Tabla 5. Equipos y software utilizados en el estudio

Equipo / Software	Marca y versión	Especificaciones técnicas	Función en el estudio
Software de simulación de eventos discretos	Arena 16.2	Lenguaje SIMAN; módulos Create, Assign, Decide, Delay, Record; exportación de resultados a CSV	Modelado y ejecución del sistema de inventario bajo la política (s, S) con demanda estocástica triangular
Software estadístico	Minitab 22	Estadística descriptiva, prueba de normalidad Anderson-Darling, identificación de distribuciones, prueba t de una muestra, análisis de capacidad del proceso, gráficas de control Xbar-R, intervalos de confianza al 95 %	Análisis estadístico de los resultados de simulación: validación de normalidad, prueba de hipótesis sobre nivel de servicio y análisis de capacidad del proceso
Hoja de cálculo	Microsoft Excel 365	Funciones estadísticas, formato condicional, tablas.	Cálculo de EOQ, ROP, stock de seguridad y nivel máximo S; organización y visualización de resultados por ingrediente
Computador portátil	Dell Inc. Inspiron15	Procesador Intel Core i5 o superior; RAM ≥ 8 GB; Sistema operativo Windows 10/11	Ejecución de los modelos de simulación y análisis estadístico

Fuente: Elaboración propia.

La combinación de software como Arena para la simulación y Minitab para el análisis estadístico funciona como la metodología estándar en diferentes estudios de ingeniería industrial que sirven principalmente para validar sistemas mediante simulación de eventos discretos [29]. Arena se encarga de modelar con precisión la lógica de la política (s, S), tomando en cuenta variables como el tiempo de entrega, la demanda estocástica y el control de pedidos pendientes. Como conjunto, Minitab proporciona las herramientas estadísticas necesarias para evaluar los resultados de la simulación y cuantificar la efectividad del sistema propuesto.

CAPÍTULO III

3.1. Diseño, simulación, construcción y/o implementación del sistema

En el siguiente capítulo se expone el desarrollo práctico de la investigación, correspondiente al diseño de un sistema de gestión de inventarios de materias primas para la Panadería y Pastelería Pan de Casa y su respectiva validación mediante la simulación de eventos discretos. Dado que el trabajo mantiene un enfoque de diseño validado computacionalmente, y no de construcción o implementación física, este capítulo se concentra en dos principales fases: el diseño del sistema, en el que se determinan los diferentes parámetros técnicos de control y reabastecimiento bajo una determinada política (s, S); y posterior la simulación del sistema, en la que se corre la evaluación de su comportamiento bajo condiciones de demanda variable antes de llevarlo a cualquier aplicación real.

3.1.1. Diseño del Sistema

El diseño constituye la etapa en la que se planifica, conceptualiza y estructura la solución técnica destinada a resolver el problema identificado. En esta fase no se ejecuta ninguna acción en el entorno real, se modela matemáticamente el sistema, se calculan sus parámetros y se definen las diferentes restricciones operativas. El objetivo aquí es definir cómo debe funcionar el sistema de inventario, además de qué componentes lo integran y cómo interactúan entre sí, todo esto con base en criterios técnicos, económicos y operativos establecidos.

3.1.1.1.Definición del sistema

El sistema diseñado implementa una política de reabastecimiento de revisión continua denominada (s,S), aplicada a catorce materias primas diferentes de la panadería. Bajo esta política, cada vez que el nivel de inventario de una materia prima desciende hasta o por debajo del punto de reorden (s), se envía una orden de reabastecimiento que eleva el inventario hasta el nivel determinado como máximo (S).

Las catorce materias primas que se han considerado son: azúcar, cocoa, dulce de leche, esencia de vainilla, harina, huevos, leche, levadura, mantequilla, pasta de chocolate, polvo de hornear, premezcla, queso y sal. Cada una de estas fue tratada de manera individual, con sus propios parámetros de demanda, costos, tiempo de entrega y restricciones, en lugar de aplicar valores uniformes a todo el conjunto.

Tabla 6. Unidad de medida usada para cada materia prima

Materia prima	Unidad estándar de medida
Azúcar	kg
Cocoa	kg
Dulce de leche	L
Esencia de vainilla	L
Harina	kg
Huevos	cubetas
Leche	L
Levadura	kg
Mantequilla	kg
Pasta de chocolate	kg
Polvo de hornear	kg
Pre mezcla	kg
Queso	kg
Sal	kg

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2.Modelado de la demanda

Ante la ausencia de registros históricos de consumo dentro de la panadería, la demanda de cada materia prima se modeló mediante distribuciones de probabilidad triangulares, TRIA (mínimo, moda, máximo), estas fueron construidas a partir de la observación directa de un día de producción que funciona como representativo. El valor observado funciona como la moda de la distribución, mientras que los diferentes extremos se definieron aplicando multiplicadores de 0.65× para el escenario de demanda baja y 1.45× para el escenario de demanda alta, representando así la variabilidad operativa que puede llegar a tener la panadería.

La distribución triangular se seleccionó por ser apropiada cuando se dispone de información limitada sobre el comportamiento de una variable: requiere únicamente tres parámetros (valor mínimo, más probable y máximo), todos estimables a partir de la observación y el conocimiento operativo del negocio, sin necesidad de series históricas extensas.

3.1.1.3.Cálculo de los parámetros de inventario

Para cada materia prima se determinaron cuatro parámetros técnicos necesarios: el stock de seguridad (SS), el punto de reorden (ROP), la cantidad económica de pedido (EOQ) y el nivel máximo de inventario (S_max). A continuación, se presentan las fórmulas empleadas.

3.1.1.3.1. Stock de seguridad (SS)

El stock de seguridad representa el inventario adicional destinado a amortiguar la variabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega. Se calculó mediante la Eq. 10.

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT} \quad (10)$$

Donde Z es el factor asociado al nivel de servicio deseado (Z = 1.645 para un nivel de servicio del 95 %), σ es la desviación estándar de la demanda y LT es el tiempo de entrega del proveedor en días. El nivel de servicio objetivo de 95 % se estableció como requisito mínimo de funcionamiento para el diseño del sistema.

La aplicación de esta expresión, formulada bajo supuestos de normalidad e independencia de la demanda, se justifica en los siguientes términos. En cuanto a la independencia, esta se satisface por construcción del modelo ya que la demanda diaria de cada materia prima se genera mediante muestreo independiente de su distribución triangular en cada día simulado, sin dependencia serial entre observaciones. En cuanto a la normalidad, el supuesto no recae sobre la demanda diaria sino sobre la demanda agregada durante el tiempo de entrega. Al respecto, la distribución triangular adoptada presenta un coeficiente de asimetría de 0.121, valor que la sitúa dentro del rango convencionalmente considerado como aproximadamente simétrico (|asimetría| < 0.5), y dicha asimetría se reduce a 0.086 y 0.070 al agregar la demanda sobre horizontes de dos y tres días respectivamente, conforme al efecto del Teorema Central del Límite sobre sumas de variables independientes. La verificación empírica sobre las series simuladas confirma este comportamiento: la asimetría de la demanda diaria no excede 0.33 en ninguno de los 14 ingredientes, y la de la demanda agregada a tres días no supera 0.21. La aproximación normal resulta, por tanto, admisible para el cálculo del stock de seguridad. Adicionalmente, dado que el tiempo de entrega se modela como determinista para cada proveedor, la expresión no requiere el término correspondiente a la varianza del tiempo de entrega, quedando la variabilidad total capturada por el factor $\sqrt{\ }$LT.

Cabe precisar, finalmente, que el valor obtenido mediante la Eq. 10 constituye una estimación analítica inicial de los parámetros del sistema. La validación del nivel de servicio del 95% no descansa sobre los supuestos de esta expresión, sino sobre la simulación de eventos discretos, la cual opera directamente con las distribuciones triangulares de demanda sin requerir aproximación normal alguna. En los casos en que la estimación analítica no permitió alcanzar el nivel de servicio objetivo, los parámetros fueron ajustados mediante calibración empírica y verificados nuevamente por simulación, conforme al enfoque de optimización basada en simulación descrito por [29], [30].

3.1.1.3.2. Punto de reorden (ROP)

El punto de reorden define el nivel de inventario que activa una nueva orden de compra. Este valor corresponde a la demanda esperada durante el tiempo de entrega más el stock de seguridad; se calculó mediante la Eq. 11.

$$\mathrm{ROP} = \left(\bar{\mathrm{d}} \times \mathrm{LT}\right) + \mathrm{SS} \tag{11}$$

Donde $\bar{d}$ es la demanda promedio diaria. En la política (s,S), el ROP equivale al parámetro de reorden s.

3.1.1.3.3. Cantidad económica de pedido (EOQ)

La cantidad económica de pedido determina el tamaño de orden que minimiza el costo total de inventario, equilibrando así los costos de ordenar y de mantener, para este valor se usó la Eq. 12.

$$\mathrm{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \times \mathrm{D} \times \mathrm{S}}{\mathrm{H}}} \tag{12}$$

Donde D representa la demanda anual, S es el costo de emitir una orden y H es el costo de mantener una unidad en inventario durante un año dentro de la panadería. El costo de mantenimiento se calculó como H = i × C, con una tasa de mantenimiento anual i = 25 % y C el costo unitario de las diferentes materias primas.

3.1.1.3.4. Nivel máximo de inventario (S_max)

El nivel máximo establece la cantidad hasta la cual se repone el inventario al emitir una orden. Corresponde al parámetro S de la política y se obtiene sumando la cantidad de pedido al punto de reorden, como lo muestra la Eq. 13.

$$\mathrm{S_{max}} = \mathrm{ROP} + \mathrm{EOQ} \tag{13}$$

En las materias primas sujetas a restricciones como por ejemplo de vida útil o almacenamiento, la cantidad de pedido efectiva se limitó por debajo del nivel de EOQ calculado, de modo que el nivel máximo no llegará a exceder la capacidad de conservación del ingrediente.

3.1.1.4.Criterios de costos y fuentes de datos

Los costos unitarios de los ingredientes se obtuvieron de fuentes oficiales del Ecuador, esto principalmente ya que no fue posible acceder a los precios de compra directos del lugar. Para los insumos básicos se emplearon los boletines oficiales del MAG-SIPA 2025 y el Acuerdo

Interministerial 024, mientras que para los insumos especializados de pastelería se utilizaron referencias del mercado mayorista de Quito. Los costos de emitir una orden se estimaron en un rango de $1.50 a $2.50 por pedido, según el tipo de proveedor al que pertenecía el ingrediente. Esta sustitución de fuentes se documenta como una decisión metodológica justificada ante la falta de información del propietario con relación a los precios.

3.1.1.5. Tiempos de entrega y restricciones operativas

Los tiempos de entrega se asignaron de forma individual a cada materia prima, en un rango de 1 a 3 días, en función del tipo de proveedor a cargo, en lugar de asumir un valor uniforme, ya que esto no se apegaba a la realidad. Adicionalmente, cuatro materias primas presentan restricciones de vida útil o almacenamiento que limitan su nivel máximo de inventario, aquí se estableció debajo del valor que arrojaría el EOQ sin restricciones:

Tabla 7. Restricciones de vida útil y almacenamiento aplicadas

Materia prima	Restricción	Límite aplicado
Leche	Vida útil corta	5 días — obligó a reducir el lead time de 2 a 1 día
Huevos	Vida útil	14 días
Queso	Vida útil	14 días
Sal	Almacenamiento (higroscópica)	21 días — límite por capacidad de bodega

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.6. Parámetros resultantes del diseño

La aplicación de las fórmulas detalladas anteriormente, junto con las restricciones operativas, produjo los parámetros de control para las catorce materias primas. La Tabla 8 resume el punto de reorden (s), el nivel máximo (S), la cantidad de pedido resultante (Q = S − s) y el tiempo de entrega asignado a cada ingrediente. Estos datos fueron usados para alimentar el modelo en el software Arena; la ficha de cálculo para cada ingrediente se puede ver en el Anexo 3.

Tabla 8. Parámetros de la política (s,S) por materia prima

Materia prima	Unidad	Punto de reorden (ROP)	Nivel máximo (S_max)	Cantidad de pedido (Q = S − s)	Lead time (días)
Azúcar	kg	13.24	302.75	289.51	1
Cocoa	kg	2.53	33.00	30.47	2
Dulce de leche	L	10.13	83.37	73.24	2
Esencia de vainilla	L	0.18	5.22	5.04	3
Harina	kg	265.00	1253.53	988.53	3
Huevos	cubetas	11.00	60.67	49.67	2
Leche	L	20.26	41.33	21.07	1
Levadura	kg	2.53	44.06	41.53	2
Mantequilla	kg	50.00	176.05	126.05	3
Pasta de chocolate	kg	13.94	72.06	58.12	3
Polvo de hornear	kg	0.22	19.22	19.00	1
Pre mezcla	kg	10.13	102.98	92.85	2
Queso	kg	4.94	52.50	47.56	1
Sal	kg	0.66	10.50	9.84	1

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.7.Ajustes empíricos de calibración

Durante la fase de simulación se identificó que, para varias materias primas, los parámetros derivados únicamente de las fórmulas no alcanzaban el nivel de servicio mínimo del 95 % previamente establecido. Esto ocurrió principalmente cuando la demanda máxima diaria superaba el punto de reorden calculado, lo que provocaba desabastecimiento el mismo día de la orden. En estos casos se aplicó una calibración empírica; dependiendo del caso, se realizaron ajustes en el punto de reorden, el factor Z o el tiempo de entrega hasta garantizar el cumplimiento del objetivo de servicio. Este proceso de ajuste de parámetros a partir de los resultados de la simulación, conocido en la literatura como optimización basada en simulación, es una práctica metodológicamente aceptada, que consiste en variar los parámetros de decisión del sistema y comparar el resultado obtenido frente al objetivo de desempeño establecido, hasta alcanzarlo [29], [30], se documenta de forma transparente para preservar la trazabilidad del diseño realizado en la Tabla 9.

Tabla 9. Ajustes empíricos aplicados durante la calibración

Materia prima	Ajuste empírico aplicado	Motivo
Harina	ROP elevado a 265 kg (sobre el valor de fórmula)	La demanda máxima diaria excedía el ROP calculado
Huevos	ROP fijado en 11 cubetas	Garantizar cobertura ante demanda alta
Leche	Lead time reducido de 2 a 1 día	La vida útil de 5 días hacía inviable LT = 2 con el ciclo
Azúcar	Factor Z elevado de 1.645 a 2.326	Alcanzar nivel de servicio superior al 95%
Mantequilla	ROP ajustado a 50 kg; S_max a 176,05 kg	El valor de fórmula no superaba el 95% de servicio

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros obtenidos mediante las expresiones analíticas constituyen una estimación inicial cuyo desempeño debe verificarse frente al comportamiento estocástico del sistema. Para ello se aplicó un procedimiento iterativo de calibración basado en simulación (simulation-based optimization), conforme al enfoque descrito por [29], [30], estructurado en las siguientes etapas:

1. Configuración inicial. Se cargaron en el modelo de Arena los valores de punto de reorden y nivel máximo derivados de las expresiones analíticas, empleando Z = 1.645, correspondiente al nivel de servicio objetivo del 95%.

2. Ejecución experimental. Se ejecutaron 30 réplicas independientes de 90 días para cada materia prima, con semillas aleatorias distintas.

3. Evaluación del criterio de aceptación. Se calculó el nivel de servicio de ciclo como la proporción de días del horizonte simulado en los que el inventario disponible se mantuvo por encima de cero. Cuando el resultado alcanzó o superó el 95%, los parámetros se aceptaron sin modificación.

4. Ajuste de primer orden — factor de seguridad. Cuando el nivel de servicio resultó inferior al objetivo, se incrementó el factor Z asociado al stock de seguridad, elevando la protección frente a la variabilidad de la demanda sin alterar la estructura de la política. Este ajuste se aplicó al azúcar, cuyo factor se elevó de 1.645 a 2.326.

5. Ajuste de segundo orden — punto de reorden empírico. Cuando el incremento del factor Z no permitió alcanzar el objetivo, se ajustó directamente el punto de reorden hasta un valor que garantizara la cobertura de la demanda durante el tiempo de entrega en el escenario más desfavorable de la distribución. Este criterio responde a que, bajo revisión continua, una

ruptura puede producirse en el propio día de reorden si el punto de reorden no cubre la demanda máxima del período de entrega. Este ajuste se aplicó a la harina, los huevos y la mantequilla.

6. Ajuste del nivel máximo. Al modificarse el punto de reorden, el nivel máximo se recalculó de modo que la cantidad de pedido resultante mantuviera la coherencia con el lote económico y con las restricciones de almacenamiento y vida útil de cada materia prima.

7. Verificación. Tras cada ajuste se re-ejecutó el experimento completo de 30 réplicas, repitiéndose el ciclo hasta que la totalidad de las materias primas alcanzó el nivel de servicio mínimo del 95%.

Cabe precisar que las restricciones derivadas de la vida útil y de la capacidad de almacenamiento, aplicables a la leche, los huevos, el queso y la sal, no constituyen ajustes de calibración, sino condiciones de diseño impuestas a priori sobre el nivel máximo de inventario, con independencia del nivel de servicio obtenido. Los ajustes efectivamente aplicados durante el proceso de calibración se detallan en la Tabla 9, garantizando la trazabilidad del diseño.

3.1.2. Simulación del Sistema

La simulación es la representación computacional del sistema diseñado para la panadería, con el fin de analizar su comportamiento antes de aplicarlo en un entorno real. Esta simulación tiene como objetivo predecir resultados, detectar problemas y evaluar el desempeño del sistema bajo condiciones de demanda variable, minimizando así los diferentes riesgos antes de cualquier decisión de implementación. Para ello se empleó el software de simulación de eventos discretos Arena.

3.1.2.1.Modelo de simulación en Arena

Se construyó un modelo de simulación de eventos discretos que replica la operación diaria del inventario de cada materia prima. El modelo reproduce, para cada día simulado, la siguiente lógica, empieza con una demanda aleatoria a partir de la distribución triangular usada para cada insumo, se actualiza el nivel de inventario tras el uso, se verifica si dicho nivel ha alcanzado el punto de reorden y, de ser así, se emite una orden para reponer el inventario hasta el nivel máximo tras el tiempo de entrega asignado. Cuando la demanda excede el inventario disponible, se registra el respectivo faltante como un evento de desabastecimiento.

Los resultados diarios de cada materia prima, como lo son el nivel de inventario, faltantes, órdenes emitidas y parámetros de control, se exportaron a archivos de valores

separados por comas (CSV) mediante bloques ReadWrite de Arena, generando así un archivo independiente por insumo para su posterior análisis estadístico en Minitab.

3.1.2.2.Parámetros y configuración de la simulación

La configuración experimental de la simulación se definió conforme a las prácticas estándar para estudios de simulación de eventos discretos:

Número de réplicas: 30 réplicas independientes por materia prima, cada una con una semilla aleatoria distinta para garantizar la independencia de los resultados.

Horizonte de simulación: 90 días de operación por réplica, equivalente a un trimestre de funcionamiento de la panadería.

Variables de salida registradas: nivel de inventario diario, número y magnitud de faltantes, cantidad y frecuencia de órdenes emitidas.

La elección de 30 réplicas se fundamenta en el Teorema Central del Límite, según el cual, con un número de observaciones independientes igual o superior a 30, la distribución de la media muestral se aproxima a una distribución normal [30], lo que permite aplicar pruebas estadísticas paramétricas con validez sobre los resultados de la simulación. De este modo, cada réplica constituye una observación independiente del desempeño del sistema, y el conjunto de las 30 réplicas permite estimar su comportamiento esperado con intervalos de confianza.

3.1.2.3.Estructura de los datos generados

Cada archivo CSV contiene los registros diarios de una materia prima a lo largo de las 30 réplicas de 90 días, esto es tomado como la base de datos sobre la que se realiza el análisis estadístico. Los límites entre réplicas se identifican mediante el reinicio del reloj de simulación (TNOW), y cada observación corresponde al estado del inventario en un día específico de una réplica determinada. Con esta estructura se puede analizar tanto la distribución completa del inventario de cada insumo como la consistencia de su desempeño entre las 30 réplicas independientes.

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. Reafirmación del objetivo del capítulo

El presente apartado discute los resultados obtenidos tras la simulación del sistema de gestión de inventarios diseñado para la Panadería y Pastelería Pan de Casa. El objetivo de esta fase fue validar, mediante simulación de eventos discretos, el desempeño de la política de reabastecimiento (s,S) establecida para las catorce materias primas, evaluando si el sistema

alcanza el nivel de servicio mínimo del 95 % establecido como requisito de diseño, bajo condiciones de demanda variable.

La discusión se organiza en torno a tres dimensiones complementarias del desempeño, definidas como: eficacia, que es la capacidad del sistema para satisfacer la demanda; en segundo lugar, la eficiencia, medida por la relación entre el nivel de servicio alcanzado y el inventario mantenido; y, para finalizar, la robustez, representada por la estabilidad y la consistencia del comportamiento del sistema ante la variabilidad estocástica de la demanda. Cada dimensión se sustenta en los resultados del análisis estadístico realizado en Minitab sobre las 30 réplicas de 90 días simuladas para cada materia prima.

3.2.2. Presentación de resultados

Los resultados de la simulación se obtuvieron a partir de 30 réplicas independientes de 90 días por materia prima. El análisis estadístico se estructuró en cuatro bloques para mayor entendimiento, siendo estos: caracterización descriptiva del inventario, evaluación de la eficacia del servicio, análisis de capacidad respecto al punto de reorden y verificación de la estabilidad mediante gráficas de control.

3.2.3. Caracterización descriptiva del inventario

La Tabla 10 presenta los estadísticos descriptivos del nivel de inventario de los catorce ingredientes estudiados. Se observa que la media y la mediana de cada insumo son valores bastante similares, lo que constituye un primer indicio de simetría en las distribuciones. El coeficiente de variación se mantiene en un rango estrecho, entre 0.439 y 0.563, a pesar de que los niveles de inventario varían en una escala muy amplia entre ingredientes, como lo es desde la sal, con una media de 5.51 kg, hasta la harina, con 706.43 kg. La tabla original extraída de Minitab se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos del nivel de inventario por materia prima

Materia prima	Unidad	Media	Mediana	Desv. Est.	CV	Asimetría	Curtosis
Azúcar	kg	156.61	158.29	88.12	0.563	-0.07	-1.22
Cocoa	kg	16.50	16.60	9.06	0.549	-0.04	-1.15
Dulce de leche	L	41.06	41.48	22.35	0.544	-0.11	-1.06
Esencia de vainilla	L	2.85	2.84	1.35	0.475	0.00	-1.20
Harina	kg	706.43	726.60	310.20	0.439	-0.20	-1.05
Huevos	cubetas	33.10	33.92	15.51	0.469	-0.21	-1.01
Leche	L	22.11	24.78	10.61	0.480	-0.44	-1.30
Levadura	kg	23.17	23.77	12.78	0.551	-0.14	-1.24
Mantequilla	kg	83.03	87.34	44.95	0.541	-0.26	-1.05
Pasta de chocolate	kg	33.53	34.42	18.75	0.559	-0.17	-1.04
Polvo de hornear	kg	11.05	12.50	5.70	0.516	-0.42	-1.09
Premezcla	kg	51.68	52.35	27.77	0.537	-0.10	-1.08
Queso	kg	26.82	27.20	14.73	0.549	-0.12	-1.08
Sal	kg	5.51	5.71	2.98	0.541	-0.16	-1.14

Fuente: Elaboración propia.

El hallazgo más relevante de esta caracterización es el patrón de forma que siguen las distribuciones, se observa que todos los ingredientes presentan valores de asimetría cercanos a cero, es decir, entre −0.44 y 0.00, y los valores de curtosis son negativos yendo desde −1.01 hasta −1.30. Esta combinación de simetría y aplanamiento es característica de una distribución aproximadamente uniforme, y no de una distribución normal. Como se discute más adelante, esta forma es parte de una consecuencia directa del patrón de diente de sierra que genera usar una política (s,S).

Adicionalmente, se observa que solo cuatro materias primas presentan un valor mínimo superior a cero (esencia de vainilla, harina, huevos y leche), lo que indica que estos insumos nunca llegaron a agotarse por completo durante la simulación. El resto de los ingredientes registró al menos un episodio de inventario nulo, coincidiendo con los ingredientes que presentan niveles de servicio inferiores al 100 %.

3.2.3.1.Identificación de la distribución del inventario

La identificación formal de distribuciones se realizó mediante la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling aplicada a todos los ingredientes. Como se observa en la Tabla 10, ninguna de las distribuciones de probabilidad clásicas evaluadas obtuvo un ajuste satisfactorio, es decir, en todos los ingredientes, el valor-p asociado resultó ser inferior a 0,005, es entonces que se rechaza la hipótesis de ajuste para las distribuciones Normal, Weibull y las demás

evaluadas. Este rechazo aplicado a todos se interpreta como una confirmación de la naturaleza aproximadamente uniforme del inventario, ya que la distribución uniforme no es parte del conjunto evaluado por la herramienta de identificación de Minitab.

La identificación formal de las distribuciones de inventario se realizó mediante la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, aplicada a los catorce ingredientes. Esta prueba se seleccionó por sobre alternativas como Kolmogorov-Smirnov por dos razones de metodología. Primero, Anderson-Darling otorga mayor peso a las discrepancias en las colas de la distribución, mientras que Kolmogorov-Smirnov es más sensible a las diferencias cercanas al centro de la distribución [31], [32] ; dado que el comportamiento crítico de la política (s,S), el cruce del punto de reorden y el alcance del nivel máximo, ocurre en los extremos de la distribución del inventario, Anderson-Darling resulta más apropiada para poder detectar desviaciones relevante. Además, Kolmogorov-Smirnov en su forma clásica exige que los parámetros de la distribución teórica sean conocidos previamente y no estimados de la misma muestra, al estimarse la media y desviación estándar a partir de los datos observados, como ocurrió al ajustar las distribuciones Normal y Weibull, los valores críticos estándar de Kolmogorov-Smirnov dejan de ser válidos [33]. Anderson-Darling, tal como se implementa en Minitab, incorpora el ajuste necesario para este escenario.

Se descartó adicionalmente la prueba de Ryan-Joiner, la tercera alternativa disponible en Minitab, y una aproximación al test de Shapiro-Wilk, dado que esta evalúa el ajuste exclusivamente respecto a la distribución Normal mediante la correlación con los valores normales esperados, por lo que no resulta aplicable a la comparación contra la distribución Weibull de tres parámetros incluida también en la Tabla 11, al basarse en la función de distribución empírica, sí permiten evaluar el ajuste frente a cualquier distribución de referencia especificada, razón por la cual son las pruebas directamente comparables en este estudio.

Tabla 11. Estadísticos de Anderson-Darling (AD) por materia prima

Materia prima	AD (Distribución Normal)	AD (Weibull 3 parámetros)	Valor-p
Azúcar	34,070	34,264	< 0,005
Cocoa	26,040	25,306	< 0,005
Dulce de leche	21,661	21,141	< 0,005
Esencia de vainilla	29,499	30,114	< 0,005
Harina	27,663	26,218	< 0,005
Huevos	24,538	22,746	< 0,005
Leche	125,039	92,172	< 0,005
Levadura	40,040	40,208	< 0,005
Mantequilla	35,397	29,133	< 0,005
Pasta de chocolate	23,990	22,818	< 0,005
Polvo de hornear	58,638	37,603	< 0,005
Premezcla	23,016	22,293	< 0,005
Queso	24,343	23,771	< 0,005
Sal	30,185	29,221	< 0,005

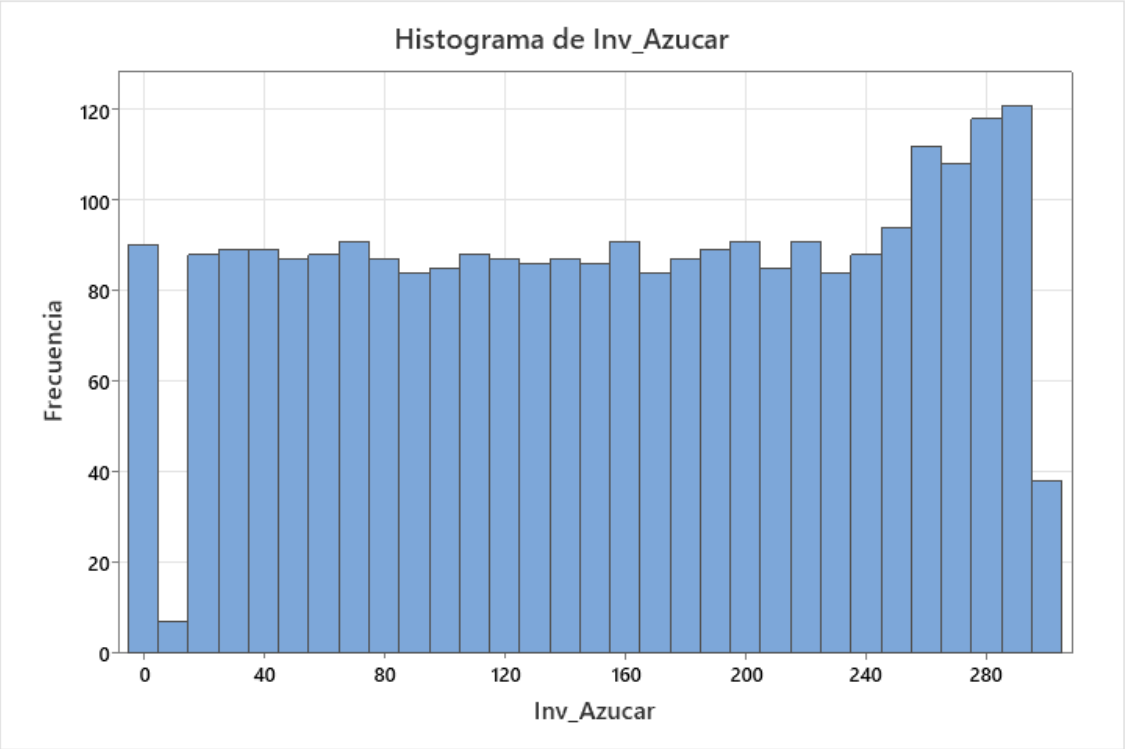
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los valores que podrían interpretarse como atípicos en los histogramas, ya que tienen concentraciones puntuales de frecuencia cercanas al punto de reorden, al nivel máximo o en cero, estos no fueron eliminados, filtrados ni tratados como errores de medición. Dichas concentraciones corresponden a un comportamiento estructural esperado de la política (s,S), el inventario tiende a acumularse en el nivel máximo inmediatamente después de cada recepción de pedido, se aproxima al punto de reorden en los días previos a una nueva orden, y se registra en cero durante ciertos episodios de desabastecimiento de los ingredientes que los presentan. Eliminar estas observaciones habría distorsionado las métricas de eficacia del servicio (CSL, Fill Rate), calculadas directamente a partir de dichos valores extremos. Por ello, la totalidad de las 2 700 observaciones por ingrediente se mantuvo intacta en el análisis, y las concentraciones observadas se interpretan como evidencia del patrón de diente de sierra característico de la política, no como anomalías del proceso de recolección de datos.

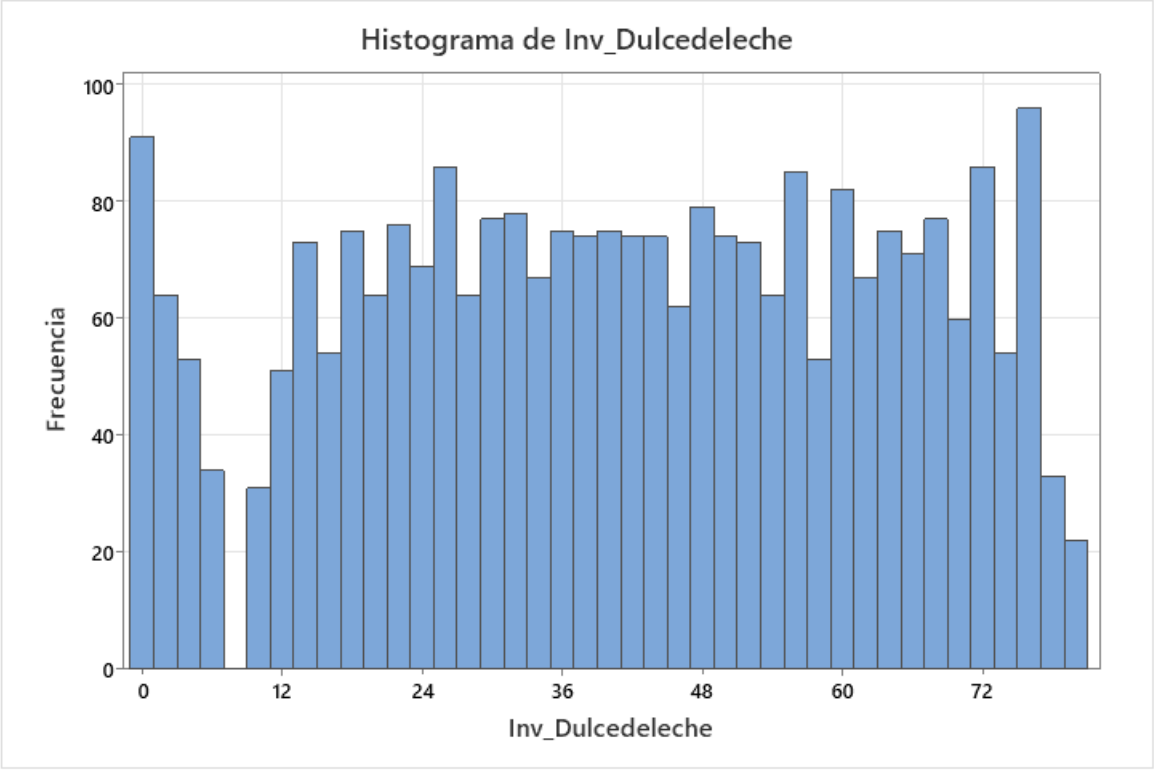
El análisis de los histogramas del nivel de inventario reveló tres patrones de distribución diferenciados, cada uno asociado a un estado distinto de dimensionamiento de la política:

Patrón uniforme: la mayoría de las materias primas, es decir, esencia de vainilla, cocoa, azúcar, dulce de leche, sal, queso y premezcla presentan histogramas con forma de meseta

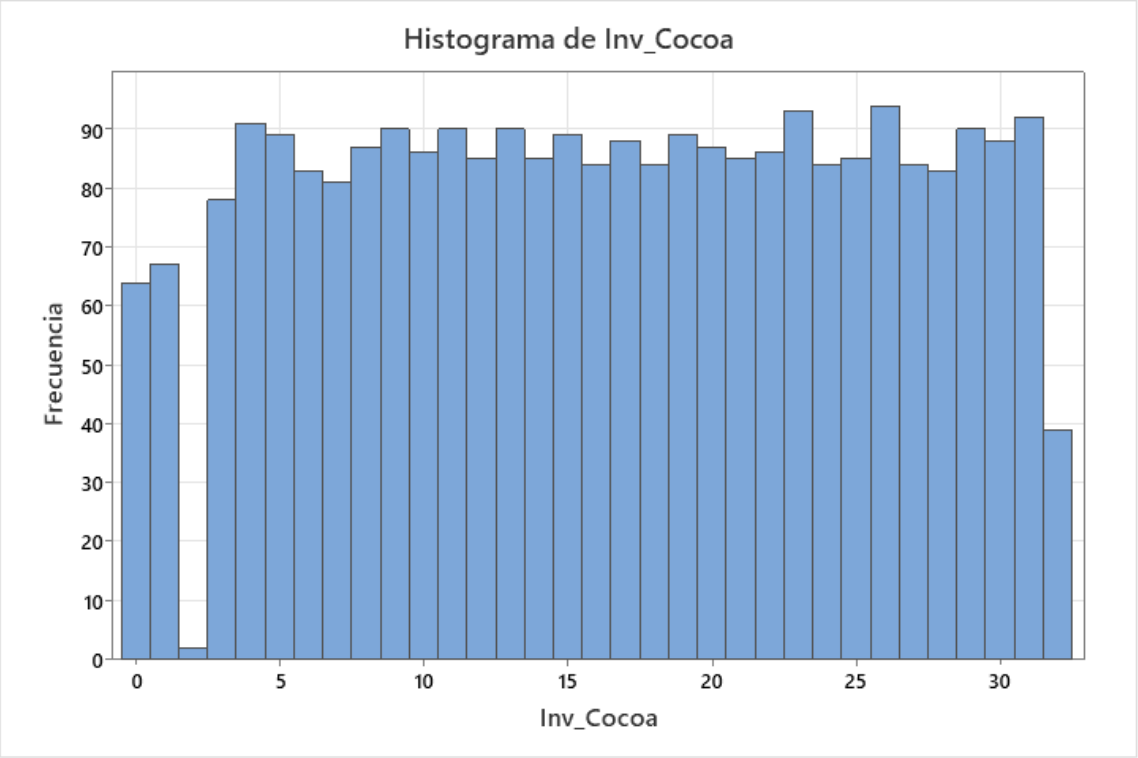
aproximadamente plana. Este patrón corresponde a un barrido uniforme del inventario entre el punto de reorden y el nivel máximo, característico de una política bien dimensionada.



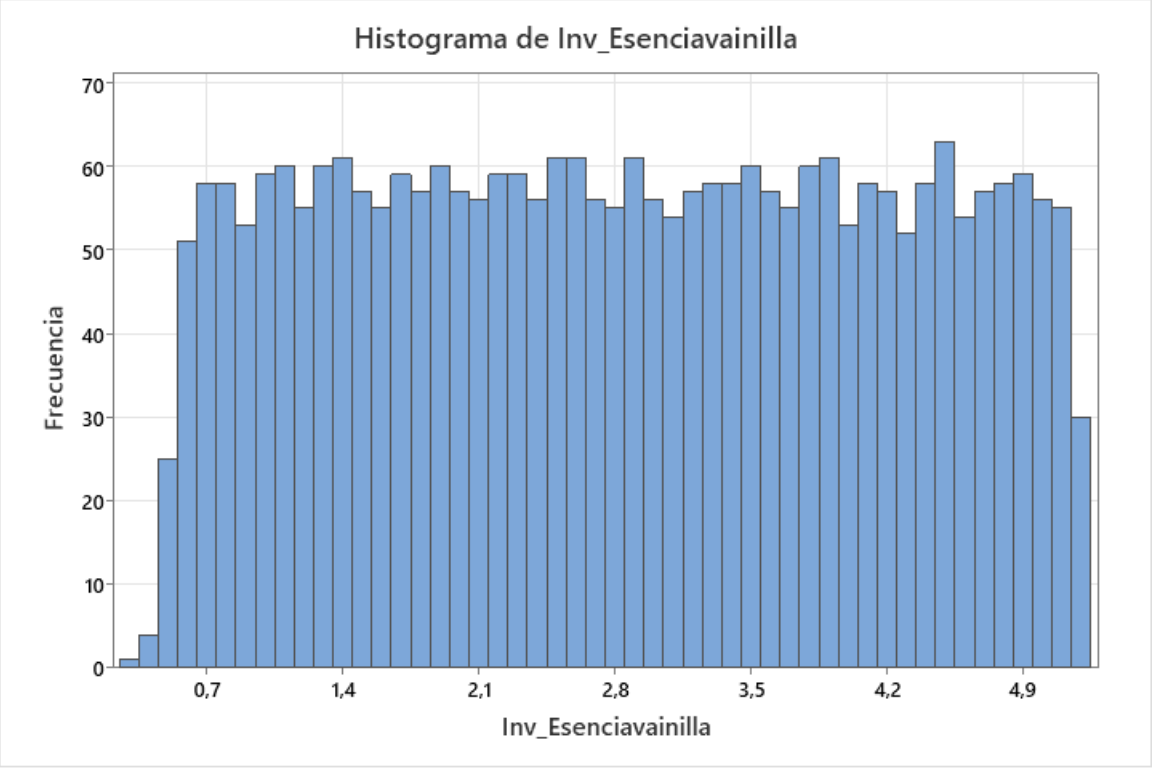
a) Histograma azúcar



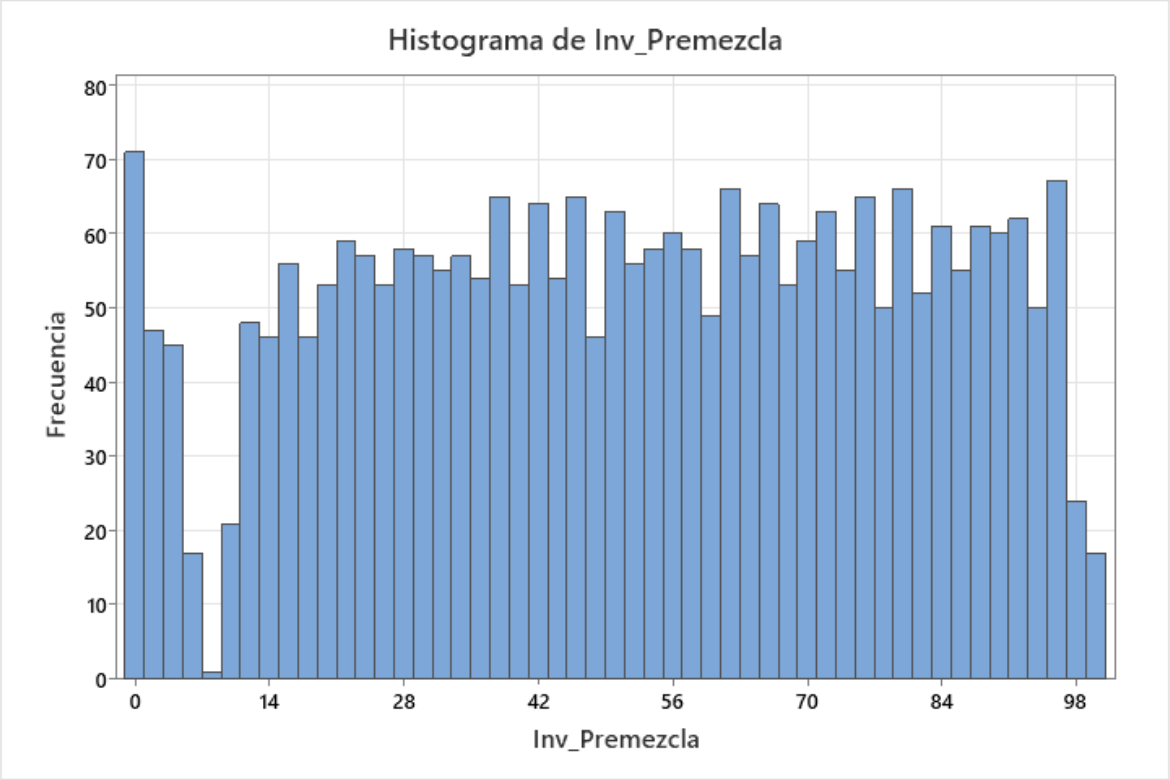
b) Histograma dulce de leche



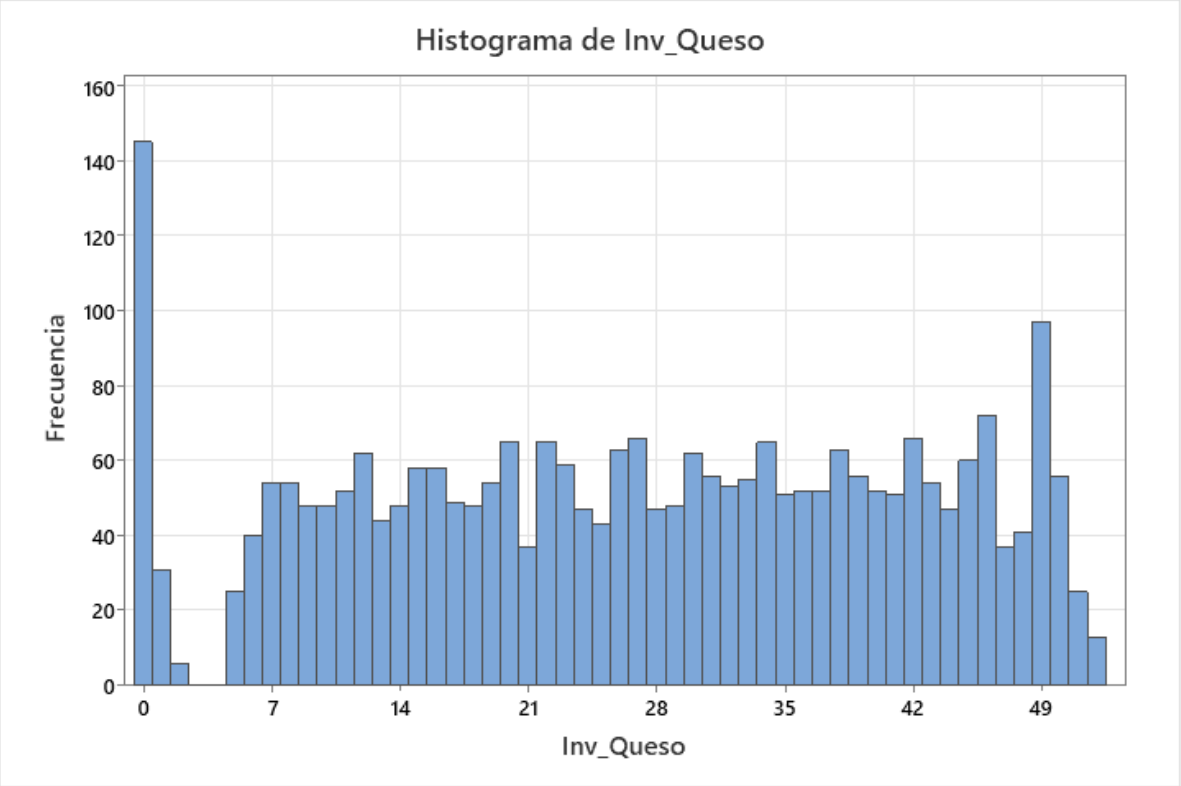
c) Histograma cocoa



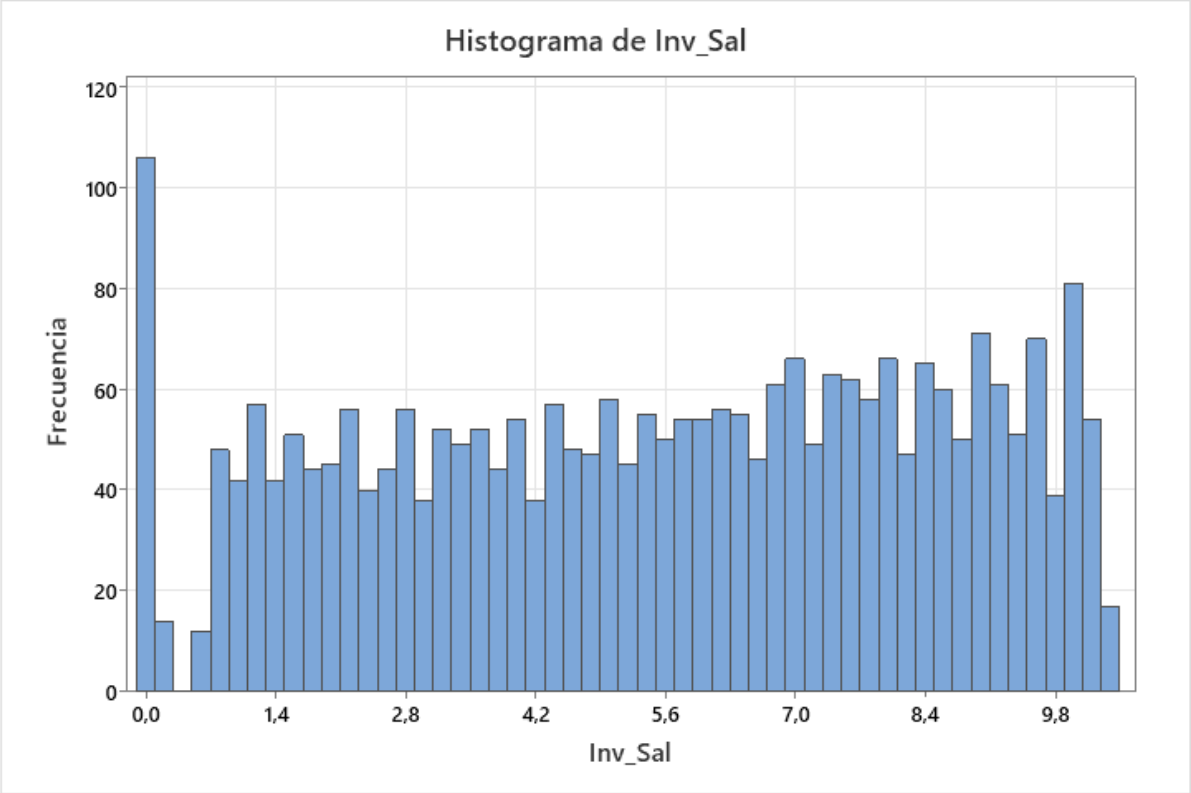
d) Histograma esencia de vainilla



e) Histograma premezcla



f) *Histograma queso*



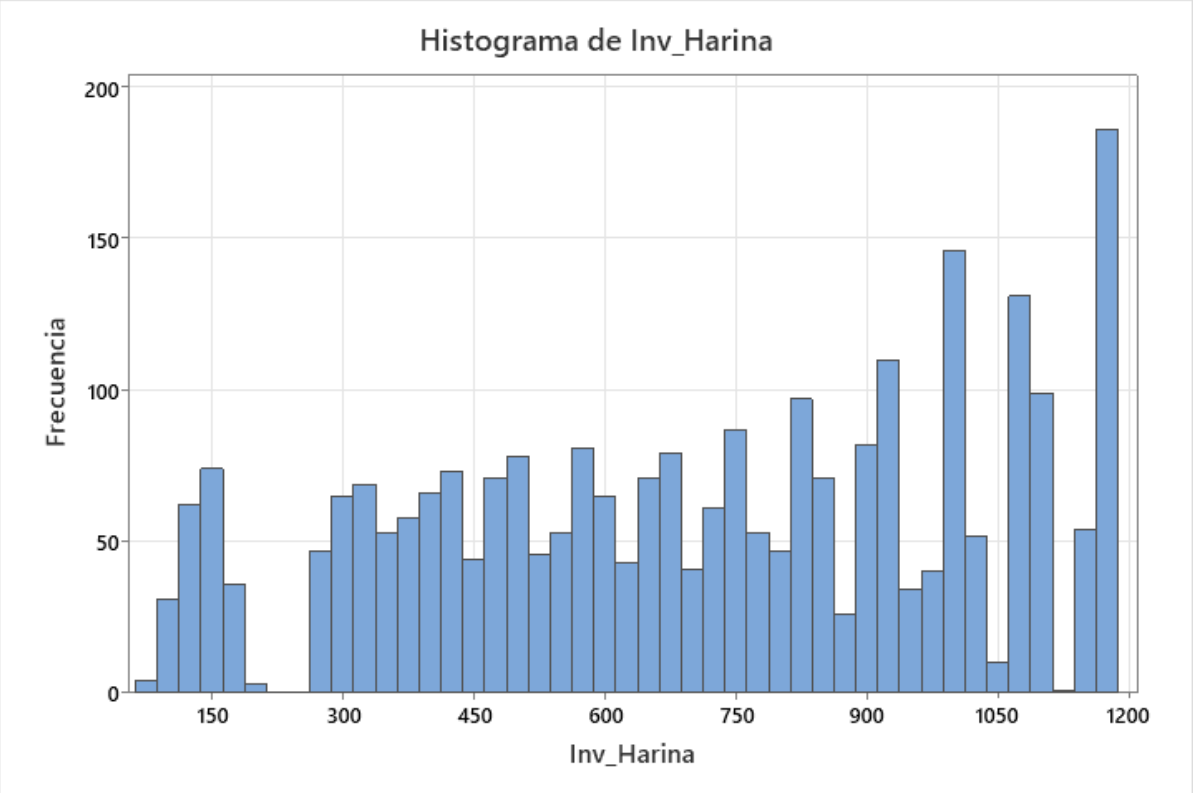
g) *Histograma sal*

Figura 14. Ingredientes con histogramas de patrón uniforme
Fuente: Elaboración propia.

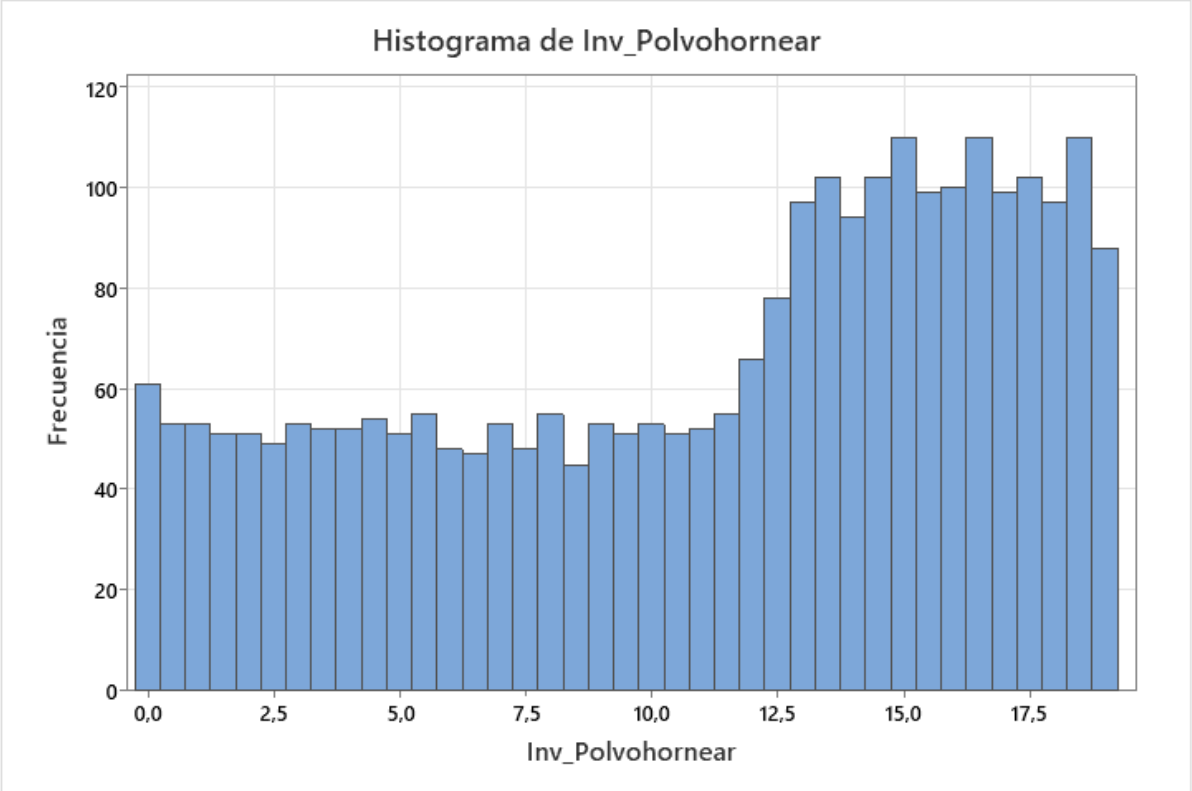
Patrón sesgado hacia valores altos: ingredientes como harina, huevos, polvo de hornear y levadura presentan histogramas con mayor frecuencia en los niveles altos de inventario. Este patrón indica que el sistema mantiene estos insumos en niveles elevados. Cabe precisar que el servicio del 100 % aplica únicamente a harina y huevos con 0 episodios de desabastecimiento; polvo de hornear con un nivel del 96.67 % CSL y 30 episodios y levadura con 97,41 % CSL y 35 episodios comparten la forma general sesgada hacia valores altos, pero presentan una concentración menor en los niveles bajos, correspondiente a sus respectivos episodios de desabastecimiento, sin que esto contradiga la clasificación del patrón predominante. Este patrón se asocia además con la posibilidad de un sobredimensionamiento del inventario, particularmente relevante en el caso de la harina.

No obstante, es importante precisar que dentro de este grupo únicamente la esencia de vainilla no registra episodios de desabastecimiento, mientras que los seis ingredientes restantes: cocoa (36 episodios), azúcar (67), dulce de leche (65), sal (82), queso (117) y premezcla (51).

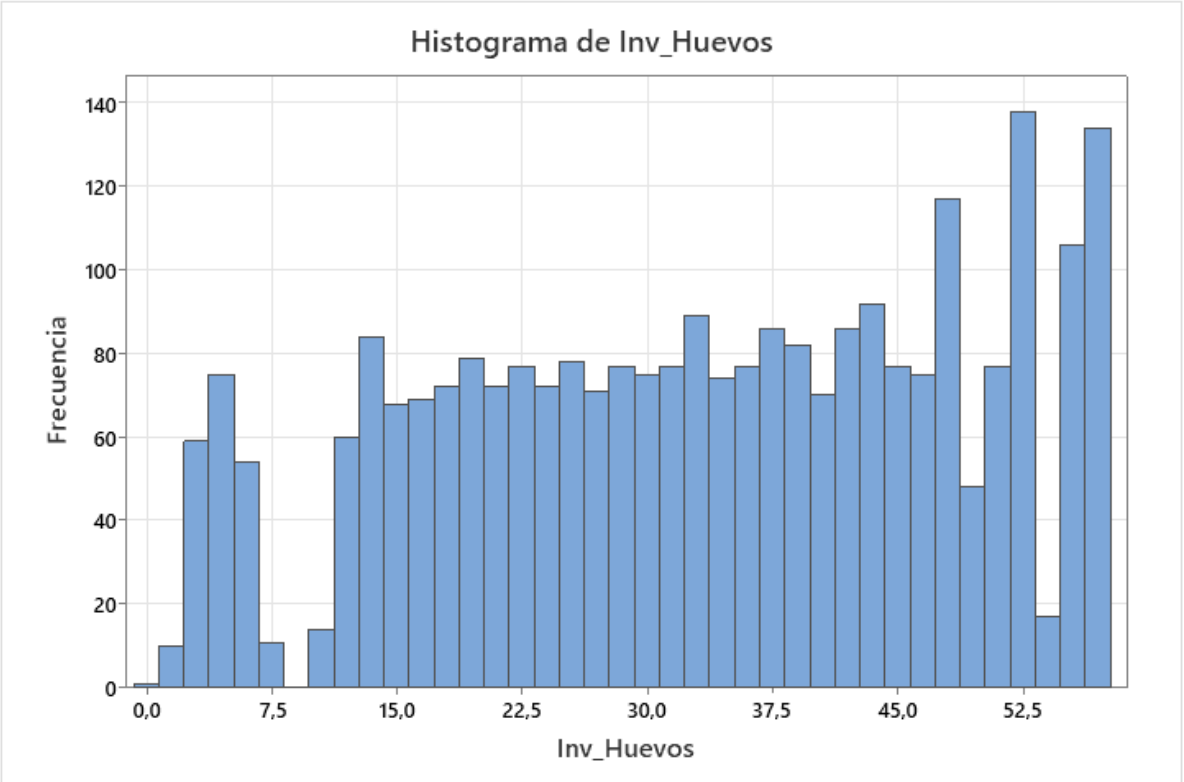
Presentan una concentración adicional de frecuencia en cero dentro del barrido uniforme, correspondiente a sus respectivos episodios reales de desabastecimiento. Estos registros se mantuvieron íntegros en el análisis, conforme al criterio general descrito al inicio de este apartado. La denominación de 'patrón uniforme' se refiere a la forma predominante de la distribución entre el punto de reorden y el nivel máximo, y no implica ausencia de desabastecimientos puntuales.



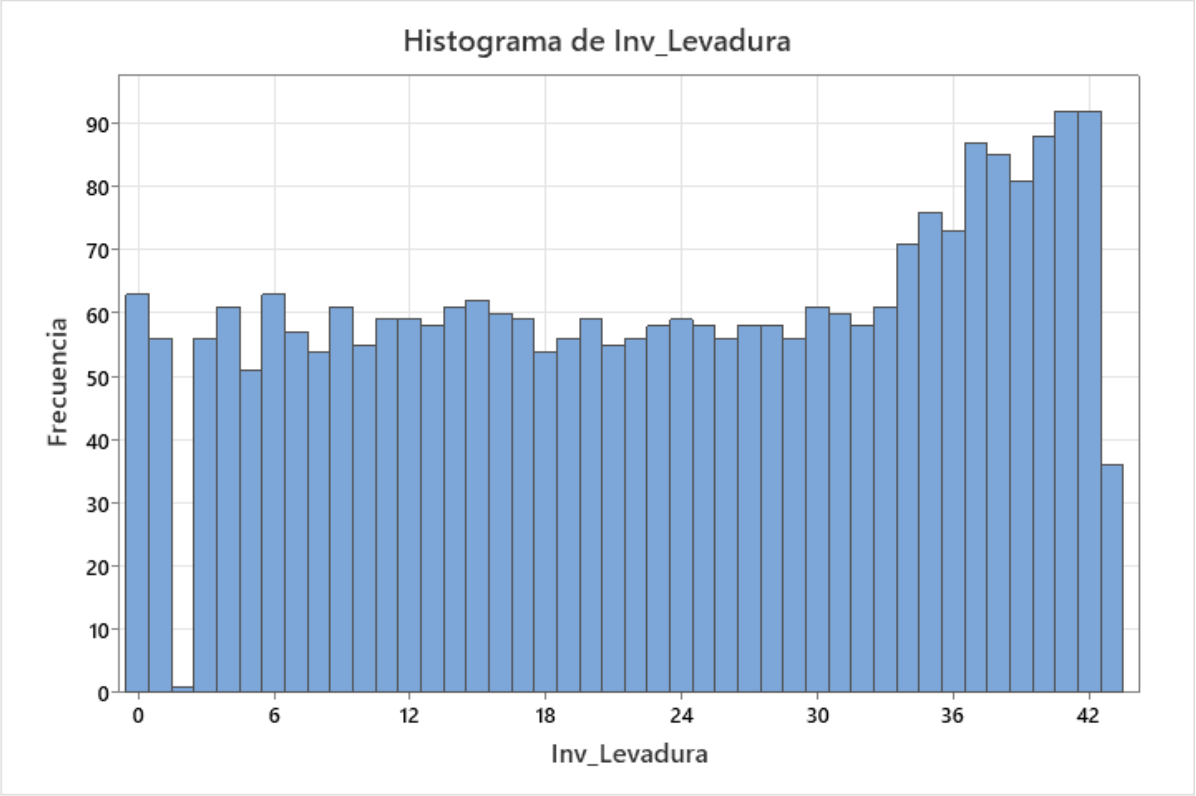
a) Histograma harina



b) Histograma polvo para hornear



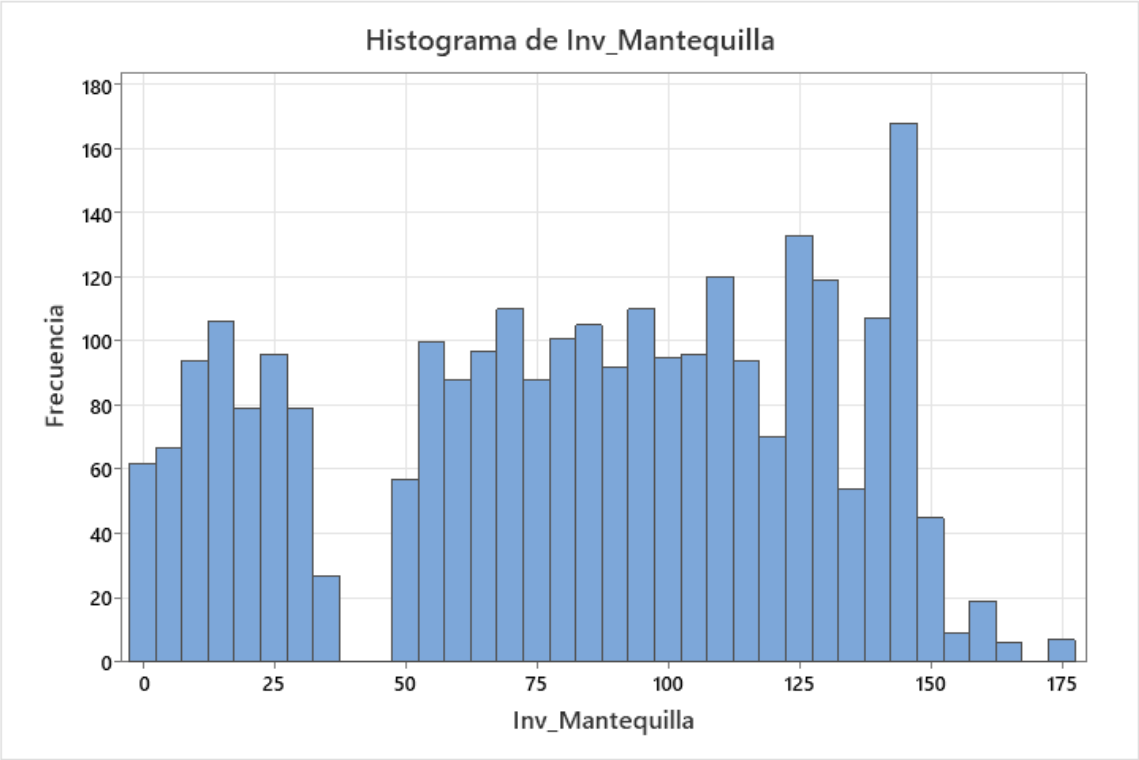
c) Histograma huevos



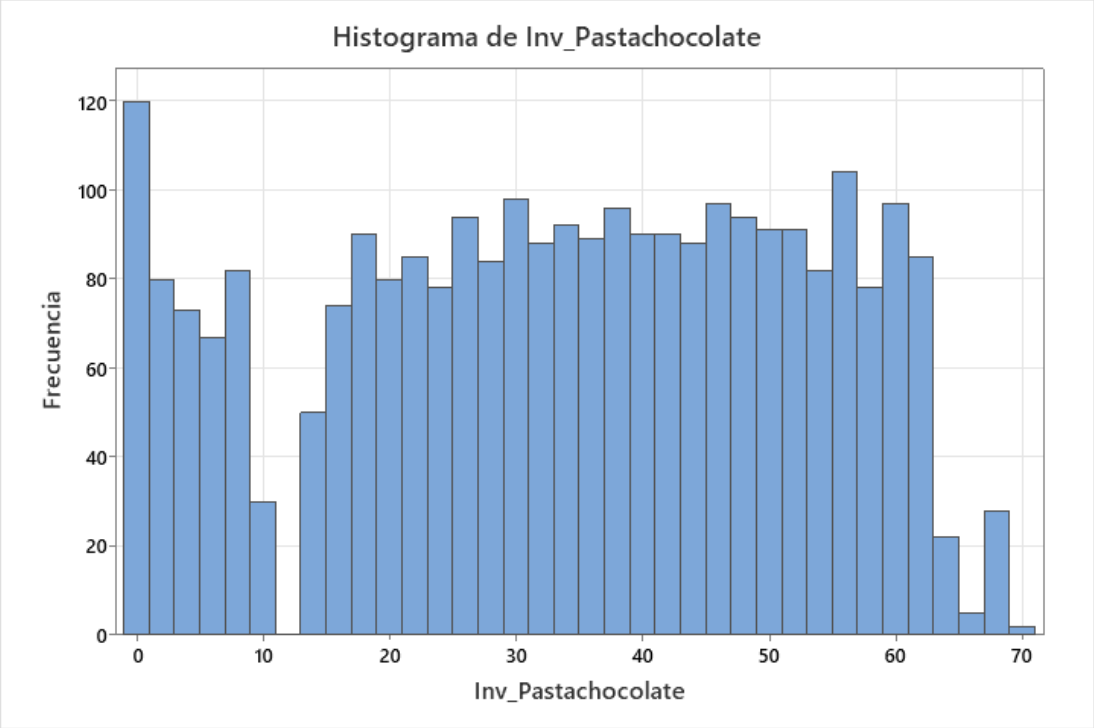
d) Histograma levadura

Figura 15. Ingredientes con histogramas de patrón sesgado hacia valores altos
Fuente: Elaboración propia.

Patrón sesgado hacia valores bajos: Ingredientes como la mantequilla y la pasta de chocolate presentan histogramas con acumulación de frecuencia en los niveles bajos de inventario, incluyendo una concentración notable cerca de cero. Esta concentración no constituye un dato atípico ni un error de registro; corresponde directamente a los episodios reales de desabastecimiento de cada ingrediente, en los que hay 38 episodios en mantequilla y 81 en pasta de chocolate, según se detalla en la evaluación de eficacia del servicio, por lo que estos registros se mantuvieron íntegros en el análisis, conforme al criterio general descrito al inicio de este apartado. Esta forma solo anticipa su desempeño deficiente respecto al punto de reorden, expresando así 22.6% y 16.8% del tiempo bajo el ROP, respectivamente, y las distingue de los ingredientes sobre abastecidos.



a) Histograma mantequilla



b) Histograma pasta de chocolate

Figura 16. Ingredientes con histogramas de patrón sesgado hacia valores bajos
Fuente: Elaboración propia.

Patrón bimodal: Por último, la leche presenta un histograma con dos modas separadas por un valle de baja frecuencia. Esta forma indica que por la interacción entre la frecuencia de reposición y el procedimiento de registro. La leche presenta el ciclo de reposición más corto del conjunto analizado siendo 3.1 días en promedio, frente a un rango de 8.6 a 90 días en las restantes materias primas, debido a su tiempo de entrega de un día y de la restricción de vida útil de cinco días. Dado que el registro diario captura el nivel de inventario tanto antes como después del arribo de los pedidos, en los días de reposición se generan dos observaciones correspondientes a estados distintos del ciclo, en el caso de la leche, esta condición afecta al 64% de los registros, frente a un máximo del 22% en el resto de materias primas. La distribución resultante superpone, en consecuencia, los estados pre-reposición y post-reposición del sistema, lo que origina las dos modas observadas. La verificación efectuada considerando una sola observación diaria confirma que el patrón bimodal desaparece bajo un criterio de registro homogéneo.

La forma bimodal constituye un rasgo asociado a la dinámica de reposición y al procedimiento de captura de datos, y no evidencia de un dimensionamiento inadecuado de la política. Los indicadores de desempeño operativo confirman que la leche alcanza un nivel de servicio del 99.96%, con un único día de desabastecimiento en 2700 registros simulados, situándose entre las materias primas de mejor desempeño del sistema. Asimismo, este patrón explica el estadístico de Anderson-Darling más elevado del conjunto, consistente con lo señalado respecto del efecto del comportamiento cíclico de las políticas de revisión continua sobre las pruebas de normalidad.

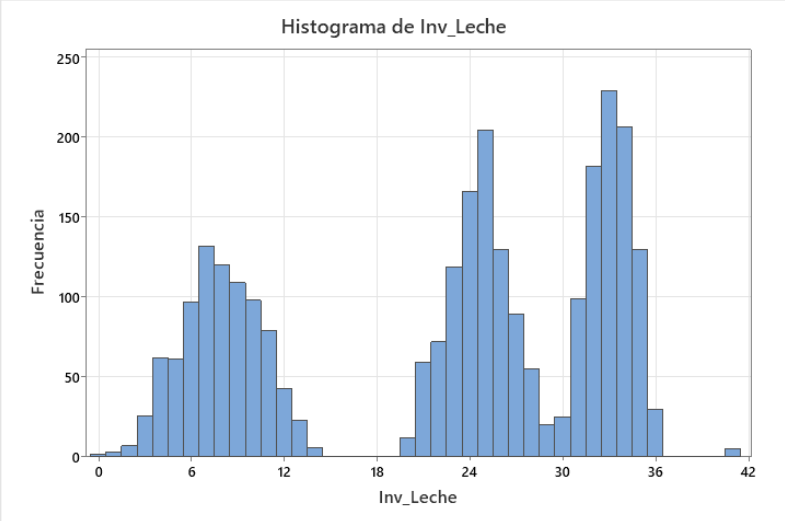


Figura 17. Ingredientes con histogramas de patrón bimodal (Leche)
Fuente: Elaboración propia.

La leche presenta los estadísticos de Anderson-Darling más elevados con un valor de 125,04 para la distribución Normal y 92,17 para la Weibull de 3 parámetros, estos valores son superiores a los del resto de ingredientes.

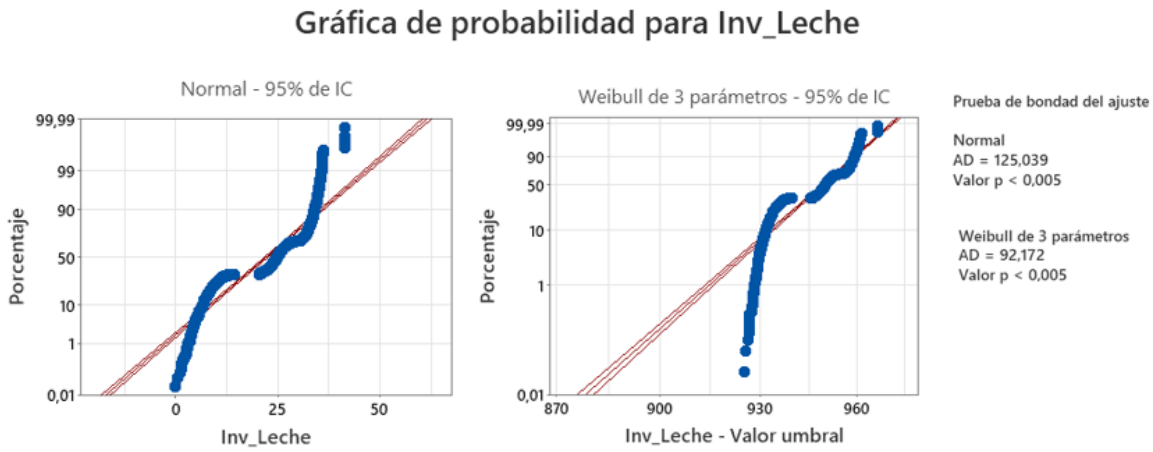


Figura 18. Prueba de bondad de ajuste — Leche
Fuente: Elaboración propia.

Este resultado muestra cómo la distribución bimodal se aleja considerablemente de cualquier distribución unimodal clásica y refuerza el resultado de que la política de la leche se encuentra deficientemente dimensionada. Además, que contar con 2 700 observaciones por ingrediente en las pruebas de bondad de ajuste tienden a rechazar cualquier distribución ante cualquier desviación mínima, por lo que la forma del histograma constituye un mejor criterio de interpretación más informativo que el valor-p. [30], el resto de las pruebas de bondad de ajuste se puede ver en el Anexo 5.

3.2.3.2.Evaluación de la eficacia del servicio

La eficacia del sistema se evaluó mediante tres métricas por materia prima, siendo estas el nivel de servicio del ciclo (CSL), la tasa de cumplimiento de la demanda (Fill Rate) y el número y duración de los episodios de desabastecimiento. Estas diferentes métricas se calcularon mediante el procesamiento de los datos de salida de la simulación en Microsoft Excel; el CSL entregó datos como la proporción de días con inventario positivo, el número de episodios como el conteo de rachas consecutivas de desabastecimiento, y la duración media como el cociente entre los días en stockout y el número de episodios. La tasa de cumplimiento se estimó empleando el consumo de inventario como aproximación de la demanda, dada la ausencia de una columna de demanda explícita en los registros de la simulación. La Tabla 12

presenta estos resultados, ordenados de mayor a menor nivel de servicio, adicionalmente, el Anexo 6 presenta la tabla de Excel con los cálculos realizados.

Tabla 12. Métricas de eficacia del servicio por materia prima

Materia prima	CSL (%)	Fill Rate (%)	N.º episodios	Duración media (períodos)
Esencia de vainilla	100.00	100.00	0	—
Harina	100.00	100.00	0	—
Huevos	100.00	100.00	0	—
Leche	99.93	99.77	1	2.00
Levadura	97.41	87.22	35	2.00
Cocoa	97.33	85.28	36	2.00
Mantequilla	97.19	86.00	38	2.00
Polvo de hornear	96.67	66.34	30	3.00
Premezcla	96.18	75.41	51	2.02
Dulce de leche	95.17	69.08	65	2.00
Azúcar	95.04	76.73	67	2.00
Pasta de chocolate	93.99	67.70	81	2.00
Sal	93.93	65.60	82	2.00
Queso	91.33	59.61	117	2.00

Fuente: Elaboración propia.

Los ingredientes harina, esencia de vainilla y huevos alcanzaron un servicio perfecto del 100 % en ambas métricas; esto significa que no registran episodios de desabastecimiento. El resultado más significativo de este análisis es la duración uniforme de los episodios de desabastecimiento que ocurren en prácticamente todos los ingredientes; los episodios duran exactamente 2 períodos, con una única excepción de 3 períodos para el polvo de hornear. Esto significa que, cuando ocurre un faltante, el sistema lo resuelve de manera rápida y consistente, sin episodios prolongados. Por ejemplo, los 234 períodos de desabastecimiento del queso corresponden en realidad a 117 episodios breves de 2 períodos cada uno, y no a una crisis sostenida de abastecimiento.

Se observa además una brecha sistemática entre el CSL y la tasa de cumplimiento en varios ingredientes. Mientras el CSL se mantiene entre 91 % y 100 %, la tasa de cumplimiento desciende hasta 59.6 % en el queso, 66.3 % en el polvo de hornear y 65.6 % en la sal. Esta diferencia se atribuye a que el CSL mide la proporción del tiempo en que hubo inventario disponible, mientras que la tasa de cumplimiento mide la proporción de la demanda efectivamente satisfecha; una brecha amplia solo indica que, durante los episodios de desabastecimiento, se pierde una porción considerable de la demanda.

3.2.3.3.Análisis de capacidad respecto al punto de reorden

El análisis de capacidad evaluó qué tan bien se mantiene el inventario de cada materia prima por encima de su punto de reorden, tratando el ROP como límite inferior de especificación. Dado que las distribuciones del inventario no son normales, se adoptó como métrica principal el porcentaje observado de tiempo por debajo del ROP, obtenido del valor 'PPM < LEI observado' de los informes de capacidad de Minitab; el índice Ppk se reporta como referencia comparativa, calculado por el mismo software. La Tabla 13 presenta los resultados ordenados del mejor al peor desempeño, en el Anexo 7 se encuentran las gráficas de análisis de capacidad realizado a los ingredientes.

Tabla 13. Análisis de capacidad respecto al punto de reorden (ordenado por % bajo ROP)

Materia prima	Unidad	ROP	Inv. medio	% bajo ROP	Ppk
Esencia de vainilla	L	0.18	2.8	0.00%	0.657
Polvo de hornear	kg	0.22	11.0	2.22%	0.633
Azúcar	kg	13.24	156.6	3.33%	0.542
Levadura	kg	2.53	23.2	4.44%	0.538
Sal	kg	0.66	5.5	4.44%	0.542
Cocoa	cubetas	2.53	16.5	4.94%	0.514
Premezcla	kg	10.13	51.7	6.71%	0.499
Queso	kg	4.94	26.8	6.74%	0.495
Harina	kg	265.00	706.4	7.78%	0.474
Huevos	cubetas	11.00	33.1	7.78%	0.475
Dulce de leche	L	10.13	41.1	8.99%	0.461
Pasta de chocolate	kg	13.94	33.5	16.78%	0.348
Mantequilla	kg	50.00	83.0	22.59%	0.245
Leche	L	20.26	22.1	32.15%	0.058

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos permiten clasificar las materias primas en tres grandes grupos basándose en su desempeño respecto al punto de reorden. Primero, con menos del 5 % del tiempo por debajo del ROP, se incluye ingredientes como la esencia de vainilla, el polvo de hornear, la sal y el azúcar, que operan con un margen de seguridad saludable. Un segundo grupo, entre 5 % y 10 %, comprendido por la premezcla, el queso, los huevos, la harina y el dulce de leche. Finalmente, tres materias primas presentan un desempeño deficiente: la leche con 32 % del tiempo bajo el ROP y Ppk = 0.058, la mantequilla con 23 % y Ppk = 0.245 y la pasta de chocolate con 17 % y Ppk = 0.348. Estos tres insumos cruzan su punto de reorden con una frecuencia excesiva y constituyen los principales candidatos a una recalibración a futuro.

3.2.3.4. Verificación de la estabilidad mediante gráficas de control

Para evaluar la consistencia que tiene el sistema entre las 30 réplicas de semillas independientes, se construyeron gráficas de control Xbar-R del nivel de inventario de cada ingrediente, utilizando la columna de ciclo como identificador de subgrupo. Este enfoque se aplicó para verificar si el comportamiento promedio del inventario se mantiene estable entre réplicas con demanda aleatoria. Las catorce materias primas presentaron control estadístico en las gráficas Xbar-R, ya sea tanto el inventario promedio por ciclo representado por la gráfica Xbar, como el rango interno representado por la gráfica R se mantuvieron dentro de los límites de control, sin patrones de tendencia ni puntos fuera de control.

Esto se verificó en todas las escalas del sistema, desde la harina con 706,43 kg de media hasta la sal con 5,51 kg, lo que demuestra que el sistema produce un comportamiento consistente y reproducible todo esto independientemente del volumen del ingrediente. A modo ilustrativo, la Figura 19 presenta la carta de control del azúcar, representativo del comportamiento en control observado en la mayoría de los ingredientes.

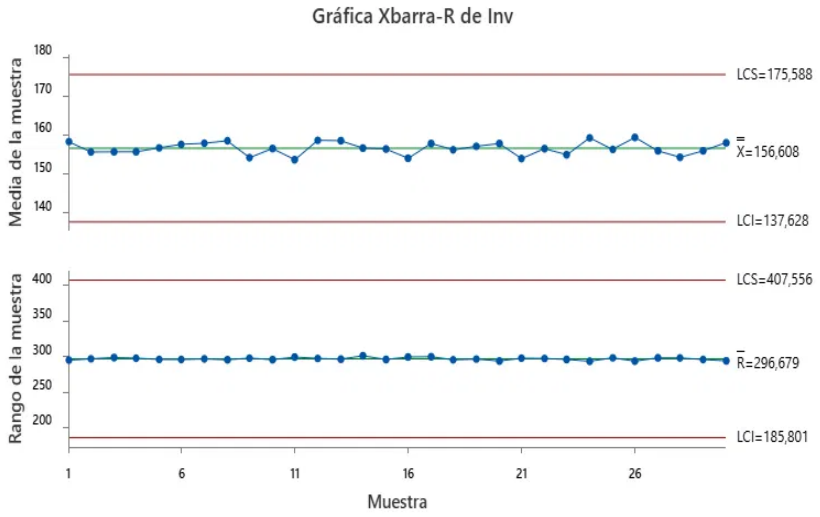


Figura 19. Carta de control del azúcar
Fuente: Elaboración propia.

Un hallazgo particularmente relevante es que los tres ingredientes críticos, leche, mantequilla y pasta de chocolate también presentaron control estadístico, esto a pesar de su desempeño deficiente respecto al punto de reorden. La Figura 20 muestra la carta de control de la leche; se observa que mantiene el control estadístico pese a ser el ingrediente más crítico del sistema.

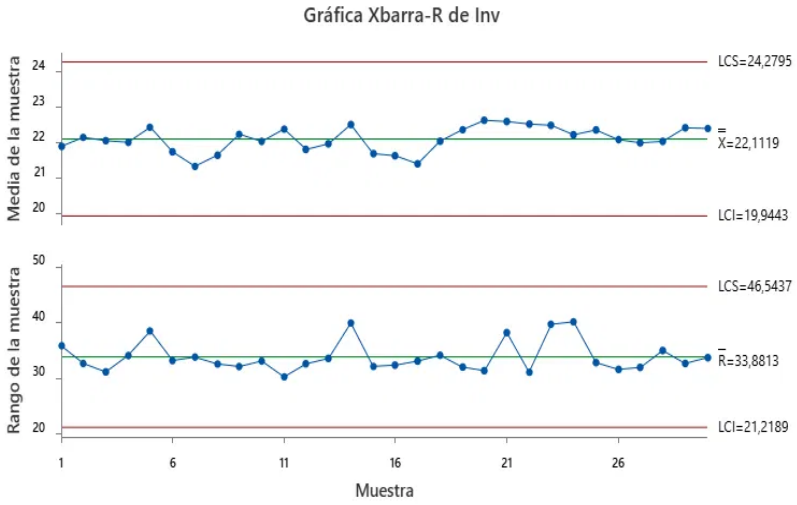


Figura 20. Carta de control de la leche
Fuente: Elaboración propia.

La gráfica Xbar-R evalúa la estabilidad del experimento, es decir, la homogeneidad entre réplicas, y no el desempeño del dimensionamiento, por lo que sus resultados no se presentan como evidencia principal de la evaluación, sino como verificación previa que sustenta la validez de los indicadores reportados. Estos ingredientes operan de manera estable en torno a niveles de inventario que, si bien cumplen el objetivo del 95 %, presentan el menor margen respecto de este. La detección de sus problemas requirió el análisis de capacidad y de distribución, lo que evidencia la necesidad de un enfoque analítico multi-método.

Para cuatro materias primas que son cocoa, dulce de leche, pasta de chocolate y premezcla, las gráficas presentaron la advertencia de tamaños de subgrupo desiguales, debido a que algunos ciclos registraron 89 días en lugar de 90, este efecto no es considerado impactante y no compromete la validez del análisis. El conjunto completo de las gráficas de control Xbar-R de las catorce materias primas se presenta en el Anexo 8.

3.2.3.5.Análisis de eficiencia: servicio frente a inventario

Para finalizar, se evaluó la eficiencia del sistema estableciendo la relación entre el nivel de servicio alcanzado y el inventario promedio mantenido por cada uno de los catorce ingredientes. El análisis representado en la Figura 21 reveló que el nivel de servicio no tiene una dependencia del nivel de inventario, ya que la mayoría de los ingredientes, refiriéndonos a 13 de 14, alcanzan servicios del 92 % al 100 % con inventarios inferiores a 160 unidades.

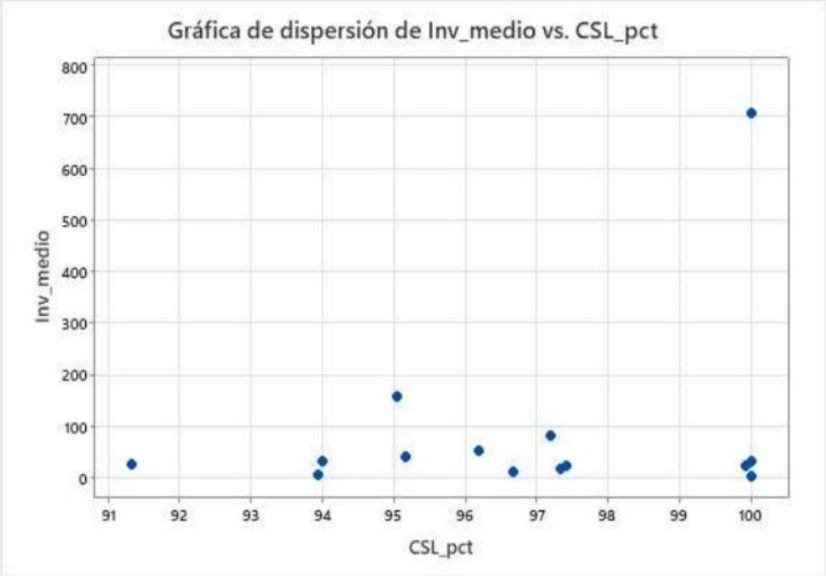


Figura 21. Gráfico de dispersión media del inventario vs. CSL pct
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la harina constituye un valor atípico evidente, ya que mantiene un inventario promedio de 706,43 kg, más de cuatro veces el del siguiente ingrediente en la misma unidad de medida, azúcar, con 156,61 kg. A modo de contraste ilustrativo, sin ser comparable en magnitud física, al tratarse de unidades distintas, kg frente a litros, la esencia de vainilla alcanza el mismo 100% de servicio manteniendo apenas 2,85 litros en promedio, lo que evidencia que un volumen elevado de inventario no es condición necesaria para alcanzar un servicio perfecto. Este sobredimensionamiento que refleja la harina representa la principal oportunidad de optimización de costos del sistema para un estudio futuro.

3.2.4. Comparación con los objetivos

El primer objetivo específico, consiste en analizar la situación actual de la gestión de inventarios, identificando los problemas asociados al abastecimiento y control de existencias, fue abordado en la fase diagnóstica del estudio. Dicha fase funciona como línea base para la evaluación del sistema propuesto en los objetivos subsiguientes. Mientras que los objetivos específicos segundo y tercero son los evaluables directamente con los resultados de este capítulo.

El objetivo general se basa en mejorar la disponibilidad de insumos y apoyar la toma de decisiones de abastecimiento. El criterio de 95% de nivel de servicio fue adoptado como umbral operativo de aceptación para el diseño del sistema (s,S), conforme a la metodología. Bajo este criterio, el sistema alcanza un nivel de servicio global del 96.73% con métricas de IC

95%: [96.57%; 96.88%], superando así el umbral en 1.73 puntos porcentuales. Frente a la gestión sin parámetros técnicos definidos diagnosticada en el objetivo específico 1, el sistema ofrece ahora disponibilidad cuantificada, estable entre réplicas, y un conjunto de parámetros que funciona para apoyar la toma de decisiones.

El objetivo específico 2 exige determinar los parámetros técnicos de inventario para las materias primas críticas, incluyendo stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel máximo. Esto se realizó para los 14 ingredientes, entre ellos se halló cuatro sin variabilidad de demanda, esencia de vainilla, harina, huevos y polvo de hornear, que tienen parámetros determinísticos con 100% de nivel de servicio; diez con demanda variable, cuyos SS, ROP y EOQ se calcularon a partir de distribuciones triangulares, con ajuste empírico en los casos donde la demanda máxima superaba la cobertura calculada por fórmula, como ocurrió con azúcar, leche y mantequilla. Cabe precisar que harina y huevos, pese a pertenecer al grupo sin variabilidad de demanda, también requirieron un ajuste empírico puntual del punto de reorden, no por variabilidad de la demanda, sino para garantizar cobertura ante el consumo del propio día de reorden. Finalmente, cuatro materias primas, leche, huevos, queso y sal, tienen su nivel máximo limitado por vida útil o capacidad de almacenamiento en lugar del EOQ no restringido, incorporando así las condiciones reales del negocio.".

El objetivo específico 3 plantea diseñar y validar mediante simulación un sistema (s,S), evaluando su desempeño bajo demanda variable. La validación en Arena por 30 réplicas × 90 días confirma que los 14 ingredientes llegan a alcanzar o superar el umbral del 95%, siendo solo el queso el caso más ajustado con un nivel del 95,67%. La tasa de cumplimiento del sistema es 91.08% con ± 0.93, y la disponibilidad simultánea de los 14 ingredientes llega a 78.82% ± 0.86. Esta última cifra, inferior al nivel de servicio individual promedio de 96,73 %, resulta matemáticamente esperable en un sistema multicomponente, al requerir que los 14 ingredientes estén disponibles al mismo tiempo, la disponibilidad simultánea se aproxima al producto de las disponibilidades individuales, de forma análoga a la confiabilidad de un sistema en serie, por lo que decrece con el número de componentes aun cuando cada uno mantenga un desempeño individual elevado. Esta reducción no se considera, por tanto, una falla funcional del sistema, sino una propiedad estructural esperada en sistemas con múltiples insumos críticos. El control estadístico en las gráficas Xbar-R confirma que el sistema opera de forma estable, respondiendo correctamente a la variabilidad de la demanda.

En conclusión, el objetivo general se cumple con una mejora cuantificable y estable en la disponibilidad de insumos; el objetivo específico 2 se satisface con los parámetros determinados para las 14 materias primas, mientras que el objetivo específico 3 se valida mediante simulación, superando el umbral operativo adoptado, con las limitaciones puntuales de ciertos ingredientes críticos.

3.2.5. Comparación con la literatura

Los resultados obtenidos mantienen coherencia con los fundamentos teóricos de la gestión de inventarios y la simulación. La política (s,S) establecida es uno de los modelos de revisión continua más reconocidos para sistemas con demanda incierta como lo es la panadería, y su capacidad para sostener niveles de servicio elevados bajo variabilidad de la demanda está ampliamente documentada [34], [35]. Además, que el nivel de servicio del 96.73 % alcanzado se ubica dentro del rango esperado para un sistema correctamente parametrizado con un objetivo del 95 %.

También, la forma aproximadamente uniforme obtenida de las distribuciones de inventario es consistente con el comportamiento teórico de una política de revisión continua, en la que el inventario presenta caídas de manera relativamente regular desde el nivel máximo calculado hasta el punto de reorden establecido antes de cada reabastecimiento. La metodología de simulación empleada, que incluye la determinación del número de réplicas y la validación mediante intervalos de confianza, es consistente con las prácticas recomendadas en la literatura especializada [29], [30].

Además, los resultados obtenidos son consistentes con otros estudios que han aplicado modelos de gestión de inventarios en conjunto con simulación para el sector de alimentos y, específicamente, en panaderías. Diversos trabajos ya han abordado la problemática del control de materias primas en panificadoras pequeñas mediante políticas de revisión y modelos matemáticos de inventario, validando así sus propuestas con enfoques metodológicamente afines al presente estudio.

El nivel de servicio del 96.73 % alcanzado en este trabajo se compara favorablemente con los reportados en estudios del sector. Una investigación aplicada a una empresa de alimentos identificó un nivel de servicio inicial del 88 %, por debajo del estándar del 95 %, y mediante simulación en el software Arena logró un incremento global del 7,74 % en el nivel de servicio [36]. De manera análoga, un estudio realizado en la PYME panadera San Luis Panivilla, apoyado igualmente en simulación en Arena, incrementó la exactitud de registro de

inventarios del 74.03 % al 80.56 % [37]. En contraste, el sistema diseñado en el presente trabajo alcanza directamente un nivel de servicio superior al objetivo planteado del 95 %, lo que sugiere que la parametrización de la política (s,S) resultó adecuada para las condiciones operativas de la panadería estudiada.

El uso de niveles de servicio objetivo entre el 80 % y el 95 % es una práctica común en la gestión de inventarios de materias primas alimentarias. Un estudio en el sector de alimentos concentrados estableció un nivel de servicio del 80 % para todos los ítems, calculando los inventarios de seguridad con base en la variabilidad de la demanda y una clasificación ABC de los materiales [38]. El estándar del 95% usado en el presente trabajo se sitúa en el extremo superior de este rango, lo que es bastante coherente con la naturaleza crítica de la disponibilidad de insumos en una operación propia de la panadería, donde la ausencia de un solo ingrediente puede detener la producción.

El tener la comparación con estos antecedentes muestra cómo el enfoque adoptado en el diseño de una política (s,S) es válido mediante simulación de eventos discretos, se registra dentro de las prácticas actuales de la ingeniería industrial aplicada al sector alimentario, y que los resultados alcanzados son competitivos con los reportados en investigaciones anteriores dentro del mismo ámbito.

3.2.6. Análisis técnico

La interpretación técnica de los resultados obtenidos se basa en dos hallazgos centrales. El primero es la naturaleza uniforme de las distribuciones de inventario, que se explica por la mecánica de la política (s,S): el inventario se consume diariamente y se debe reponer hasta el nivel máximo al llegar al punto de reorden, generando así un patrón en forma de diente de sierra, este, al acumularse a lo largo de las réplicas, produce una distribución de niveles que es aproximadamente uniforme entre ambos límites. Por ello, la no normalidad detectada no se considera una anomalía del análisis, sino una característica esperada del sistema.

El segundo hallazgo es la interpretación del análisis de capacidad en la política (s, S). Los valores moderados de Ppk obtenidos, promedio inferior a 0.5, no se deben interpretar como una falla del sistema, esto es considerado una consecuencia natural del diseño de una política (s,S), el inventario desciende hacia el punto de reorden antes de realizar cada reabastecimiento, por lo que el proceso va a tocar periódicamente su límite inferior por construcción. Un índice de capacidad elevado implicaría, específicamente en este caso, un sobreabastecimiento crónico

y llegaría a ser ineficiente. Por esta razón, el análisis de capacidad se empleó como herramienta de comparación relativa entre ingredientes, y no como un criterio de aprobación absoluto.

El contraste entre ingredientes brinda bastante información importante. La harina, con apenas un 7,8 % del tiempo bajo el ROP y una distribución sesgada hacia valores altos, maneja una holgura amplia que confirma su sobredimensionamiento. En contraparte, la leche, con un 32 % del tiempo bajo el ROP y una distribución bimodal, llega a su punto de reorden con una frecuencia excesiva, lo que señala una política deficiente que requerirá un reajuste de parámetros.

3.2.7. Análisis de desviaciones y limitaciones

Un análisis riguroso exige reconocer las desviaciones observadas y las limitaciones del estudio realizado. En cuanto a las desviaciones de desempeño, se da por tres materias primas que presentan un dimensionamiento sub-óptimo, estos son la leche, la mantequilla y la pasta de chocolate ya que cruzan su punto de reorden entre el 17 % y el 32 % del tiempo. La leche es el caso más crítico, con una distribución bimodal que indica inestabilidad estructural de su política; su recalibración sería elevar el punto de reorden y revisar el nivel máximo. Estas acciones constituyen la principal recomendación de mejora. Estas desviaciones se originan principalmente cuando la demanda máxima diaria se aproxima o supera el punto de reorden calculado.

Adicionalmente, se observó una brecha entre el nivel de servicio temporal (CSL) y la tasa de cumplimiento de la demanda, esto en ingredientes como el queso, la sal y el polvo de hornear. Esta brecha indica que la métrica temporal de servicio puede llegar a sobrestimar el desempeño real frente a la demanda, por lo que se recomienda considerar ambas métricas de forma conjunta en la evaluación del sistema.

En cuanto a las limitaciones metodológicas, se tiene que, en primer lugar, la ausencia de una columna de demanda explícita en los registros obtenidos desde la simulación; la tasa de cumplimiento se tuvo que estimar a partir de las reducciones del nivel de inventario como una aproximación de la demanda. Realizar esto introduce una aproximación que podría refinarse con un registro directo de la demanda. En segundo lugar, los precios unitarios de los ingredientes se obtuvieron de fuentes oficiales (MAG-SIPA 2025), ya que no se pudo acceder a los precios de compra directos de la panadería; esto es una sustitución metodológica justificada, pero no representa los datos primarios. En tercer lugar, cuatro archivos de simulación obtenidos de Arena, siendo cocoa, dulce de leche, pasta de chocolate y premezcla,

presentaron ciclos con 89 observaciones en lugar de 90, esto se da desde el registro de la simulación; su efecto sobre las métricas agregadas es despreciable. Por último, la demanda se modeló a partir de la observación de un único día representativo, complementada con la validación del propietario, lo que podría ampliarse mediante un registro de consumo de mayor duración, es decir, aumentar el periodo de observación directa.

Además, el presente estudio no incorpora la temperatura y la humedad como parte de las variables dinámicas dentro del modelo de simulación, esto significa que no se modeló una tasa de deterioro que dependa de condiciones ambientales variables. En su lugar, el efecto de estos factores críticos se incorporó de forma indirecta y determinística a través de la restricción de vida útil/almacenamiento aplicado al nivel máximo de inventario (S_max) de cuatro ingredientes: estos fueron leche (5 días), huevos, queso (14 días) y sal (21 días). Para los productos lácteos y el huevo, estos tiempos de vida útil son consistentes con el almacenamiento bajo refrigeración existente en la panadería. En el caso de la sal, su naturaleza higroscópica la expone directamente a la humedad ambiental, que es considerablemente más alta en la región amazónica, ya que no cuentan con contenedores herméticos; se sustenta el límite de 21 días adoptado. Se reconoce como limitación del estudio que no se modeló explícitamente la relación entre temperatura/humedad y tasa de deterioro, tratándose en su lugar como parámetros fijos definidos por observación directa y válidos bajo las condiciones ambientales típicas del establecimiento.

3.2.8. Validación del modelo

La validación de los resultados se basa en la consistencia observada del desempeño del sistema a lo largo de las 30 réplicas con semillas independientes, fue evaluada mediante intervalos de confianza y gráficas de control. La Tabla 14 presenta los intervalos de confianza al 95 % de las tres métricas de servicio a las que fue puesto a prueba el sistema, calculados mediante la prueba t de una muestra sobre los valores obtenidos en cada réplica. Los resultados obtenidos en Minitab se pueden ver en el Anexo 9.

Tabla 14. Intervalos de confianza al 95 % de las métricas de servicio del sistema

Métrica de servicio	Media (%)	Desv. Est.	IC 95 %
Nivel de servicio del ciclo (CSL, por ingrediente-día)	96.73	0.418	[96.57 ; 96.88]
Disponibilidad simultánea de todos los insumos	78.82	2.297	[77.96 ; 79.68]
Tasa de cumplimiento de la demanda (Fill Rate)	91.08	2.484	[90.16 ; 92.01]

Fuente: Elaboración propia.

La evidencia de validación más sólida es el pequeño rango entre los intervalos de confianza. El nivel de servicio del ciclo se mantiene en media de 96.73 % con un intervalo de confianza de apenas ±0.16 puntos porcentuales, esto significa que, a lo largo de 30 réplicas con demanda aleatoria distinta, el desempeño del sistema apenas presentará una variación. Esta consistencia es una evidencia cuantitativa directa de la robustez del sistema; además, su comportamiento es estable y predecible ante la variabilidad estocástica de la demanda. Las métricas más exigentes, como la disponibilidad simultánea de todos los insumos con un valor de 78.82 % ± 0.86 y la tasa de cumplimiento con un 91.08 % ± 0.93, mantienen igualmente intervalos ajustados, con diferentes coeficientes de variación entre réplicas inferiores al 3 % en los tres casos.

El uso de la prueba t para la construcción de estos intervalos se basa, como anteriormente se ha mencionado, en el Teorema Central del Límite con 30 réplicas, la distribución de las medias por ciclo se aproxima a la normalidad y se valida la aplicación de pruebas paramétricas aun cuando el inventario no es normal [30]. La distinción entre las dos métricas de nivel de servicio, primero, la disponibilidad por ingrediente siendo este del 96.73 % y la disponibilidad simultánea de todos los insumos que da el valor de 78.82 % es matemáticamente esperable, pues cada ingrediente se encuentra disponible de forma independiente alrededor del 97 % del tiempo, la probabilidad de que los catorce coincidan disponibles es naturalmente menor, lo que no constituye un defecto sino una propiedad de los sistemas multi-componente.

La validación se complementa y finaliza con el control estadístico verificado en las gráficas Xbar-R de los catorce ingredientes, que confirma la estabilidad del sistema entre diferentes réplicas, y con el procedimiento de calibración para ciertos ingredientes, mediante el cual los parámetros se ajustaron hasta garantizar el cumplimiento del nivel de servicio objetivo. El conjunto de todos estos elementos sirve para respaldar la confiabilidad del modelo y de sus resultados.

3.2.9. Resumen de hallazgos clave

A partir de la discusión realizada anteriormente, se sintetizan los hallazgos más relevantes de la simulación, todo esto manteniendo relación con los objetivos específicos de la investigación.

Cumplimiento del objetivo de servicio: El sistema de inventario (s,S) diseñado alcanza un nivel de servicio del 96.73 % (IC 95 %: [96.57 %; 96.88 %]), superando así el objetivo mínimo establecido del 95 %, lo que valida el cumplimiento del objetivo general de la investigación.

Determinación de parámetros técnicos: Se determinaron y validaron los diferentes parámetros de inventario calculados que son stock de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido y nivel máximo, para las catorce materias primas, dando respuesta al objetivo específico de determinación de parámetros técnicos de control.

Robustez del sistema: La estrechez de los intervalos de confianza obtenidos ±0.16 puntos en el nivel de servicio y el control estadístico verificado en los catorce ingredientes demuestran que el sistema es bastante robusto y reproducible ante la variabilidad estocástica de la demanda, validando en este punto el objetivo de evaluación bajo demanda variable.

Eficiencia del sistema: El nivel de servicio se alcanza de manera eficiente en 13 de las 14 materias primas, solo con la excepción de la harina identificada como el único caso de sobredimensionamiento, constituyendo así la principal oportunidad de optimización de costos.

Identificación de oportunidades de mejora: Se identificaron con precisión tres materias primas con dimensionamiento subóptimo: estas son leche, mantequilla y pasta de chocolate, cuya recalibración del punto de reorden constituye una de las recomendaciones prioritarias para una eventual implementación.

En general, los resultados comprueban que el sistema de gestión de inventarios diseñado y validado mediante simulación cumple los objetivos inicialmente planteados, alcanzando así un nivel de servicio del 96.73 % con un comportamiento robusto y eficiente, y proporcionando un diagnóstico preciso de las materias primas que requieren ajustes para optimizar su desempeño y pueden ser estudiadas en el futuro.

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones

1. El diseño del sistema de gestión de inventarios para las materias primas de la Panadería y Pastelería Pan de Casa respondió al problema planteado, ya que organizó las decisiones de compra mediante una política de reabastecimiento (s,S), sustentada en datos de consumo, tiempos de entrega y parámetros técnicos. La simulación obtuvo un nivel de servicio del ciclo de 96,73 %, superior al mínimo establecido de 95 %, por lo que el sistema propuesto aportó una base técnica para mejorar la disponibilidad de insumos y orientar el abastecimiento.

2. El análisis inicial evidenció que la panadería trabajaba sin un control formal de inventarios, con compras definidas principalmente por la experiencia y percepción del propietario. Esta forma de trabajo generaba riesgo de faltantes, compras por encima de lo requerido, poca trazabilidad de entradas y salidas, y dificultad para anticipar variaciones de demanda en ingredientes de uso diario.

3. El cálculo de los parámetros de inventario estableció políticas de reabastecimiento diferenciadas para las catorce materias primas. La harina presentó los valores más altos, con un punto de reorden de 265 kg, un nivel máximo de 1.253,53 kg, una cantidad de pedido de 988,53 kg y un tiempo de entrega de tres días. Los huevos requirieron un punto de reorden de 11 cubetas y un nivel máximo de 60,67 cubetas; para la leche, el tiempo de entrega se redujo de dos a un día debido a su vida útil de cinco días, conforme a los parámetros empleados en la Tabla 8 y el Anexo 3. En el caso del azúcar, el factor de seguridad aumentó de 1,645 a 2,326 para superar el nivel de servicio objetivo del 95 %; mientras que la mantequilla necesitó un punto de reorden de 50 kg y un nivel máximo de 176,05 kg. Estos valores evidenciaron que una regla uniforme no respondía al consumo, a la perecibilidad, ni a la variabilidad de la demanda de cada ingrediente.

4. La simulación mostró que harina, huevos y esencia de vainilla alcanzaron el mejor desempeño, sin episodios de desabastecimiento durante el horizonte evaluado. En cambio, queso, sal, pasta de chocolate, polvo de hornear y dulce de leche presentaron mayor presión operativa, con menores tasas de cumplimiento de demanda. Los faltantes no se presentaron como fallas prolongadas, sino como episodios breves; aun así, durante esos episodios se perdió una parte importante de la demanda.

5. La validación del modelo respaldó la estabilidad del sistema, debido a que los intervalos de confianza fueron estrechos en las 30 réplicas de 90 días simulados. Sin embargo, el estudio también mostró límites metodológicos: la demanda se construyó a partir de un día representativo, validado por el propietario como típico, algunos costos provinieron de fuentes oficiales y no de compras reales de la panadería, y la tasa de cumplimiento se estimó a partir del comportamiento del inventario. Estos aspectos no invalidan la propuesta, pero sí marcan puntos que deben fortalecerse antes de una aplicación permanente.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda aplicar el sistema de inventarios de manera gradual en la Panadería y Pastelería Pan de Casa, iniciando con las catorce materias primas analizadas. La política (s,S) debe usarse como guía para definir cuándo comprar y cuánto pedir, evitando que las decisiones dependan solo de la experiencia diaria del propietario.

2. Conviene crear un registro diario de inventarios en Excel, Kárdex físico o una herramienta digital sencilla, donde se anoten entradas, salidas, consumo real, mermas, precios de compra y tiempos reales de entrega. Este registro debe mantenerse por varios meses para reemplazar las estimaciones iniciales por datos propios del negocio.

3. La panadería debe revisar con mayor frecuencia los ingredientes que presentaron menor desempeño en la simulación, especialmente los identificados mediante dos criterios distintos. Según la tasa de cumplimiento de la demanda (Fill Rate), requieren seguimiento más frecuente el queso, la sal, la pasta de chocolate, el polvo de hornear y el dulce de leche; en estos casos conviene revisar el stock de seguridad, el ciclo de compra y la rapidez de entrega del proveedor. Según el análisis respecto al punto de reorden, los casos críticos son la leche, la mantequilla y la pasta de chocolate; para ellos corresponde recalibrar específicamente dicho punto, considerando el consumo, el tiempo de entrega y la vida útil. La pasta de chocolate coincide en ambos criterios y debe atenderse primero.

4. Se recomienda evaluar el desempeño del inventario con dos indicadores al mismo tiempo: nivel de servicio del ciclo y tasa de cumplimiento de demanda. Medir solo los días con inventario disponible puede ocultar pérdidas de demanda; por ello, ambos

indicadores deben revisarse cada semana para detectar a tiempo productos con riesgo de faltante.

5. Es conveniente actualizar la simulación cada trimestre o cuando cambien los precios, proveedores, demanda o recetas de producción. Esta actualización debe incorporar costos reales de compra, registros directos de demanda y pérdidas por caducidad o deterioro, con el fin de ajustar los parámetros de inventario a la operación real de la panadería.

4.3 Bibliografía

[1] F. Roman and Y. Arce, "Implementación de un sistema de gestión de inventarios para mejorar la eficiencia en la logística de aprovisionamiento de la planta lechera “Concelac” en la ciudad de Concepción-2022," Hunacayo, 2022.

[2] D. Riagosa, "DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS, PARA EL PROCESO DE DOTACIÓN PARA GUARDAS EN EL ÁREA DE ALMACÉN Y COMPRAS DE LA EMPRESA SEGURIDAD DEL CAUCA LTDA, COLOMBIA," 2021.

[3] M. Garcia and M. San Andres, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN POR PROCESOS PARA EL MANEJO DE INVENTARIOS. CASO: FERRETERÍA QUIROZ," *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN,* vol. 5, no. 9, 2021.

[4] C. Zamora and G. Rodriguez, "Diseño de un sistema de gestión de inventario para un restaurante manabita.," *InGenio,* vol. 7, no. 2, 2024.

[5] H. M. Isama, "GESTIÓN DE INVENTARIOS Y SU INCIDENCIA EN LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA IMPORTEX," Ibarra, 2024.

[6] S. Chopra, P. Meindl and D. Vir, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, Pearson Education, 2016.

[7] B. Render and J. Heizer, Principios de administración de operaciones, Pearson Educación, 2018.

[8] L. Elizalde, "GESTIÓN DE ALMACENES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS," *OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA,* 2018.

[9] J. E. Remache Silva, W. L. Ocampo Ulloa, E. C. Sandoya Valero and G. Encalada Tenorio, "Control de los inventarios en las empresas agricolas," *Polo de conocimiento,* 2020.

[10] P. Meana, Gestón de inventarios, Ediciones Paraninfo, 2017.

[11] J. M. Serna, L. J. Gonzalez and A. F. Aristizabal, "SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO," Medellin, 2018.

[12] J. C. Morales, Gestión de Inventarios: Principales modelos aplicados a casos prácticos, Bogotá: Universidad Sergio Arboleda, 2020.

[13] D. H. Huarniz and R. M. Chavez , "Propuesta de mejora para la rotación de inventario implementando el modelo de reposición ROP, la clasificación ABC y la cantidad económica de pedido EOQ en una empresa que brinda soporte al sector minero," Lima, 2023.

[14] F. C. Cotto, "SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO Y SU IMPACTO EN LS RENTABILIDAD DE LA EMPRESA GRITBALSAFLEX CIA. LTDA, CANTÓN QUEVEDO PERÍODO 2019-2020," QUEVEDO, 2021.

[15] O. Oramas , M. Ortiz and F. Marquez , "Modelo de revisión continua de inventarios con incertidumbre en sus parámetros," 2020.

[16] J. D. Mena and J. S. Sierra, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA EMPRESA PROVITALES PARA MEJORAR LA EXISTENCIA DE ALMACENAMIENTO," Quito, 2023.

[17] J. L. Alvarado, "El método ABC en el control de inventarios y su efecto en la rentabilidad de una microempresa distribuidora de insumos para manufactura," Ibarra, 2018.

[18] A. J. Cando and A. M. Tipantasi, "Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la empresa Calmetal S.A," Guayaquil, 2015.

[19] P. E. Torres and G. R. Mendoza, ""El control de inventarios incide directamente en los estados financieros, ya que los costos asociados a su gestión como adquisición, mantenimiento y escasez determinan la rentabilidad empresarial"," *Universidad Laica Vicente Rocafuerte,* 2019.

[20] C. E. Flores and K. L. Flores, "Optimización de inventarios aplicando Investigación de Operaciones," *RECAI,* vol. 12, no. 34, 2023.

[21] J. d. P. Garcia and R. M. Sanchez, "Control de inventario para mejorar la rentabilidad de la empresa comercial Donaldo," 2023.

[22] D. P. Quezada and S. N. Nájera, "Desbalance entre costo del inventario y nivel de servicio de producto terminado," *CIIM,* vol. 5, no. 3.1, 2020.

[23] G. A. Vicencio, D. L. Bejarano Luján and L. R. Paredes Quiroz, "Variante del modelo matemático de inventario de cantidad económica de pedido (CEP) considerando estacionalidad de demanda," *Llamkasun,* vol. 4, no. 1, 2023.

[24] V. H. Vasconez, M. J. Mayorga , M. A. Moreno , A. V. Arellano and C. A. Pazmiño, "Gestión del sistema de inventarios orientados a pequeñas y medianas empresas, PYMEs, ecuatorianas del sector ferretero: caso de estudio," *Espacios,* vol. 41, no. 03, p. 7, 2020.

[25] A. A. Montero, "Diseño e implementación de un sistema de control de inventario para ALPASOMARKET," Guayaquil, 2021.

[26] K. Salazar, "Análisis del proceso de manejo de inventario en empresa Flexocidintesa S.A.," Guayaquil, 2023.

[27] R. Hernández, C. Fernández and P. Baptista, Metodología de la investigación, 6 ed., McGraw-Hill Education,, 2014.

[28] J. W. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 4th ed., CA: SAGE Publications, 2014.

[29] J. Banks, J. Carson, B. Nelson and D. Nicol, Discrete-event System Simulation, Pearson, 2014.

[30] A. Law, Simulation Modeling and Analysis, 5th ed., McGrawHill, 2015.

[31] M. Stephens, "EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons," *American Statistical Association,* vol. 69, no. 347, pp. 730-737, 1974.

[32] R. D'Agostino and M. Stephens, Goodness-of-fit Techniques, New York: Marcel Dekker, 1986.

[33] H. Lliefors, "On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknow," *American Statistical Association,* vol. 62, no. 318, pp. 399-402, 1967.

[34] E. Silver, D. Pyke and R. Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

[35] S. Chopra and P. Meindl, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, Boston: Pearson Education, 2022.

[36] E. Araoz and J. Delgado, "Mejorar el nivel de servicio de una empresa de alimentos utilizando standard work, s&op y slotting," Lima, 2025.

[37] A. Araujo and E. Alva, "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S Y STANDARD WORK PARA MEJORAR LA EXACTITUD Y DIFERENCIA DE INVENTARIOS EN UNA PANIFICADORA," Lima, 2025.

[38] J. Cardona, J. Orejuela and C. Rojas, "Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados," *EIA,* vol. 15, no. 30, pp. 195-208, 2018.

[39] E. R. Valencia, E. C. Caiza Pastuña and M. P. Bedoya Jara, "Decisiones de inversión y rentabilidad bajo la valoración financiera en las empresas industriales grandes de la provincia de Cotopaxi, Ecuador," *Universidad y Empresa,* 2020.

[40] M. J. Tibanquiza, "Diseño de un sistema de gestión de inventarios en la empresa Frigorífico Marujita," Ambato, 2020.

[41] C. A. Quinde and k. Ramos, "VALUACIÓN Y CONTROL DEL INVENTARIO Y SU EFECTO EN LA RENTABILIDAD," *Observatorio de la Economía Latinoamericana,* 2018.

[42] K. A. Lindao, "Estrategias financieras y rentabilidad para las pymes," *UPSE,* 2020.

[43] E. K. Lima, "Importancia de control de inventarios en las empresas comerciales," Santa Elena, 2020.

[44] S. S. Islam, A. H. Punlungan and A. Rochim, "Inventory management efficiency analysis: A case study of an SME company," *Conference Series,* 2019.

[45] Y. M. Escobar, D. A. Mora Bocca, O. G. Vargas Ortiz and S. J. Villegas de la Cuadra, "Factores Determinantes de la Rentabilidad de las Microempresas," *Ciencia Latina,* vol. 8, no. 6, 2024.

[46] F. Diez, "Panadería Parte," 2024. [Online]. Available: https://www.panaderiaparte.com/consejos-para-la-conservacion-de-la-harina-y-otros-ingredientes/.

[47] M. Allen, 2024. [Online]. Available: https://www.simplyrecipes.com/how-to-store-yeast-red-star-8753673.

Anexos

Anexo 1

Tablas de conversión para los datos recolectados en la panadería y pastelería Pan y Casa

Tabla 15. Equivalencias de conversión de unidades por materia prima

Unidad original	Equivalencia	Aplica a
1 Quintal	100 lb = 45.36 kg	Harina
1 Cubeta	30 unidades	Huevos
1 Libra	0.4536 kg	Azúcar, Sal, Levadura, Mantequilla, Queso, Cocoa, Premezcla
1 Onza	0.02835 kg	Polvo de hornear
1 Balde	3.8 kg	Pasta de chocolate
1 Litro	1 litro	Leche, Esencia de vainilla, Dulce 3 leches

Fuente: Elaboración propia con base en fichas técnicas de conversión y datos proporcionados por el propietario.

Anexo 2

Entrevista al propietario

ENTREVISTA AL PROPIETARIO

Entrevista estructurada y ficha de registro dirigida al propietario (Subject-Matter Expert)

1. Datos generales

Establecimiento: Panadería y Pastelería Pan de Casa

Ubicación: Joya de los Sachas

Nombre del entrevistado (propietario / SME): Irlanda Apolo

Cargo: Propietario

Fecha de la entrevista: 10 de febrero de 2026

Responsable de la recolección: Bryan Rodríguez

2. Entrevista estructurada

Objetivo: Recopilar información operativa sobre el consumo de materias primas, los tiempos de reabastecimiento y los costos asociados al inventario.

2.1. Sobre la gestión actual del inventario

1. ¿Lleva actualmente algún registro o control formal del inventario de materias primas?

No. Actualmente no se lleva un registro formal ni sistematizado del inventario; el control se realiza de manera visual, con base en la experiencia que llevo en el negocio.

2. ¿Cómo decide actualmente cuándo y cuánto pedir de cada insumo?

La decisión de cuándo y cuánto pedir se basa en la observación directa de los que ingredientes y en la experiencia que tengo, no tenemos un sistema de pedidos.

3. ¿Ha experimentado desabastecimiento de algún insumo crítico? ¿Con qué frecuencia?

Sí, ha pasado a veces. Los desabastecimientos nos pasan cuando tenemos que producir algo que no esperábamos y tenemos que consumir lo que tengamos disponible al momento.

2.2. Sobre la demanda de materias primas

a) Página 1 del instrumento de entrevista

4. **¿Cuál es el consumo diario habitual (normal) de cada materia prima en un día representativo de operación? (Ficha de la Sección 3).**

5. **En un día de baja demanda, ¿aproximadamente qué proporción del consumo normal se utiliza?**

Los días bajo se vende un poco más de la mitad a lo que regularmente producimos.

Nota: Respuesta validada: = 65 % de la demanda normal (factor 0.65x).

6. **En un día de alta demanda, ¿aproximadamente cuánto se incrementa el consumo respecto al normal?**

Los días alto tenemos que producir más, no diría que es el doble, pero del total que siempre vendemos es como agregar una mitad de eso.

Nota: Respuesta validada: = 45 % de la demanda normal (factor 1.45x).

7. **¿Considera que los rangos de consumo mínimo y máximo estimados reflejan adecuadamente la operación real?**

Validación del propietario: Sí ☒ No ☐

2.3. Sobre los tiempos de entrega (lead time)

8. **Para cada materia prima, ¿cuánto tiempo transcurre entre que realiza un pedido y lo recibe? (Ficha de la Sección 3).**

9. **¿Los tiempos de entrega son constantes o presentan variabilidad?**

Presentan variabilidad según el proveedor al que le pedimos algunos insumos se reciben en 1 día, mientras que otros pueden tardar hasta 3 días.

2.4. Sobre los costos

10. **¿Qué costo aproximado representa realizar un pedido a sus proveedores (transporte, tiempo, gestión)? (Ficha de la Sección 4).**

3. Ficha de registro de demanda y tiempos de entrega

Conversión en unidades unificadas para los ingredientes posterior a la recolección por observación.

b) Página 2 del instrumento de entrevista

5. Validación de la información

El propietario, en calidad de Subject-Matter Expert del proceso, revisó y validó las estimaciones de demanda (valores normal, mínimo y máximo), los tiempos de entrega y los costos consignados en el presente instrumento, confirmando que representan adecuadamente las condiciones operativas del establecimiento.



Firma del propietario

N.°	Materia prima	Unidad	Demanda normal diaria (observada / validada)	Demanda alta (validada)	Demanda baja (validada)	*Lead time* (días)
1	Azúcar	kg	10	15	6.5	1
2	Cocoa	kg	1	0.65	1.45	2
3	Dulce de leche	L	4	2.6	5.8	2
4	Esencia de vainilla	L	0.05	0.033	0.073	3
5	Harina	kg	83	65	106	2
6	Huevos	cubetas	4	3	6	1
7	Leche	L	8	5.2	11.6	2
8	Levadura	kg	1	0.65	1.45	2
9	Mantequilla	kg	15.88	10.32	23.03	2
10	Pasta de chocolate	kg	3.8	2.5	5.5	3
11	Polvo de hornear	kg	0.284	0.184	0.411	2
12	Premezcla	kg	4	2.6	5.8	2
13	Queso	kg	3.63	2.36	5.26	1
14	Sal	kg	0.5	0.3	0.7	1

4. Ficha de registro de costos de inventario

N.°	Materia prima	Costo de ordenar $ ($)
1	Azúcar	2.00
2	Cocoa	2.00
3	Dulce de leche	2.00
4	Esencia de vainilla	2.00
5	Harina	2.50
6	Huevos	1.50
7	Leche	1.50
8	Levadura	2.00
9	Mantequilla	2.50
10	Pasta de chocolate	2.50
11	Polvo de hornear	2.00
12	Premezcla	2.50
13	Queso	1.50
14	Sal	1.50

c) Validación y firma del propietario; ficha de registro de demanda y costos

Figura 22. Instrumento de entrevista semiestructurada aplicado al propietario
Fuente: Elaboración propia. Instrumento aplicado el 10 de febrero de 2026.

Anexo 3

Ficha de cálculo para los 14 ingredientes

Tabla 16. Resumen de parámetros del sistema de gestión de inventario, catorce materias primas

RESUMEN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIO — PANADERÍA PAN DE CASA

Ingrediente	Unidad	Precio unit. (C)	Costo ordenar (S)	H = i×C ($/u/año)	$\bar{d}$ (unid/día)	σ (unid)	Stock seg. (SS)	ROP	EOQ	Nivel máx (S)
Azúcar	kg	$ 0,72	$ 2,00	$ 0,18	10,33	1,25	2,91	13,24	289,51	302,75
Cocoa	kg	$ 6,50	$ 2,00	$ 1,63	1,03	0,20	0,47	2,53	30,47	33,00
Dulce de leche	L	$ 4,50	$ 2,00	$ 1,13	4,13	0,80	1,86	10,13	73,24	83,37
Esencia vainilla	L	$ 12,00	$ 2,00	$ 3,00	0,05	0,01	0,03	0,18	5,03	5,22
Harina	kg	$ 0,63	$ 2,50	$ 0,16	84,33	41,41	96,33	265,00	988,53	1 253,53
Huevos	cubetas	$ 3,80	$ 1,50	$ 0,95	4,33	2,87	6,68	11,01	70,67	60,67
Leche	L	$ 0,85	$ 1,50	$ 0,21	8,27	1,60	3,72	20,26	206,39	41,33
Levadura	kg	$ 3,50	$ 2,00	$ 0,88	1,03	0,20	0,47	2,53	41,52	44,06
Mantequilla	kg	$ 7,54	$ 2,50	$ 1,89	16,41	5,22	17,18	50,00	126,05	176,05
Pasta de chocolate	kg	$ 8,50	$ 2,50	$ 2,13	3,93	0,75	2,14	13,94	58,12	72,06
Polvo de hornear	kg	$ 5,00	$ 2,00	$ 1,25	0,29	0,06	0,13	0,72	18,50	19,22
Premezcla	kg	$ 3,50	$ 2,50	$ 0,88	4,13	0,80	1,86	10,13	92,85	102,98
Queso	kg	$ 5,50	$ 1,50	$ 1,38	3,75	0,73	1,19	4,94	47,56	52,50
Sal	kg	$ 0,45	$ 1,50	$ 0,11	0,50	0,10	0,16	0,66	9,84	10,50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Fichas de cálculo de parámetros de inventario por materia prima

AZUCAR — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	8,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	10,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	13,0000	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**10,3333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**1,2500**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**3 771,6667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	0,7200	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,1800**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	2,3260	*Z = 2.3260 → NS = 99%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	1,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**2,9075**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**13,2408**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**289,5079**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**302,7487**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(5.3, 10.0, 13.0)**	kg
Inventario inicial	**302,7487**	kg
ROP (punto de reorden)	**13,2408**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**289,5079**	kg
S_max (nivel máximo)	**302,7487**	kg
Lead time	**1,0000**	días

COCOA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	0,6500	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	1,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	1,4500	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**1,0333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,2000**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**377,1667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	6,5000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**1,6250**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**0,4653**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**2,5319**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**30,4698**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**33,0018**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(0.65, 1.0, 1.45)**	kg
Inventario inicial	**33,0018**	kg
ROP (punto de reorden)	**2,5319**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**30,4698**	kg
S_max (nivel máximo)	**33,0018**	kg
Lead time	**2,0000**	días

DULCE DE LECHE — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	2,6000	*L*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	4,0000	*L*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	5,8000	*L*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**4,1333**	*L*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,8000**	*L*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**1 508,6667**	*L/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	4,5000	*USD/L*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**1,1250**	*USD/L/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: SS = Z × σ × √LT	**1,8611**	*L*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: ROP = ($\bar{d}$ × LT) + SS	**10,1278**	*L*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: EOQ = √(2 × D × S / H)	**73,2403**	*L*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**83,3681**	*L*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(2.6, 4.0, 5.8)**	L
Inventario inicial	**83,3681**	L
ROP (punto de reorden)	**10,1278**	L
EOQ (cantidad a pedir)	**73,2403**	L
S_max (nivel máximo)	**83,3681**	L
Lead time	**2,0000**	días

ESENCIA VAINILLA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	0,0330	*L*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	0,0500	*L*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	0,0730	*L*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**0,0520**	*L*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,0100**	*L*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**18,9800**	*L/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	12,0000	*USD/L*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**3,0000**	*USD/L/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	3,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**0,0285**	*L*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**0,1845**	*L*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**5,0306**	*L*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**5,2151**	*L*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(0.033, 0.05, 0.073)**	L
Inventario inicial	**5,2151**	L
ROP (punto de reorden)	**0,1845**	L
EOQ (cantidad a pedir)	**5,0306**	L
S_max (nivel máximo)	**5,2151**	L
Lead time	**3,0000**	días

HARINA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	65,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	83,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	105,0000	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**84,3333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**41,4077**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d} \times 365$	**30 781,6667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	0,6300	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,1575**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**96,3300**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**264,9967**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**988,5321**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**1 253,5288**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(65.0, 83.0, 105.0)**	kg
Inventario inicial	**1 253,5288**	kg
ROP (punto de reorden)	**264,9967**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**988,5321**	kg
S_max (nivel máximo)	**1 253,5288**	kg
Lead time	**2,0000**	días

HUEVOS — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	3,0000	*cubetas*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	4,0000	*cubetas*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	6,0000	*cubetas*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**4,3333**	*cubetas*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**2,8700**	*cubetas*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**1 581,6667**	*cubetas/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	3,8000	*USD/cubetas*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,9500**	*USD/cubetas/año*
S Costo de ordenar (por orden)	1,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	2,3260	*Z = 2.3260 → NS = 99%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	1,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**6,6756**	*cubetas*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**11,0090**	*cubetas*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**70,6735**	*cubetas*
6b. RESTRICCIÓN OPERATIVA (vida útil / almacenamiento)		
Vida útil / límite de almacenamiento	14,0000	*días*
Máximo por vida útil = $\bar{d}$ × límite	**60,6667**	*cubetas*
EOQ efectivo = mín(EOQ fórmula, Máx_vida_útil − ROP)	**49,6577**	*cubetas*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ_efectivo	**60,6667**	*cubetas*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(3.0, 4.0, 6.0)**	cubetas
Inventario inicial	**60,6667**	cubetas
ROP (punto de reorden)	**11,0090**	cubetas
EOQ (cantidad a pedir)	**49,6577**	cubetas
S_max (nivel máximo)	**60,6667**	cubetas
Lead time	**1,0000**	días

LECHE — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	5,2000	*L*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	8,0000	*L*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	11,6000	*L*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**8,2667**	*L*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**1,6000**	*L*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**3 017,3333**	*L/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	0,8500	*USD/L*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,2125**	*USD/L/año*
S Costo de ordenar (por orden)	1,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	1,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: SS = Z × σ × √LT	**3,7222**	*L*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: ROP = ($\bar{d}$ × LT) + SS	**20,2555**	*L*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: EOQ = √(2 × D × S / H)	**206,3920**	*L*
6b. RESTRICCIÓN OPERATIVA (vida útil / almacenamiento)		
Vida útil / límite de almacenamiento	5,0000	*días*
Máximo por vida útil = $\bar{d}$ × límite	**41,3333**	*L*
EOQ efectivo = mín(EOQ fórmula, Máx_vida_útil − ROP)	**21,0778**	*L*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ_efectivo	**41,3333**	*L*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(5.2, 8.0, 11.6)**	L
Inventario inicial	**41,3333**	L
ROP (punto de reorden)	**20,2555**	L
EOQ (cantidad a pedir)	**21,0778**	L
S_max (nivel máximo)	**41,3333**	L
Lead time	**2,0000**	días

LEVADURA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	0,6500	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	1,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	1,4500	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**1,0333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,2000**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d} \times 365$	**377,1667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	3,5000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,8750**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**0,4653**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**2,5319**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**41,5234**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**44,0553**	*kg*

8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA

Parámetro	Valor	Unidad
TRIA (demanda)	**TRIA(0.65, 1.0, 1.45)**	kg
Inventario inicial	**44,0553**	kg
ROP (punto de reorden)	**2,5319**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**41,5234**	kg
S_max (nivel máximo)	**44,0553**	kg
Lead time	**2,0000**	días

MANTEQUILLA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	10,3200	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	15,8800	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	23,0300	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**16,4100**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**5,2237**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**5 989,6500**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	7,5400	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**1,8850**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	2,3260	*Z = 2.3260 → NS = 99%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**17,1832**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**50,0032**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**126,0463**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**176,0494**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		

Parámetro	Valor	Unidad
TRIA (demanda)	**TRIA(10.32, 15.88, 23.03)**	kg
Inventario inicial	**176,0494**	kg
ROP (punto de reorden)	**50,0032**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**126,0463**	kg
S_max (nivel máximo)	**176,0494**	kg
Lead time	**2,0000**	días

PASTA DE CHOCOLATE — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	2,5000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	3,8000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	5,5000	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**3,9333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,7500**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**1 435,6667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	8,5000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**2,1250**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	3,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**2,1369**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**13,9369**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**58,1209**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**72,0578**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(2.5, 3.8, 5.5)**	kg
Inventario inicial	**72,0578**	kg
ROP (punto de reorden)	**13,9369**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**58,1209**	kg
S_max (nivel máximo)	**72,0578**	kg
Lead time	**3,0000**	días

POLVO DE HORNEAR — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	0,1840	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	0,2840	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	0,4110	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**0,2930**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,0568**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**106,9450**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	5,0000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**1,2500**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,0000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**0,1320**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**0,7180**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**18,4993**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**19,2173**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(0.184, 0.284, 0.411)**	kg
Inventario inicial	**19,2173**	kg
ROP (punto de reorden)	**0,7180**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**18,4993**	kg
S_max (nivel máximo)	**19,2173**	kg
Lead time	**2,0000**	días

PREMEZCLA — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	2,6000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	4,0000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	5,8000	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**4,1333**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,8000**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**1 508,6667**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	3,5000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,8750**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	2,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	2,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**1,8611**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**10,1278**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**92,8491**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ	**102,9769**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(2.6, 4.0, 5.8)**	kg
Inventario inicial	**102,9769**	kg
ROP (punto de reorden)	**10,1278**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**92,8491**	kg
S_max (nivel máximo)	**102,9769**	kg
Lead time	**2,0000**	días

QUESO — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	2,3600	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	3,6300	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	5,2600	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**3,7500**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,7250**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**1 368,7500**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	5,5000	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**1,3750**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	1,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	1,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**1,1926**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**4,9426**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**54,6476**	*kg*
6b. RESTRICCIÓN OPERATIVA (vida útil / almacenamiento)		
Vida útil / límite de almacenamiento	14,0000	*días*
Máximo por vida útil = $\bar{d}$ × límite	**52,5000**	*kg*
EOQ efectivo = mín(EOQ fórmula, Máx_vida_útil − ROP)	**47,5574**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ_efectivo	**52,5000**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(2.36, 3.63, 5.26)**	kg
Inventario inicial	**52,5000**	kg
ROP (punto de reorden)	**4,9426**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**47,5574**	kg
S_max (nivel máximo)	**52,5000**	kg
Lead time	**1,0000**	días

SAL — CÁLCULO DE PARÁMETROS DE INVENTARIO		
1. DATOS DE DEMANDA (observación directa + multiplicadores)		
$\bar{d}$ Demanda mínima (día bajo) — Baja	0,3000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda modal (día normal) — Normal	0,5000	*kg*
$\bar{d}$ Demanda máxima (día alto) — Alta	0,7000	*kg*
$\bar{d}$ Promedio diario = (mín + moda + máx) / 3	**0,5000**	*kg*
σ Desviación estándar = (máx − mín) / 4	**0,1000**	*kg*
D Demanda anual = $\bar{d}$ × 365	**182,5000**	*kg/año*
2. PARÁMETROS DE COSTO		
C Precio unitario de adquisición	0,4500	*USD/kg*
i Tasa anual de mantenimiento	0,2500	*25%*
H = i × C Costo de mantenimiento anual	**0,1125**	*USD/kg/año*
S Costo de ordenar (por orden)	1,5000	*USD/orden*
3. NIVEL DE SERVICIO Y TIEMPO DE ENTREGA		
Z Factor de nivel de servicio (95%)	1,6450	*Z = 1.645 → NS = 95%*
LT Tiempo de entrega del proveedor	1,0000	*días*
4. STOCK DE SEGURIDAD (SS)		
Fórmula: $SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$	**0,1645**	*kg*
5. PUNTO DE REORDEN (ROP)		
Fórmula: $ROP = (\bar{d} \times LT) + SS$	**0,6645**	*kg*
6. CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)		
Fórmula: $EOQ = \sqrt{(2 \times D \times S / H)}$	**69,7615**	*kg*
6b. RESTRICCIÓN OPERATIVA (vida útil / almacenamiento)		
Vida útil / límite de almacenamiento	21,0000	*días*
Máximo por vida útil = $\bar{d}$ × límite	**10,5000**	*kg*
EOQ efectivo = mín(EOQ fórmula, Máx_vida_útil − ROP)	**9,8355**	*kg*
7. NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO (S_max)		
Fórmula: S_max = ROP + EOQ_efectivo	**10,5000**	*kg*
8. RESUMEN — VALORES A INGRESAR EN ARENA		
Parámetro	**Valor**	**Unidad**
TRIA (demanda)	**TRIA(0.3, 0.5, 0.7)**	kg
Inventario inicial	**10,5000**	kg
ROP (punto de reorden)	**0,6645**	kg
EOQ (cantidad a pedir)	**9,8355**	kg
S_max (nivel máximo)	**10,5000**	kg
Lead time	**1,0000**	días

Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de parámetros de inventario (SS, ROP, EOQ, S_max) por materia prima.

Anexo 4.

Estadísticos descriptivos obtenidos en Minitab

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
Inv_Azucar	2700	156,608	88,1187	56,27	0	158,286	301,023
Inv_Cocoa	2700	16,5046	9,05644	54,87	0	16,6003	32,2561
Inv_Dulcedeleche	2700	41,0596	22,3471	54,43	0	41,4835	80,3944
Inv_Esenciavainilla	2700	2,84798	1,35326	47,52	0,349768	2,83769	5,18237
Inv_Harina	2700	706,427	310,205	43,91	78,9418	726,598	1187,02
Inv_Huevos	2700	33,1035	15,5112	46,86	0,191509	33,9251	57,5724
Inv_Leche	2700	22,1119	10,6064	47,97	0	24,7784	41,33
Inv_Levadura	2700	23,1658	12,7746	55,14	0	23,7696	43,3161
Inv_Mantequilla	2700	83,0349	44,9452	54,13	0	87,3378	176,05
Inv_Pastachocolate	2700	33,5346	18,7508	55,91	0	34,421	69,2095
Inv_Polvohornear	2700	11,0475	5,69953	51,59	0	12,5033	19,22
Inv_Premezcla	2700	51,6810	27,7649	53,72	0	52,355	100,004
Inv_Queso	2700	26,8253	14,7273	54,90	0	27,2045	52,5
Inv_Sal	2700	5,51201	2,98140	54,09	0	5,71053	10,4528

Variable	Asimetría	Curtosis
Inv_Azucar	-0,07	-1,22
Inv_Cocoa	-0,04	-1,15
Inv_Dulcedeleche	-0,11	-1,06
Inv_Esenciavainilla	0,00	-1,19
Inv_Harina	-0,20	-1,05
Inv_Huevos	-0,21	-1,01
Inv_Leche	-0,44	-1,30
Inv_Levadura	-0,14	-1,24
Inv_Mantequilla	-0,26	-1,05
Inv_Pastachocolate	-0,17	-1,04
Inv_Polvohornear	-0,42	-1,09
Inv_Premezcla	-0,10	-1,08
Inv_Queso	-0,12	-1,08
Inv_Sal	-0,16	-1,14

Figura 23. Estadísticos descriptivos del nivel de inventario obtenidos en Minitab

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.

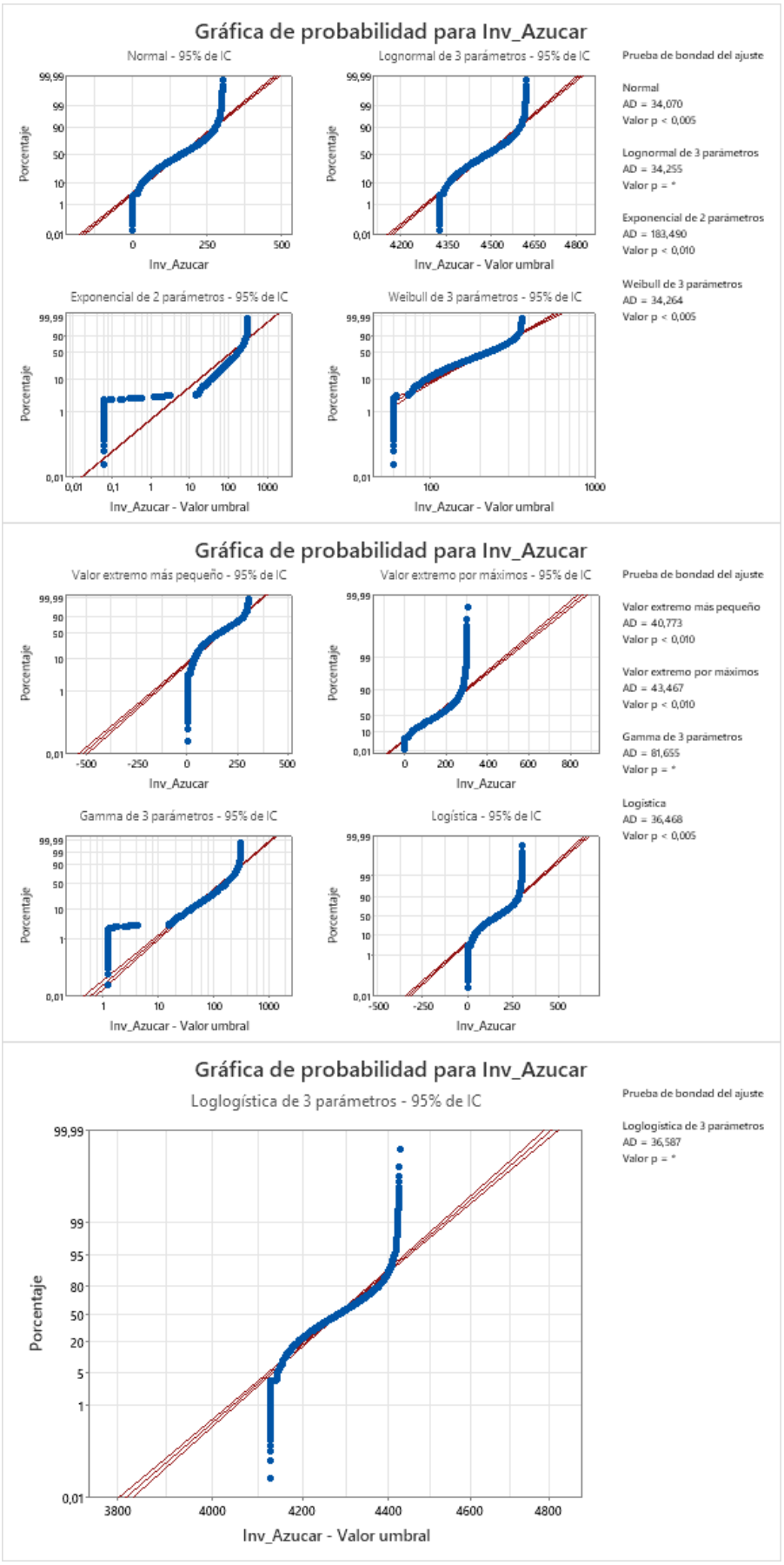
Anexo 5.

Pruebas de bondad de ajuste para los 14 ingredientes

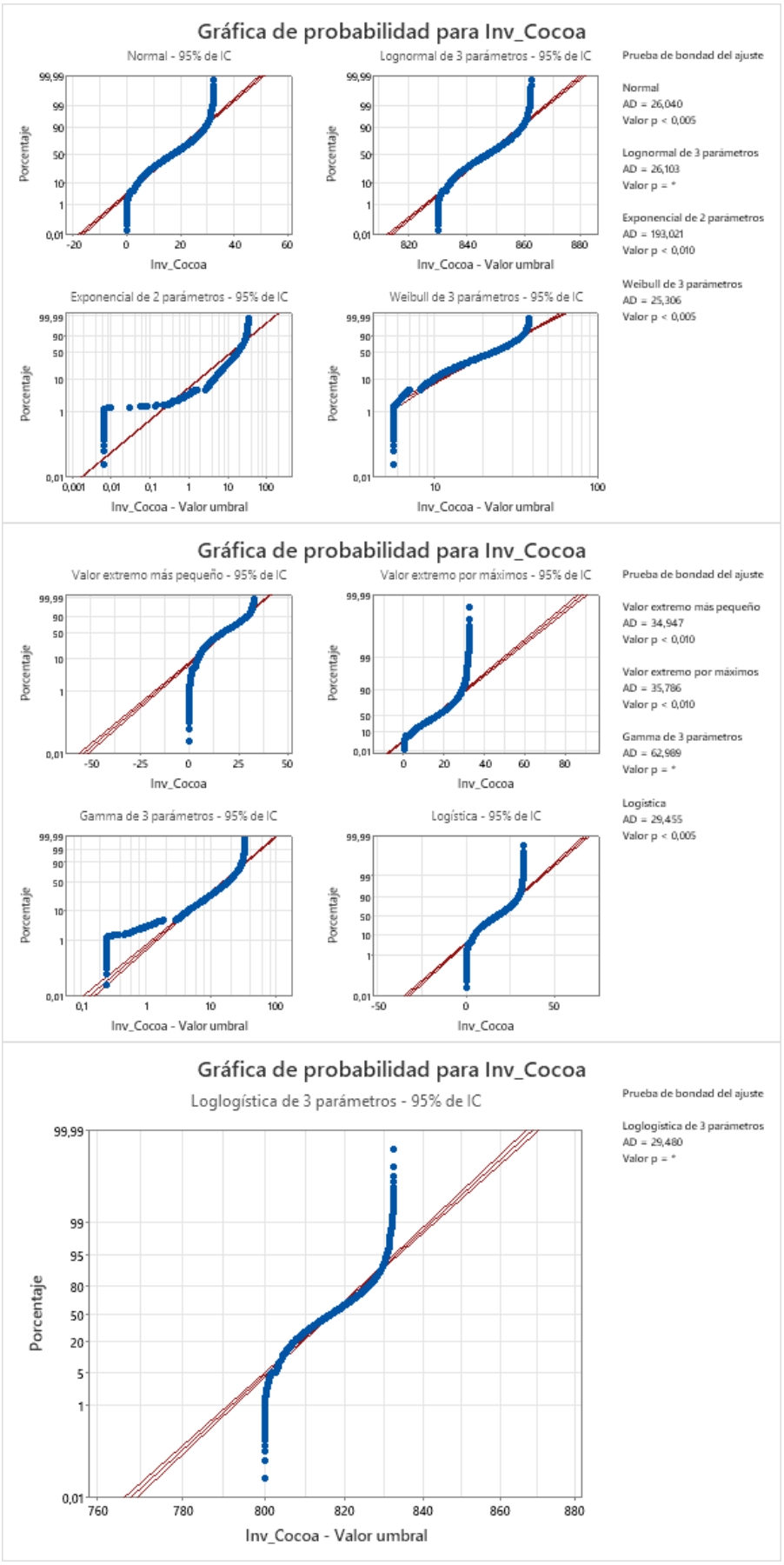
Tabla 18. Estadísticos de bondad de ajuste (Anderson-Darling) para nueve distribuciones candidatas, por materia prima

Ingrediente		Normal	Lognormal 3P	Exponencial 2P	Weibull 3P	Extremo mín.	Extremo máx.	Gamma 3P	Logística	Loglogística 3P
Azúcar	***AD***	34,07	34,255	183,49	34,264	40,773	43,467	81,655	36,468	36,587
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Cocoa	***AD***	26,04	26,103	193,021	25,306	34,947	35,786	62,989	29,455	29,48
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Dulce de leche	***AD***	21,661	21,889	206,835	21,141	29,16	37,798	102,035	25,022	25,175
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Esencia de vainilla	***AD***	29,499	29,524	200,785	30,114	39,03	37,628	29,912	32,372	32,361
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Harina	***AD***	27,663	27,798	263,164	26,218	30,556	46,521	29,068	30,418	30,523
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Huevos	***AD***	24,538	24,788	296,077	22,746	27,225	45,627	26,648	27,346	27,597
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Leche	***AD***	125,039	125,707	316,985	92,172	91,177	152,988	131,002	115,998	116,969
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Levadura	***AD***	40,04	40,209	192,073	40,208	42,136	51,512	83,364	41,928	42,097
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Mantequilla	***AD***	35,397	36,414	212,406	29,133	23,426	68,675	117,751	35,058	35,925
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Pasta de chocolate	***AD***	23,99	24,587	199,139	22,818	22,356	50,393	139,505	25,954	26,386
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Polvo de hornear	***AD***	58,638	59,016	249,438	37,603	36,526	88,914	139,306	56,414	56,906
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Premezcla	***AD***	23,016	23,207	211,263	22,293	29,844	37,661	84,07	26,549	26,705
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Queso	***AD***	24,343	24,504	219,856	23,771	30,148	40,387	155,698	27,548	27,707
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*
Sal	***AD***	30,185	30,323	214,251	29,221	30,225	47,859	105,272	32,811	32,921
	p	<0,005	*	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	*	<0,005	*

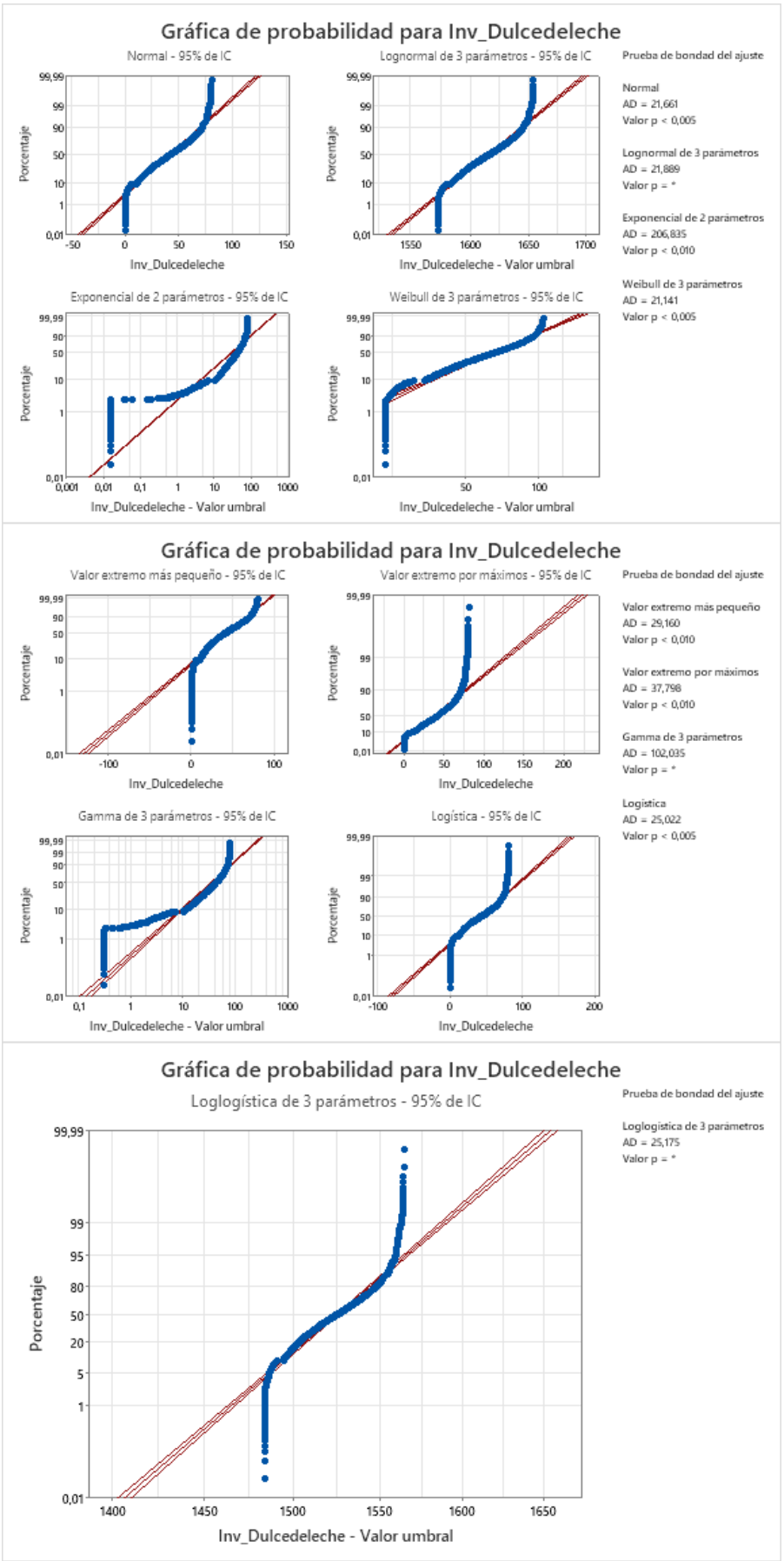
Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.


Gráfica de probabilidad para Inv_Azucar
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Azucar
Inv_Azucar - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 34,070
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 34,255
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 183,490
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 34,264
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Azucar
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Azucar
Inv_Azucar - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 40,773
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 43,467
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 81,655
Valor p = *
Logística
AD = 36,468
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Azucar
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Azucar - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 36,587
Valor p = *

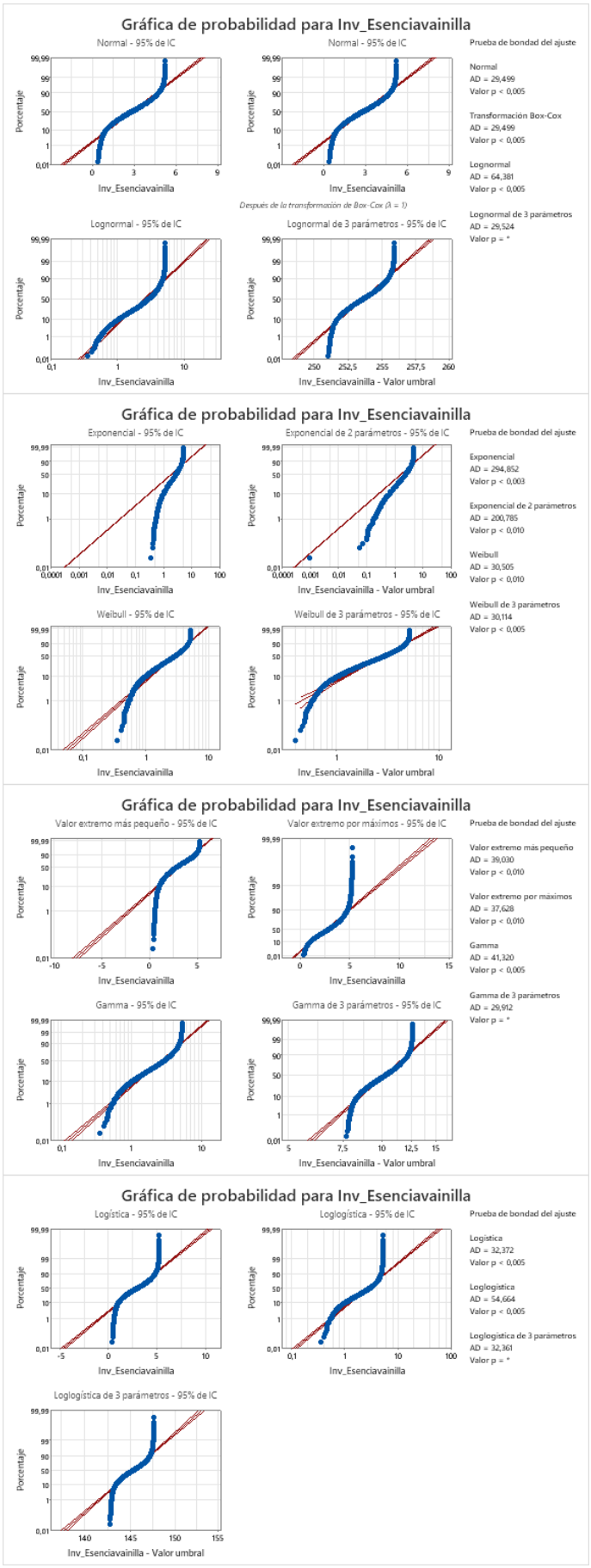
a) Azúcar


Gráfica de probabilidad para Inv_Cocoa
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Cocoa
Inv_Cocoa - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 26,040
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 26,103
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 193,021
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 25,306
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Cocoa
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 34,947
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 35,786
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 62,989
Valor p = *
Logística
AD = 29,455
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Cocoa
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 29,480
Valor p = *
Porcentaje
Inv_Cocoa - Valor umbral

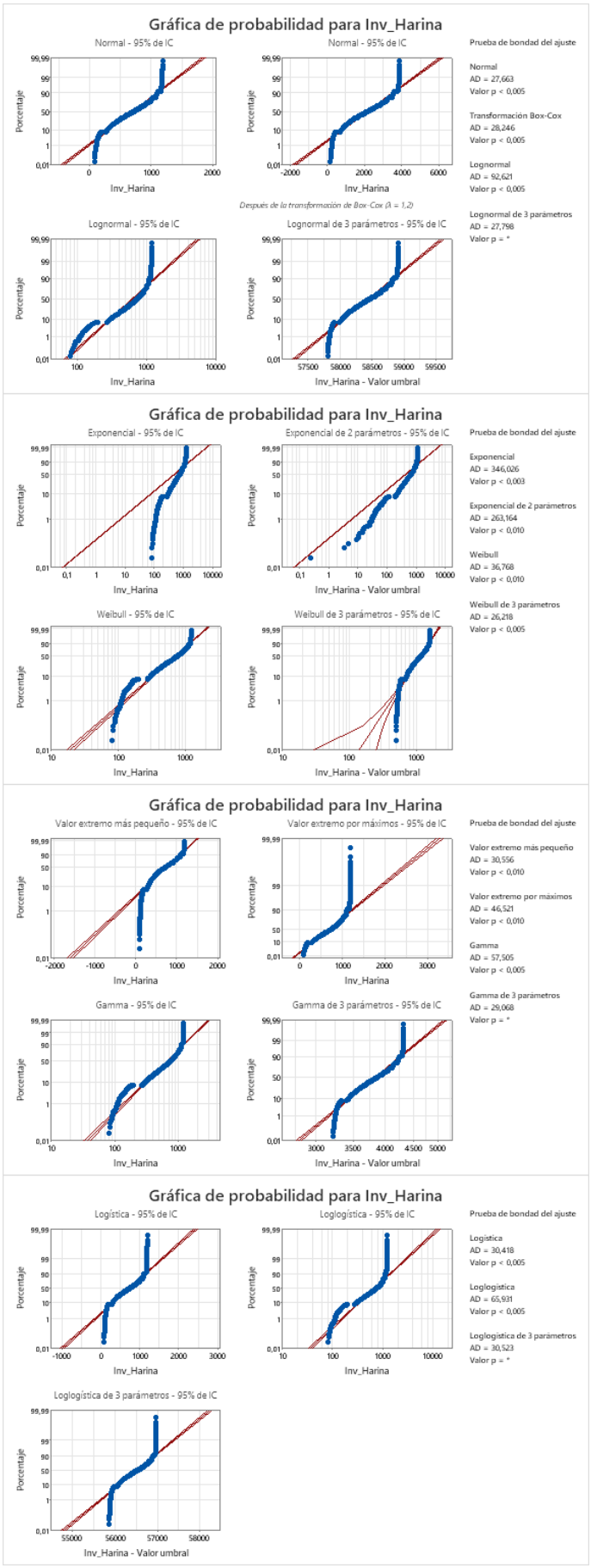
b) Cocoa



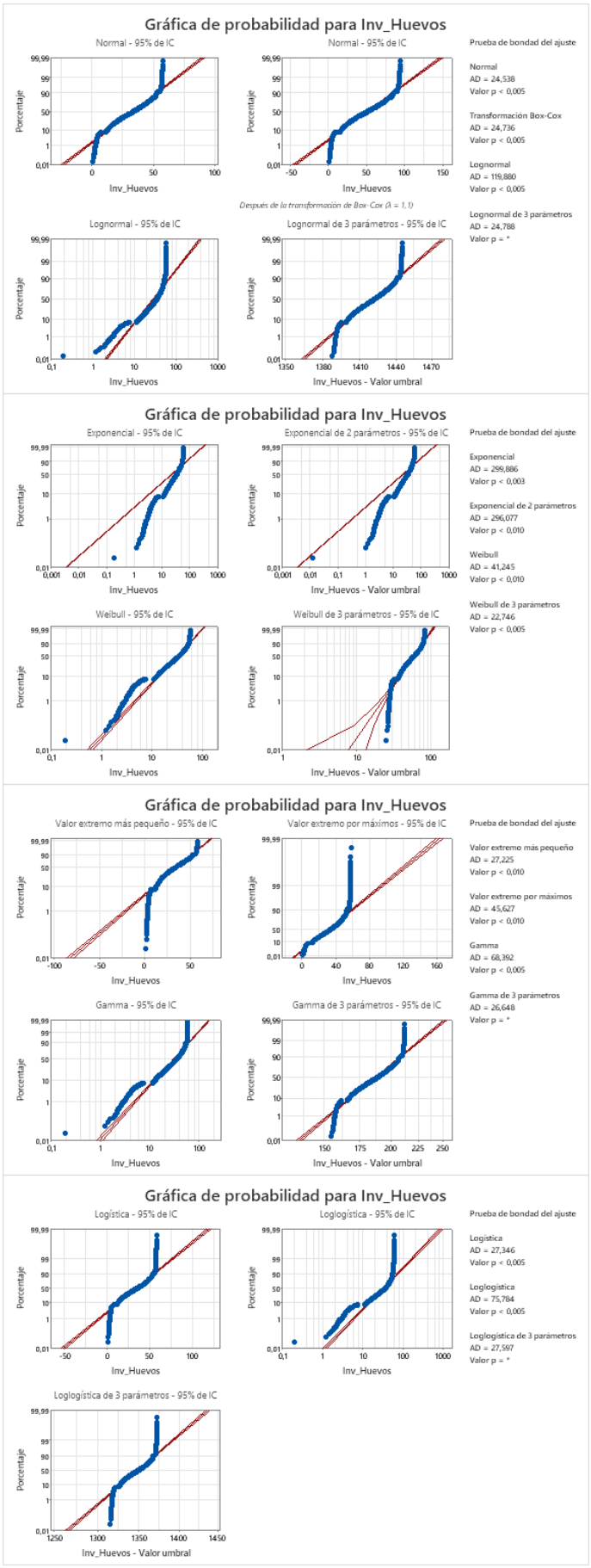
c) Dulce de leche



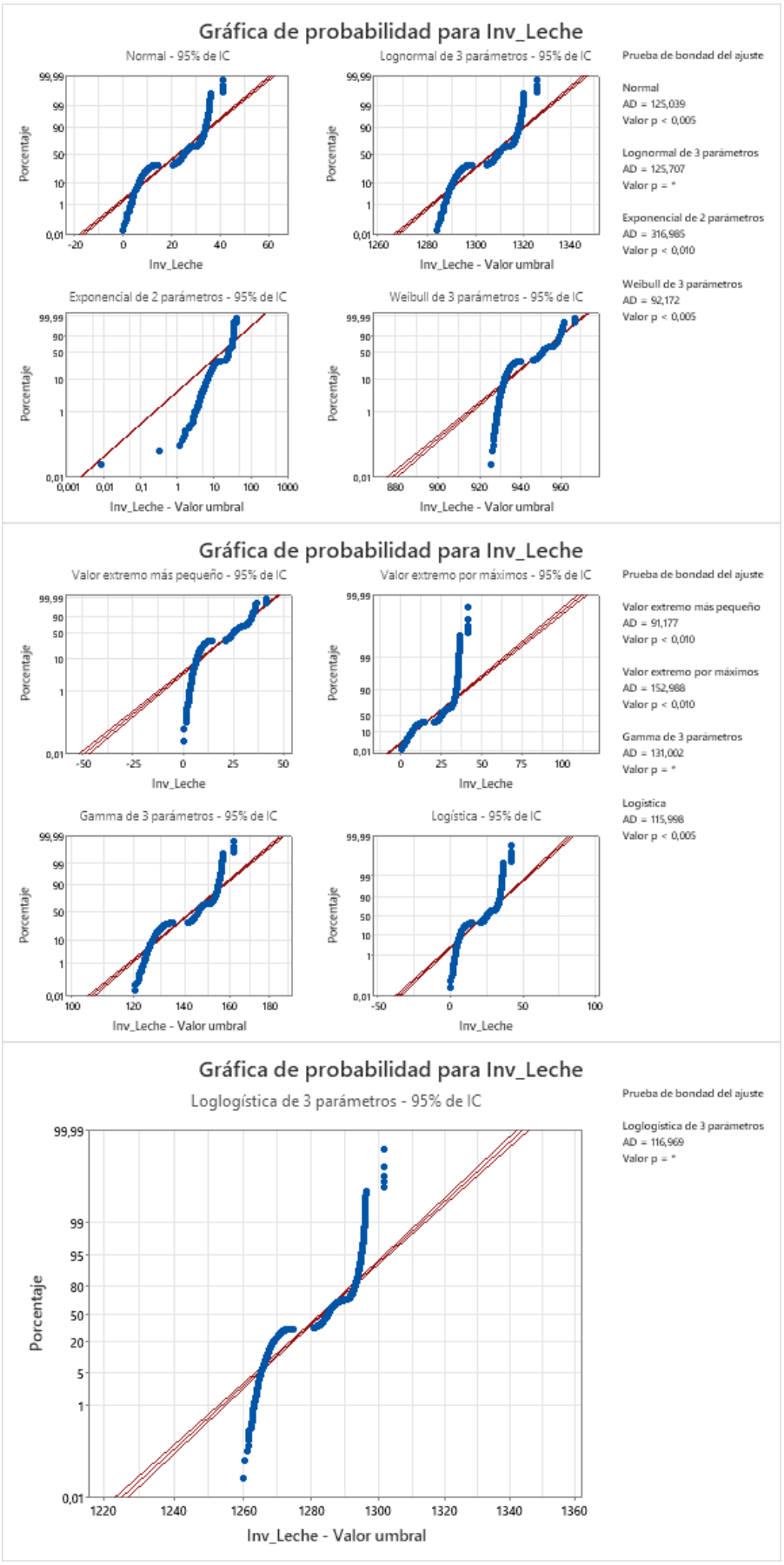
d) Esencia de vainilla


Gráfica de probabilidad para Inv_Harina
Normal - 95% de IC
Normal - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 27,663
Valor p < 0,005
Transformación Box-Cox
AD = 28,246
Valor p < 0,005
Lognormal
AD = 92,621
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 27,798
Valor p = *
Después de la transformación de Box-Cox (λ = 1,2)
Lognormal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Harina
Inv_Harina - Valor umbral
Gráfica de probabilidad para Inv_Harina
Exponencial - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Exponencial
AD = 346,026
Valor p < 0,003
Exponencial de 2 parámetros
AD = 263,164
Valor p < 0,010
Weibull
AD = 36,768
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 26,218
Valor p < 0,005
Weibull - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Gráfica de probabilidad para Inv_Harina
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 30,556
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 46,521
Valor p < 0,010
Gamma
AD = 57,505
Valor p < 0,005
Gamma de 3 parámetros
AD = 29,068
Valor p = *
Gamma - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Gráfica de probabilidad para Inv_Harina
Logística - 95% de IC
Loglogística - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Logística
AD = 30,418
Valor p < 0,005
Loglogística
AD = 65,931
Valor p < 0,005
Loglogística de 3 parámetros
AD = 30,523
Valor p = *
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC

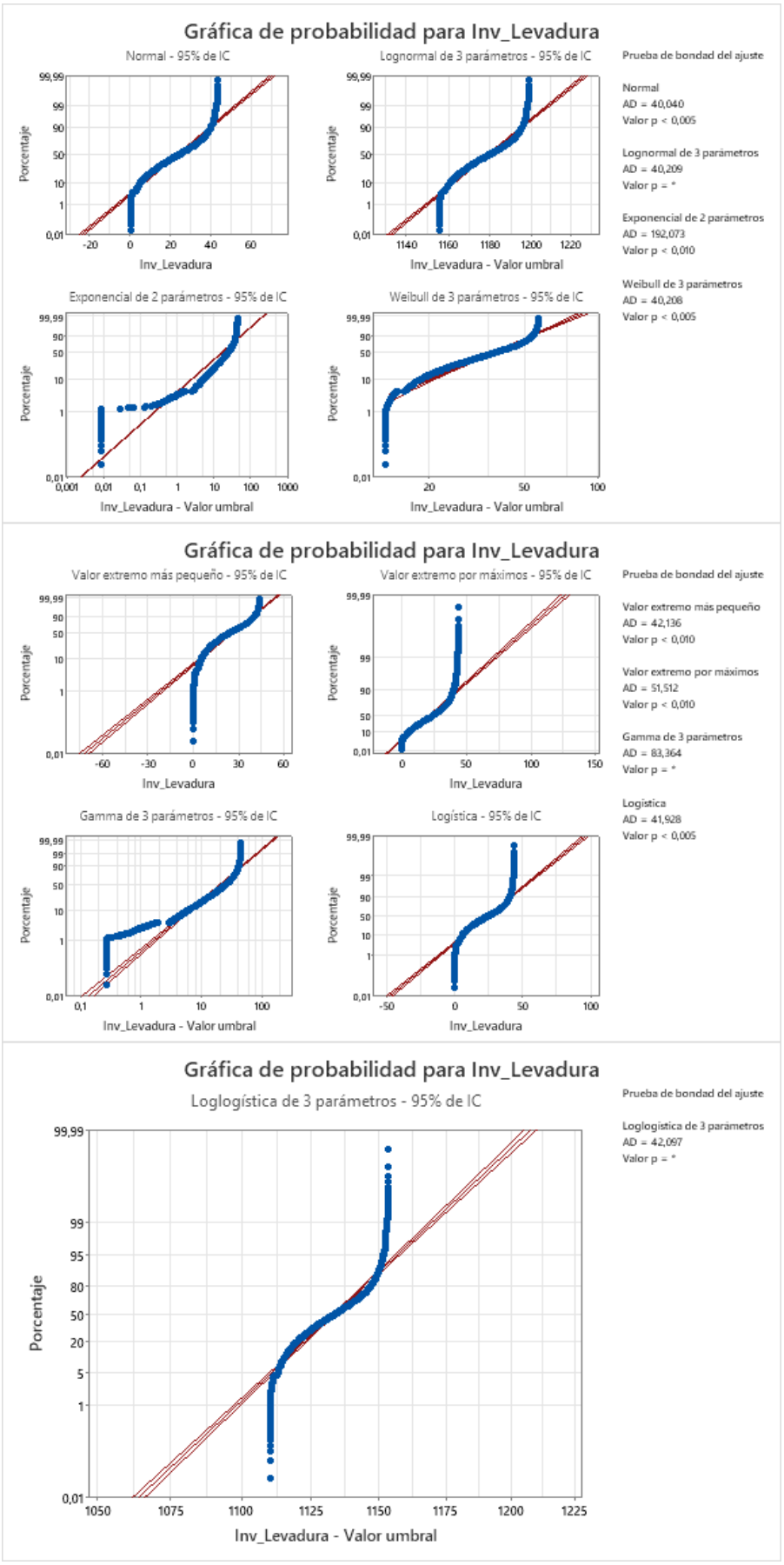
e) Harina


Gráfica de probabilidad para Inv_Huevos
Normal - 95% de IC
Normal - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 24,538
Valor p < 0,005
Transformación Box-Cox
AD = 24,736
Valor p < 0,005
Lognormal
AD = 119,880
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 24,788
Valor p = *
Después de la transformación de Box-Cox (λ = 1,1)
Lognormal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Huevos
Inv_Huevos - Valor umbral
Gráfica de probabilidad para Inv_Huevos
Exponencial - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Exponencial
AD = 299,886
Valor p < 0,003
Exponencial de 2 parámetros
AD = 296,077
Valor p < 0,010
Weibull
AD = 41,245
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 22,746
Valor p < 0,005
Weibull - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Gráfica de probabilidad para Inv_Huevos
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 27,225
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 45,627
Valor p < 0,010
Gamma
AD = 68,392
Valor p < 0,005
Gamma de 3 parámetros
AD = 26,648
Valor p = *
Gamma - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Gráfica de probabilidad para Inv_Huevos
Logística - 95% de IC
Loglogística - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Logística
AD = 27,346
Valor p < 0,005
Loglogística
AD = 75,784
Valor p < 0,005
Loglogística de 3 parámetros
AD = 27,597
Valor p = *
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC

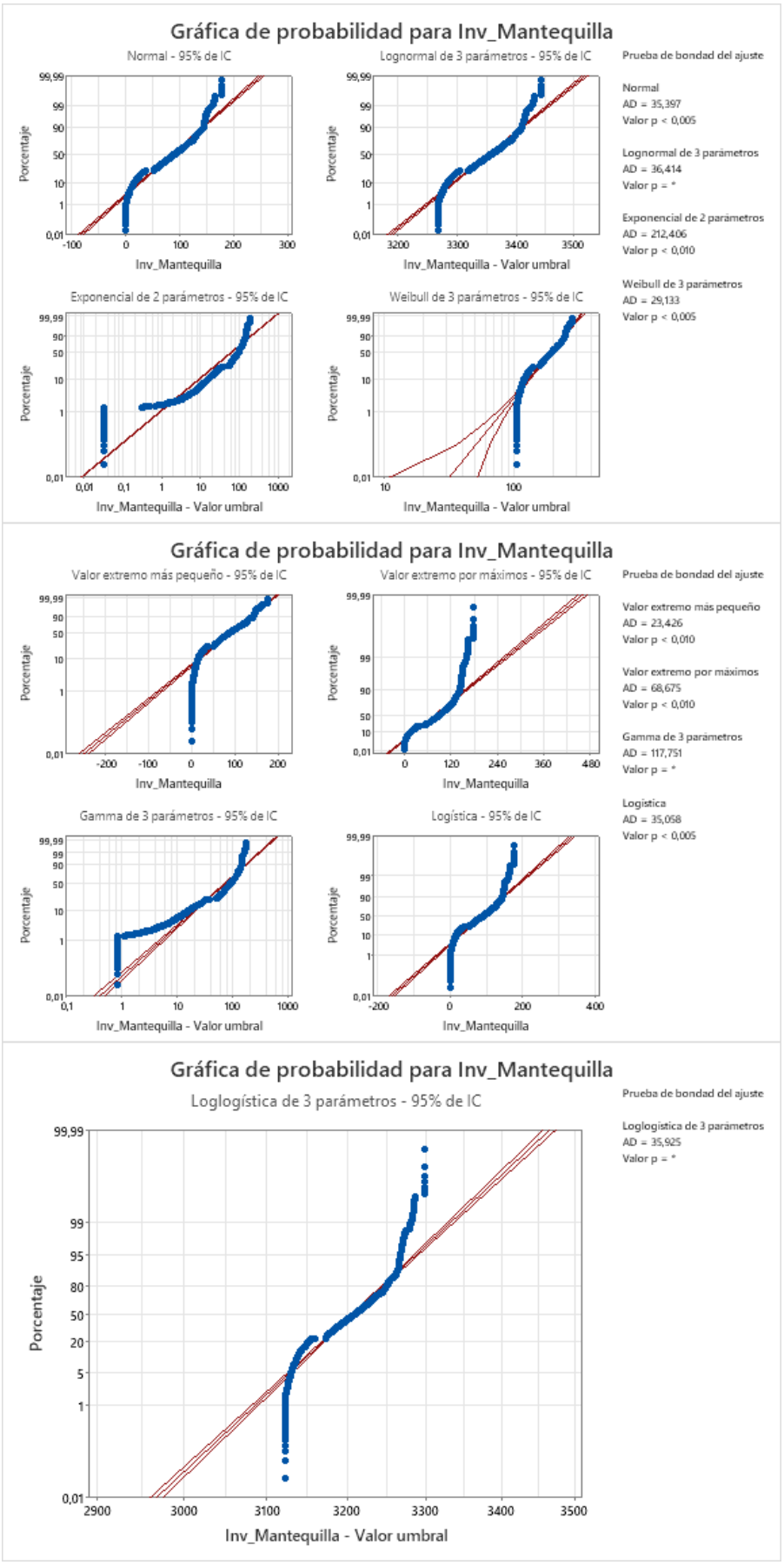
f) Huevos


Gráfica de probabilidad para Inv_Leche
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Leche
Inv_Leche - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 125,039
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 125,707
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 316,985
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 92,172
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Leche
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Leche
Inv_Leche - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 91,177
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 152,988
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 131,002
Valor p = *
Logística
AD = 115,998
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Leche
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Leche - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 116,969
Valor p = *

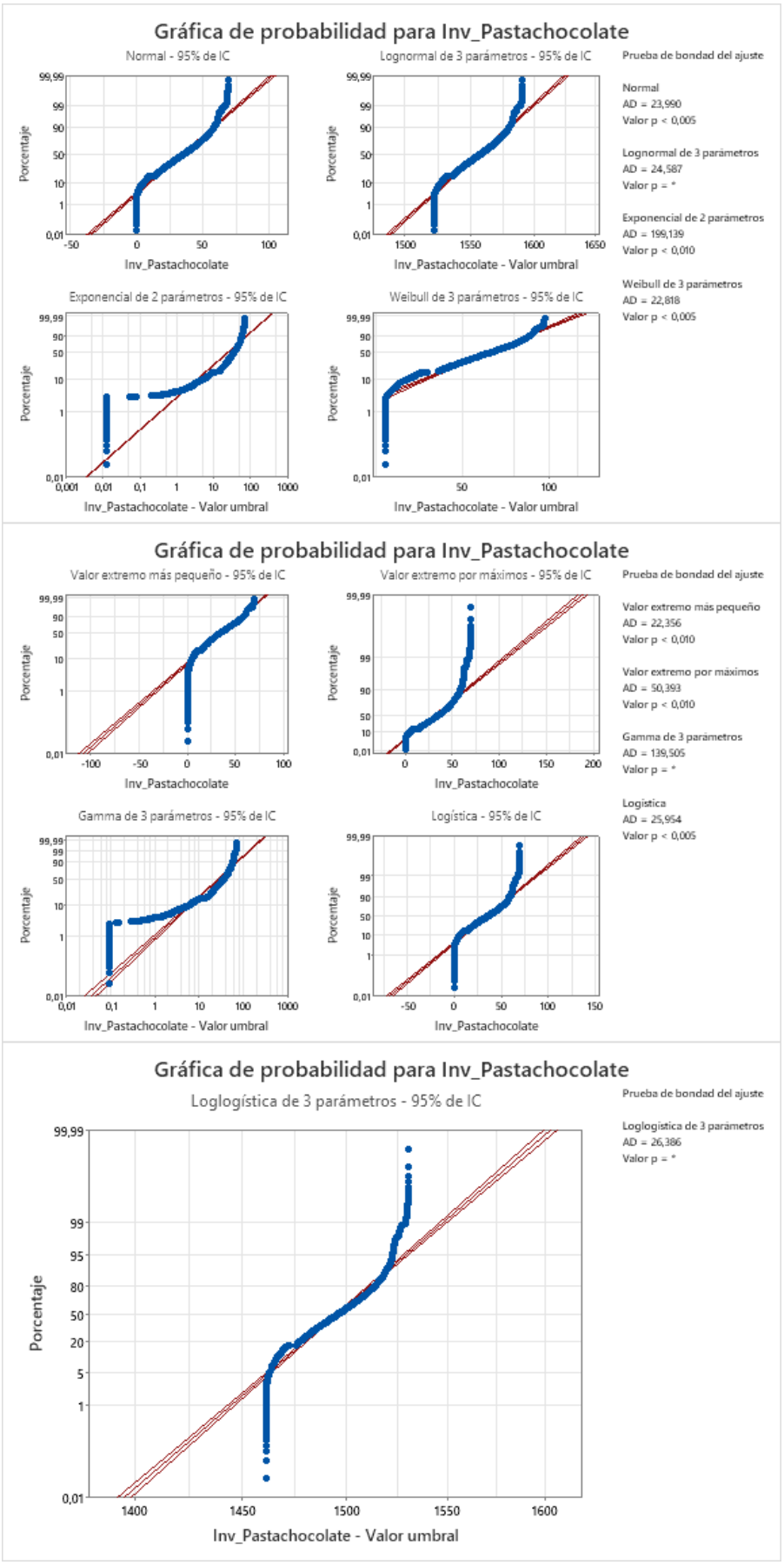
g) Leche


Gráfica de probabilidad para Inv_Levadura
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Levadura
Inv_Levadura - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 40,040
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 40,209
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 192,073
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 40,208
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Levadura
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Levadura
Inv_Levadura - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 42,136
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 51,512
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 83,364
Valor p = *
Logística
AD = 41,928
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Levadura
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Levadura - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 42,097
Valor p = *

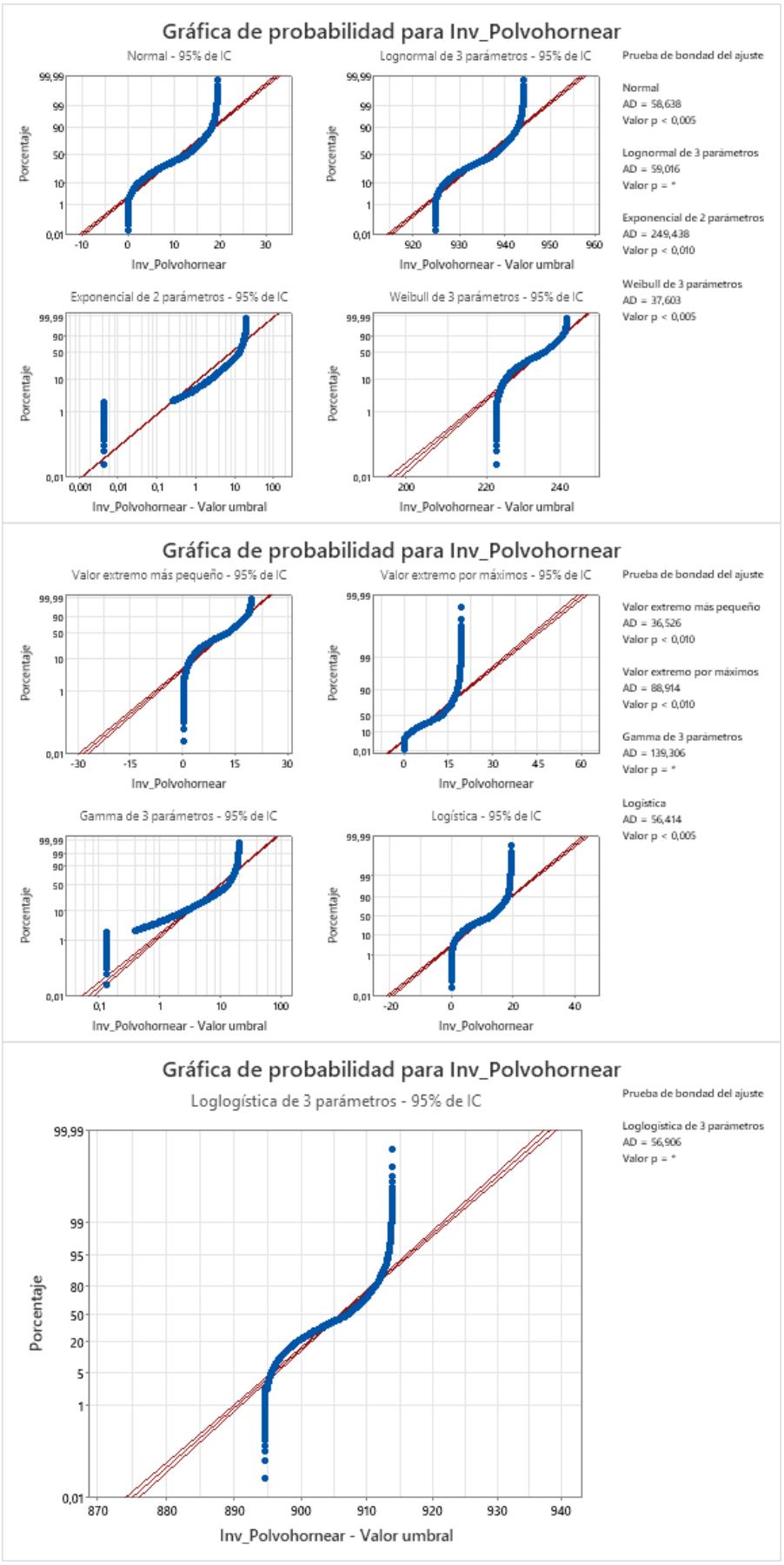
h) Levadura



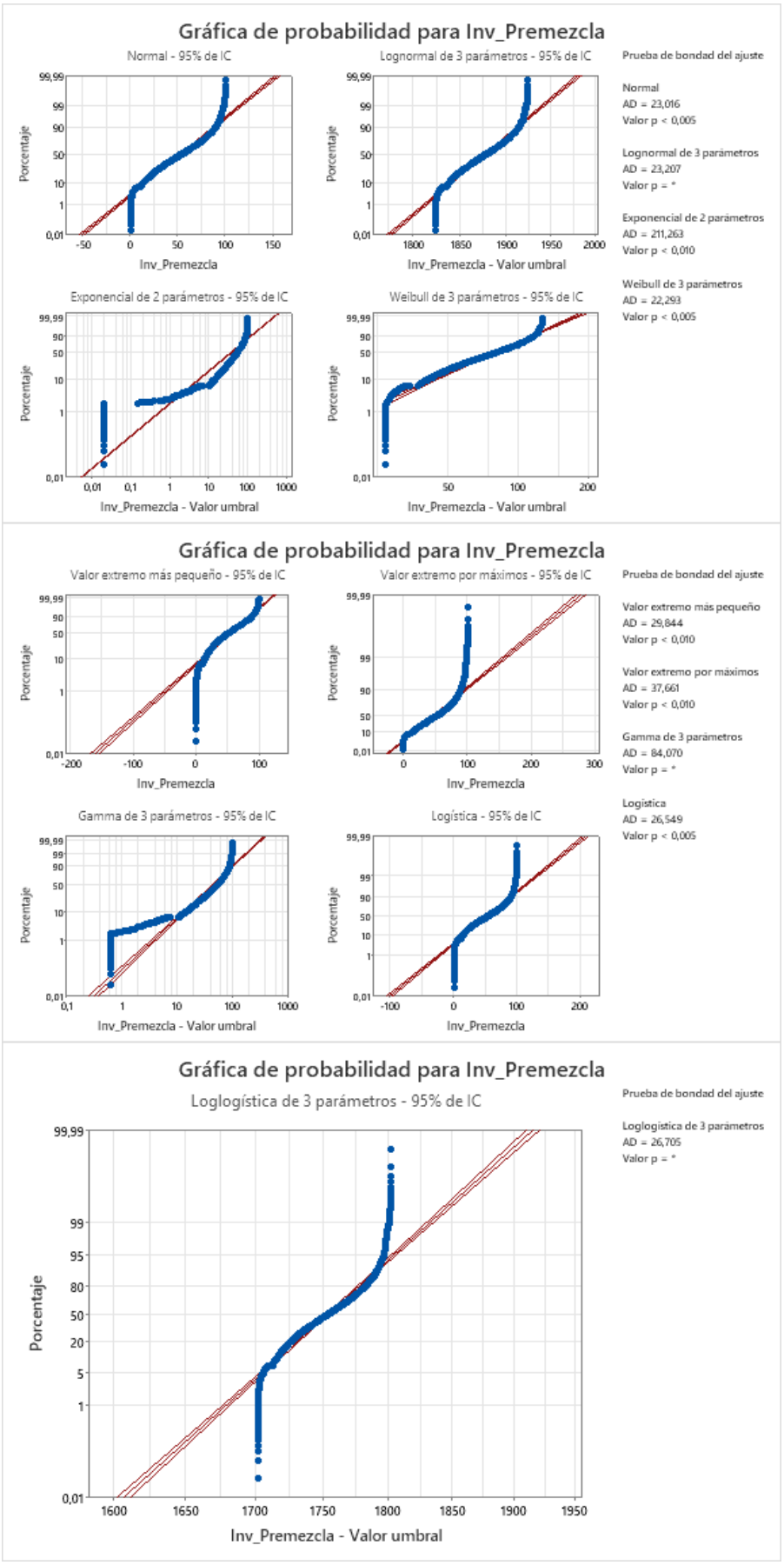
i) Mantequilla



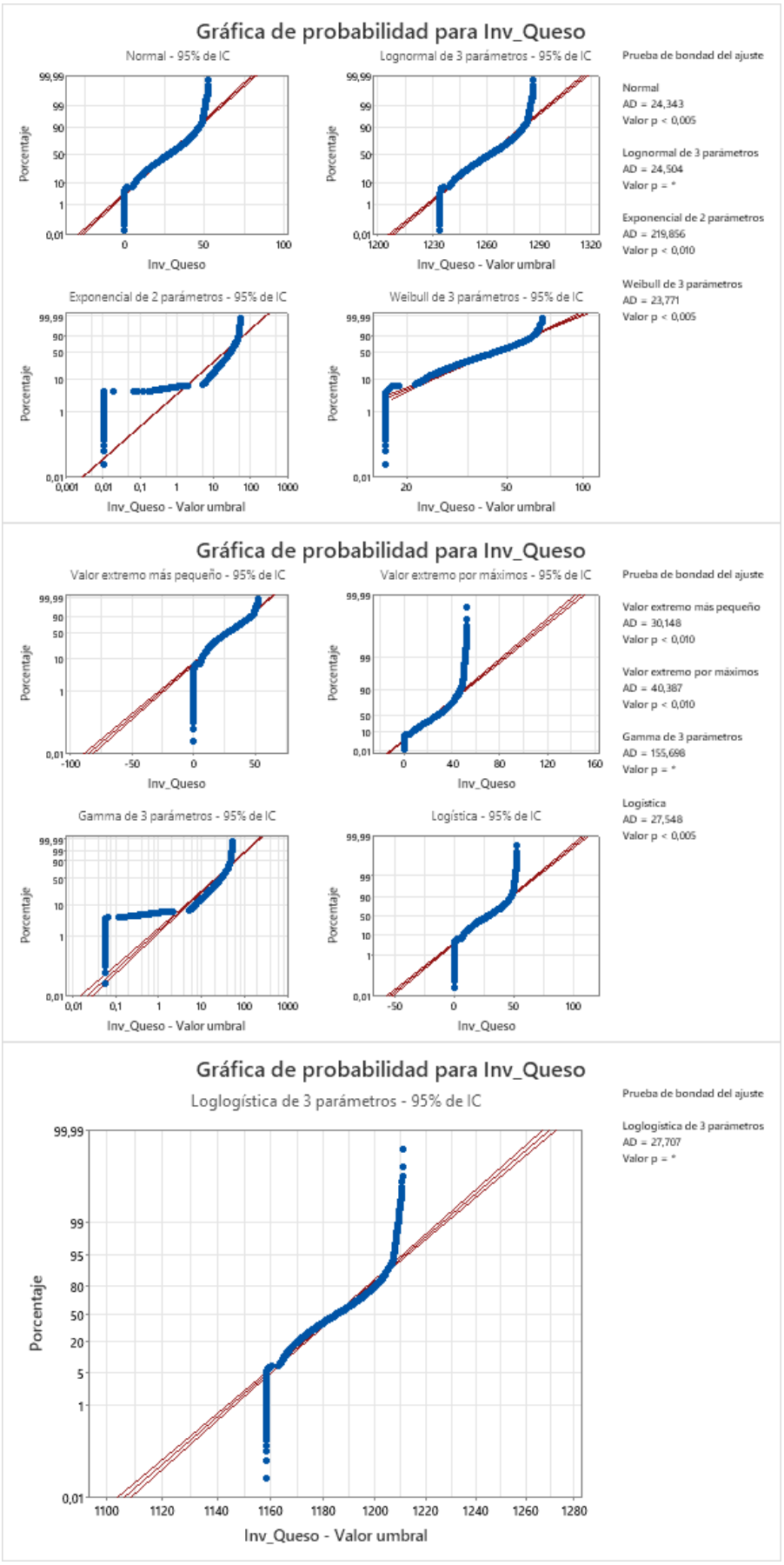
j) Pasta de chocolate



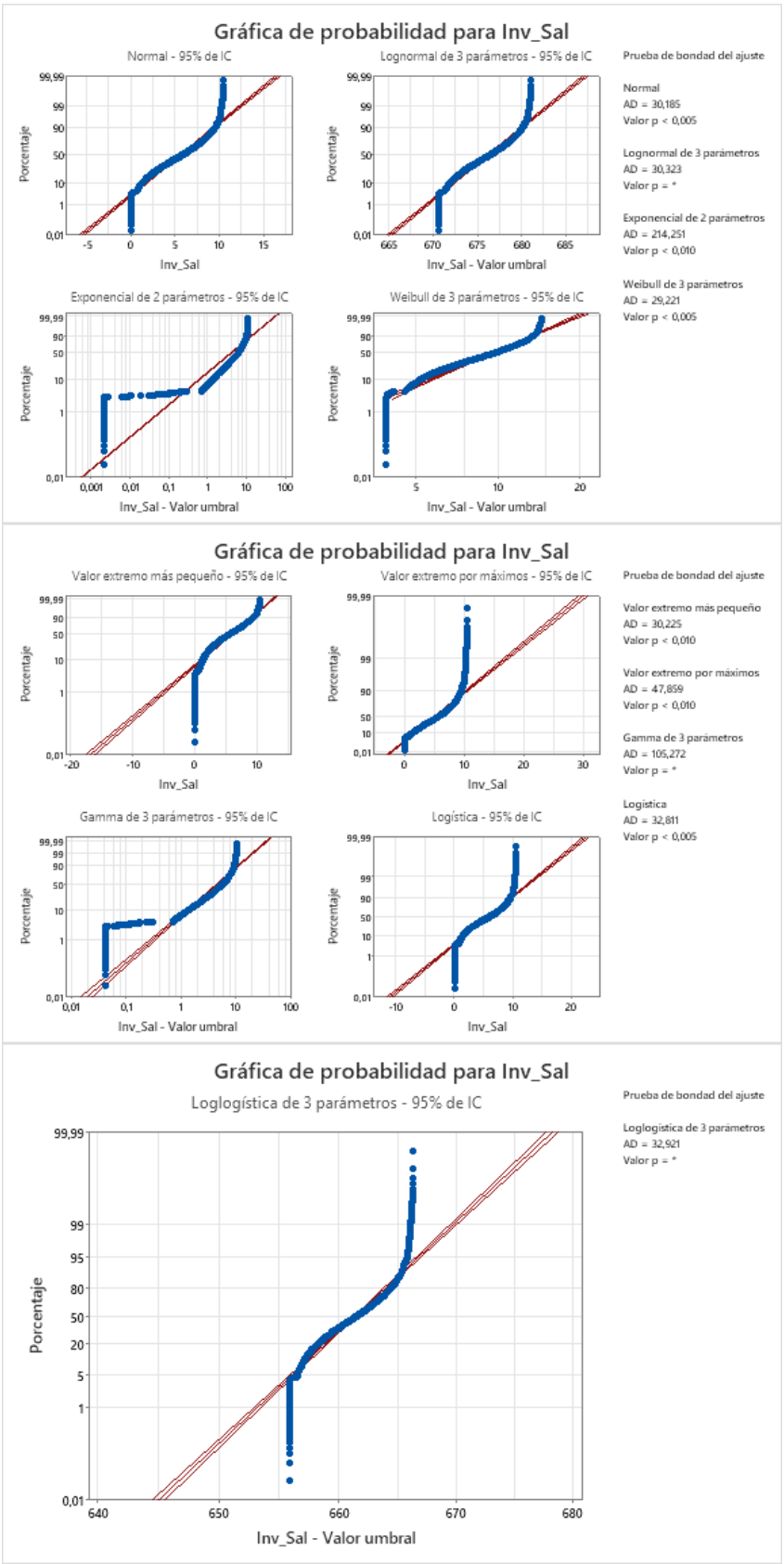
k) Polvo de hornear


Gráfica de probabilidad para Inv_Premezcla
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Premezcla
Inv_Premezcla - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 23,016
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 23,207
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 211,263
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 22,293
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Premezcla
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 29,844
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 37,661
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 84,070
Valor p = *
Logística
AD = 26,549
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Premezcla
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 26,705
Valor p = *

l) Premezcla


Gráfica de probabilidad para Inv_Queso
Normal - 95% de IC
Lognormal de 3 parámetros - 95% de IC
Exponencial de 2 parámetros - 95% de IC
Weibull de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Queso
Inv_Queso - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Normal
AD = 24,343
Valor p < 0,005
Lognormal de 3 parámetros
AD = 24,504
Valor p = *
Exponencial de 2 parámetros
AD = 219,856
Valor p < 0,010
Weibull de 3 parámetros
AD = 23,771
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Queso
Valor extremo más pequeño - 95% de IC
Valor extremo por máximos - 95% de IC
Gamma de 3 parámetros - 95% de IC
Logística - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Queso
Inv_Queso - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Valor extremo más pequeño
AD = 30,148
Valor p < 0,010
Valor extremo por máximos
AD = 40,387
Valor p < 0,010
Gamma de 3 parámetros
AD = 155,698
Valor p = *
Logística
AD = 27,548
Valor p < 0,005
Gráfica de probabilidad para Inv_Queso
Loglogística de 3 parámetros - 95% de IC
Porcentaje
Inv_Queso - Valor umbral
Prueba de bondad del ajuste
Loglogística de 3 parámetros
AD = 27,707
Valor p = *

m) Queso



n) Sal

Figura 24. Gráficas de probabilidad para la identificación de distribución, por materia prima.
Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.

Anexo 6.

Datos para la evaluación de la eficacia del servicio

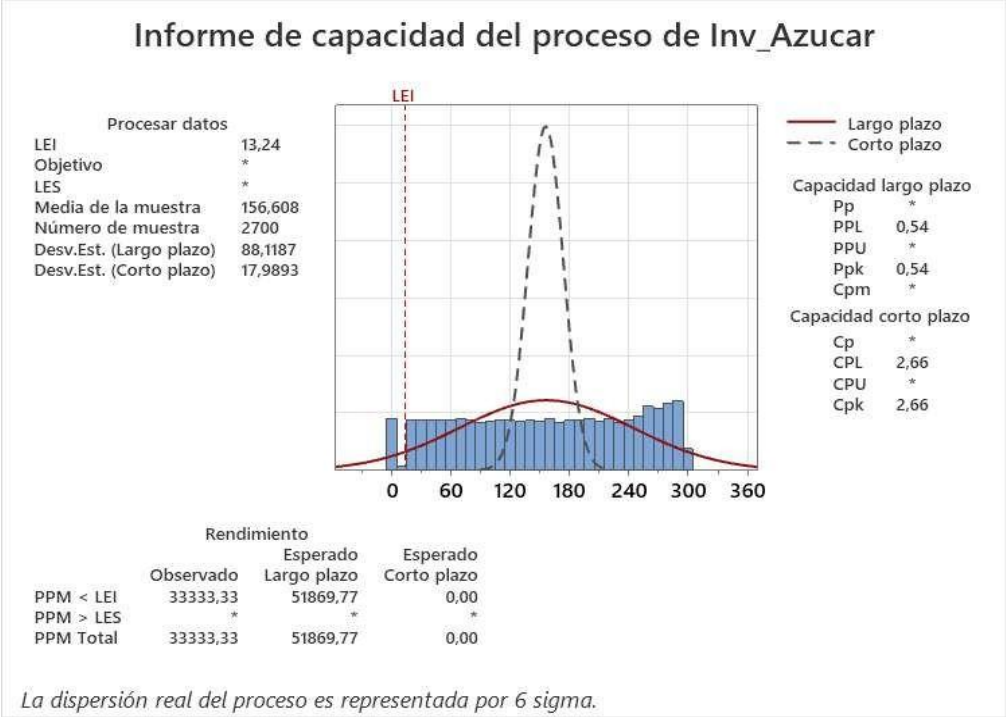
Tabla 19. Datos para la evaluación de la eficacia del servicio, por materia prima

Materia prima	Total días (n)	Días en stockout	CSL (%)	N.º episodios	Duración media (días)	Faltante total	Fill Rate (%)
Azúcar	2700	134	95,04	67	2,00	8309,62	76,73
Cocoa	2692	72	97,33	36	2,00	473,61	85,28
Dulce de leche	2692	130	95,17	65	2,00	4882,12	69,08
Esencia de vainilla	2700	0	100,00	0	0,00	0,00	100,00
Harina	2700	0	100,00	0	0,00	0,00	100,00
Huevos	2700	0	100,00	0	0,00	0,00	100,00
Leche	2700	2	99,93	1	2,00	50,44	99,77
Levadura	2700	70	97,41	35	2,00	402,77	87,22
Mantequilla	2700	76	97,19	38	2,00	7116,28	86,00
Pasta de chocolate	2694	162	93,99	81	2,00	4958,15	67,70
Polvo de hornear	2700	90	96,67	30	3,00	389,52	66,35
Premezcla	2699	103	96,18	51	2,02	3577,87	75,41
Queso	2700	234	91,33	117	2,00	6690,38	59,61
Sal	2700	164	93,93	82	2,00	691,95	65,60
PROMEDIO DEL SISTEMA			**96,72**				**81,34**

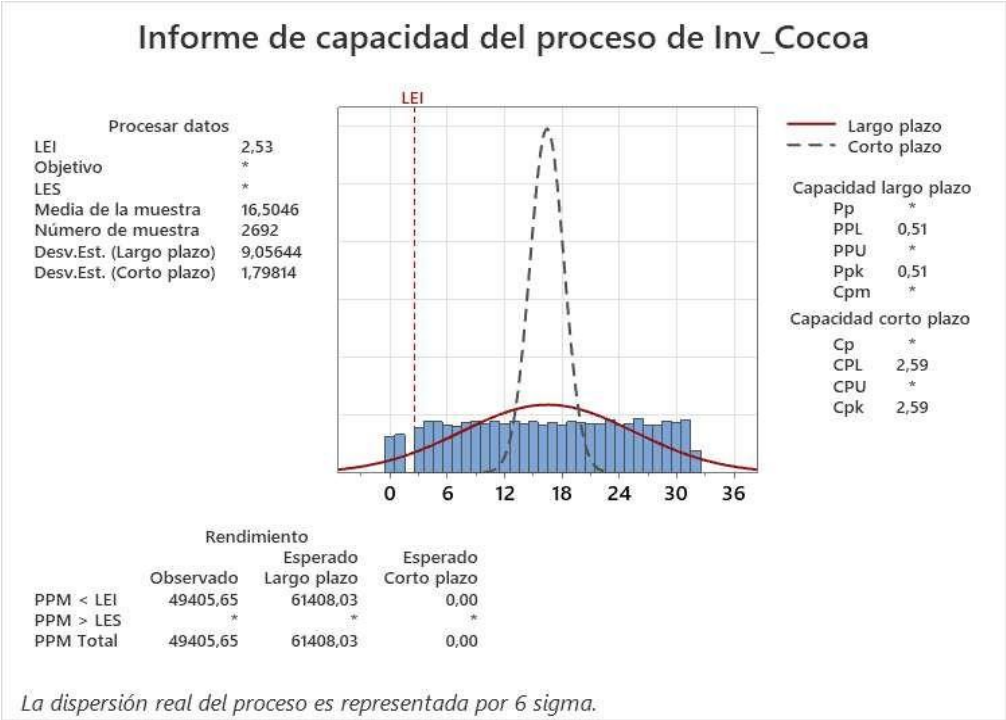
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de salida de la simulación en Arena, procesados en Microsoft Excel.

Anexo 7

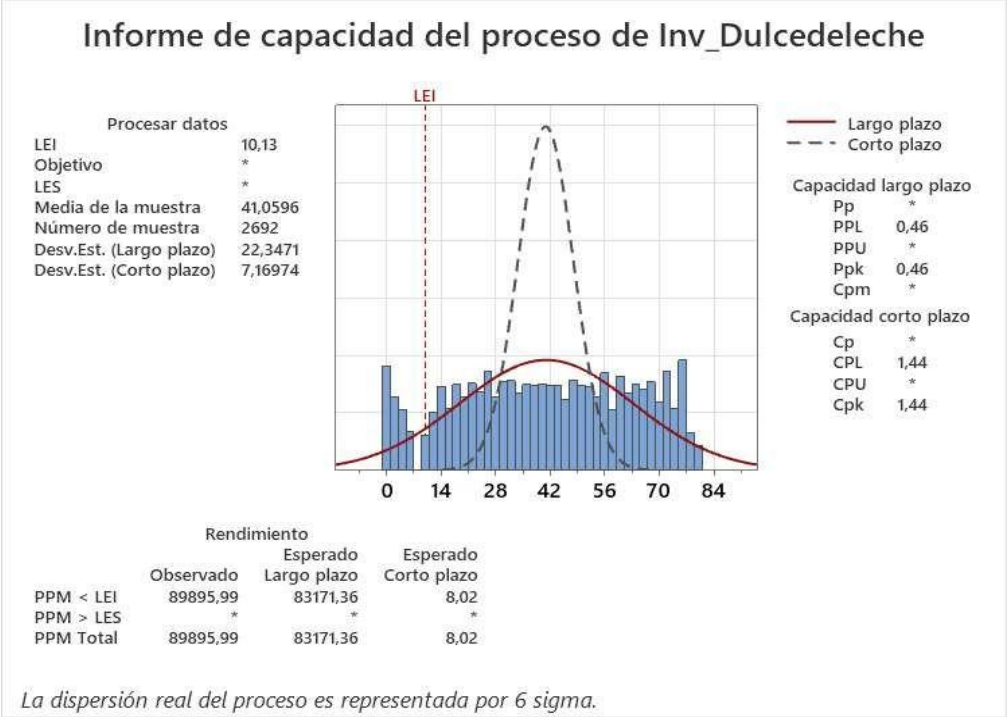
Análisis de capacidad por 14 ingredientes



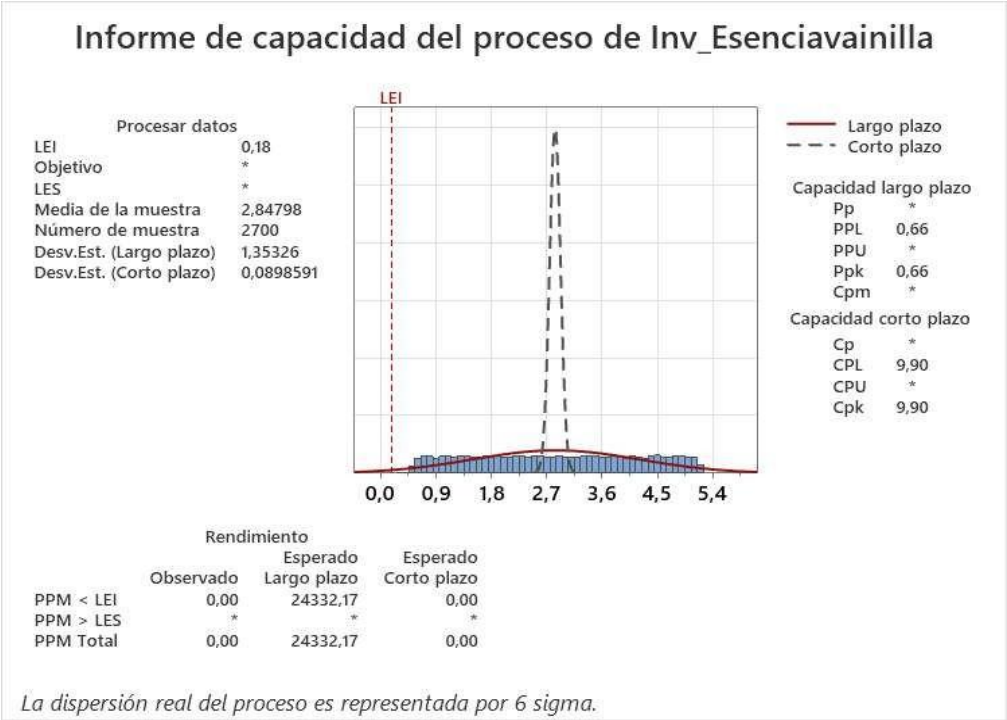
a) Azúcar



b) Cocoa

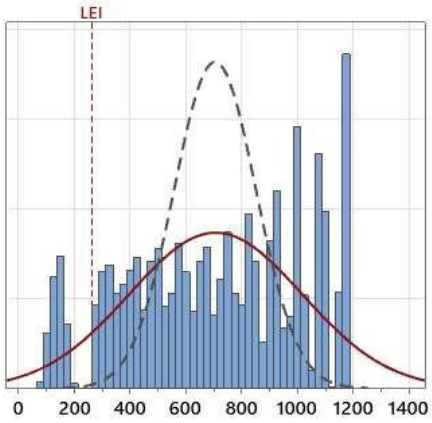


c) Dulce de leche



d) Esencia de vainilla

Informe de capacidad del proceso de Inv_Harina



Procesar datos	
LEI	265
Objetivo	*
LES	*
Media de la muestra	706,427
Número de muestra	2700
Desv.Est. (Largo plazo)	310,205
Desv.Est. (Corto plazo)	147,993

Largo plazo
Corto plazo

Capacidad largo plazo	
Pp	*
PPL	0,47
PPU	*
Ppk	0,47
Cpm	*

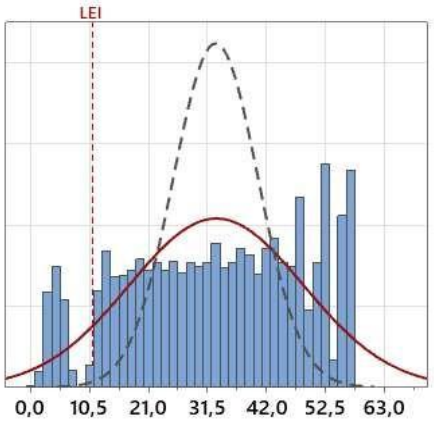
Capacidad corto plazo	
Cp	*
CPL	0,99
CPU	*
Cpk	0,99

Rendimiento	Observado	Esperado Largo plazo	Esperado Corto plazo
PPM < LEI	77777,78	77365,97	1428,32
PPM > LES	*	*	*
PPM Total	77777,78	77365,97	1428,32

La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

e) Harina

Informe de capacidad del proceso de Inv_Huevos



Procesar datos	
LEI	11
Objetivo	*
LES	*
Media de la muestra	33,1035
Número de muestra	2700
Desv.Est. (Largo plazo)	15,5112
Desv.Est. (Corto plazo)	7,61037

Largo plazo
Corto plazo

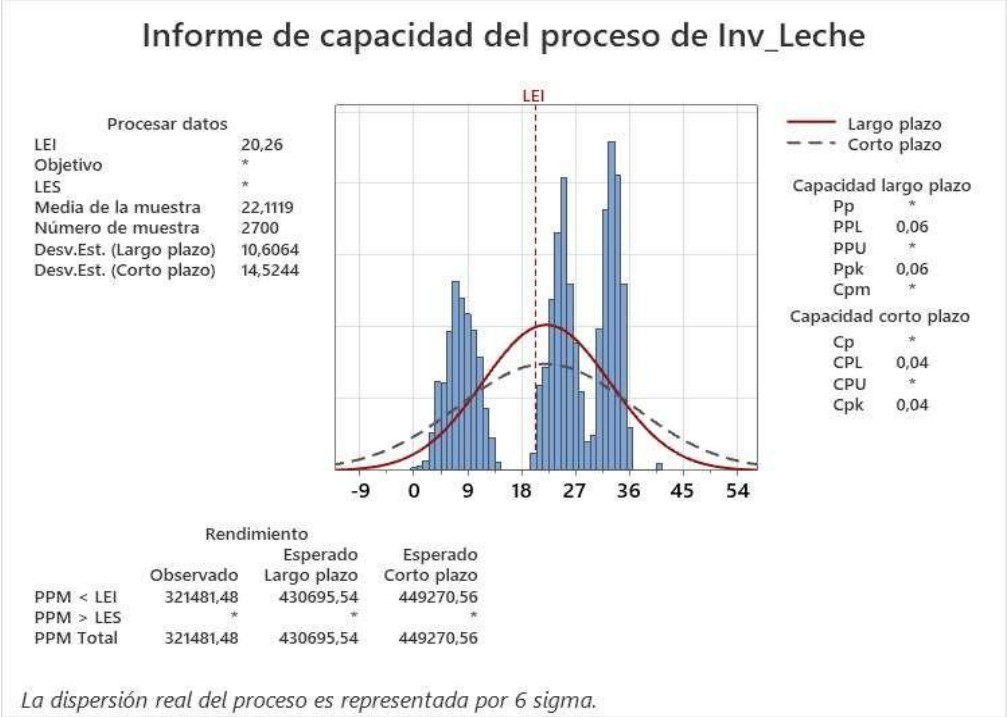
Capacidad largo plazo	
Pp	*
PPL	0,48
PPU	*
Ppk	0,48
Cpm	*

Capacidad corto plazo	
Cp	*
CPL	0,97
CPU	*
Cpk	0,97

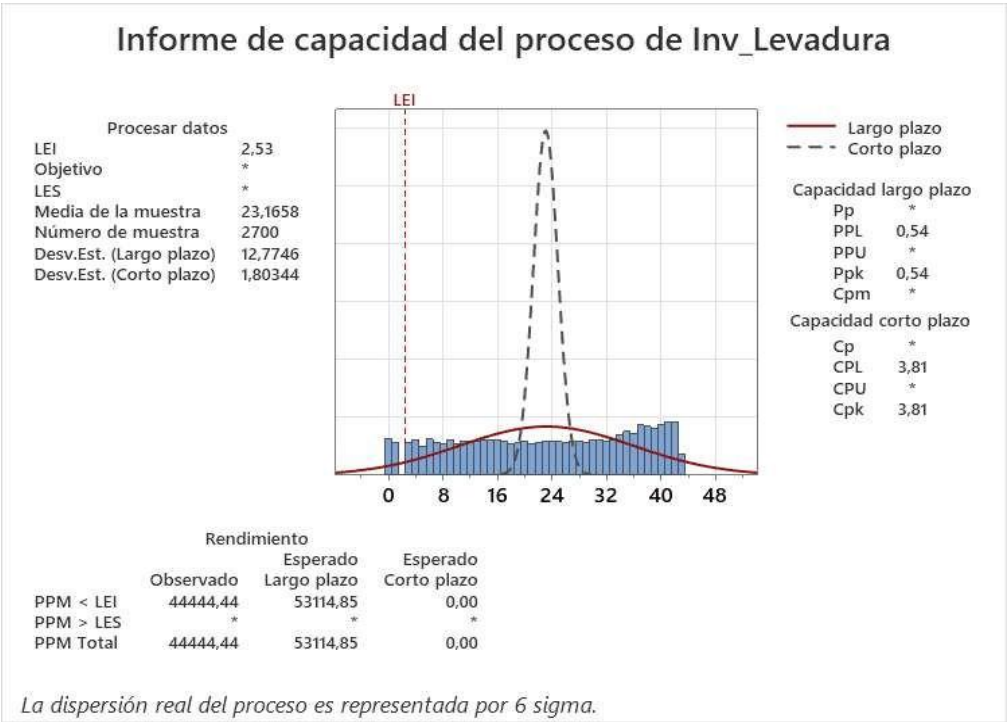
Rendimiento	Observado	Esperado Largo plazo	Esperado Corto plazo
PPM < LEI	77777,78	77078,46	1839,83
PPM > LES	*	*	*
PPM Total	77777,78	77078,46	1839,83

La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

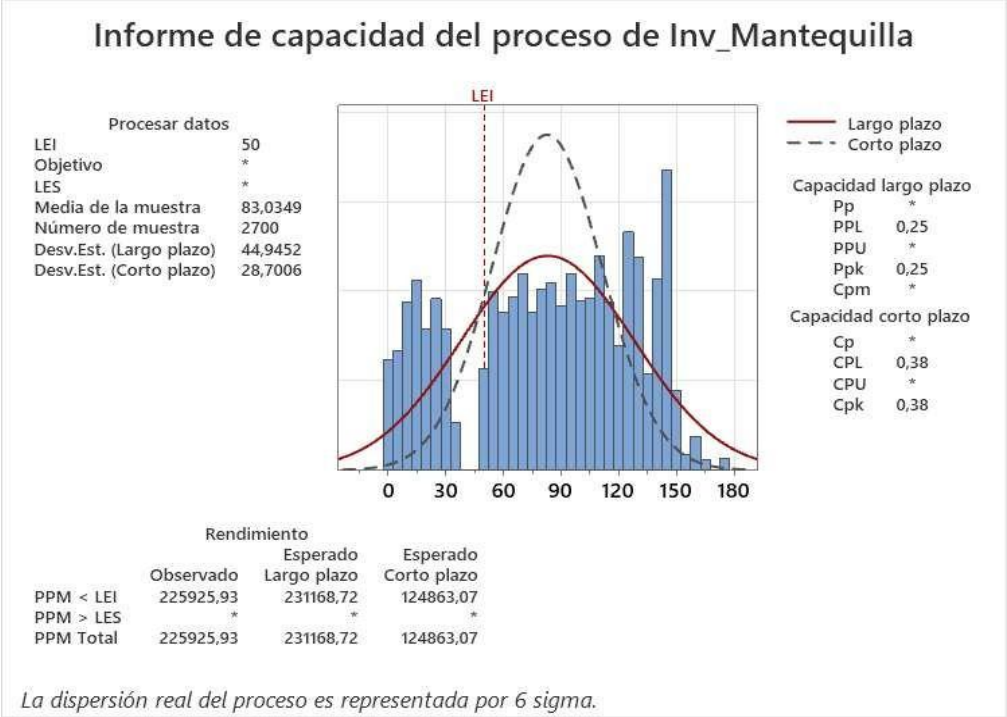
f) Huevos



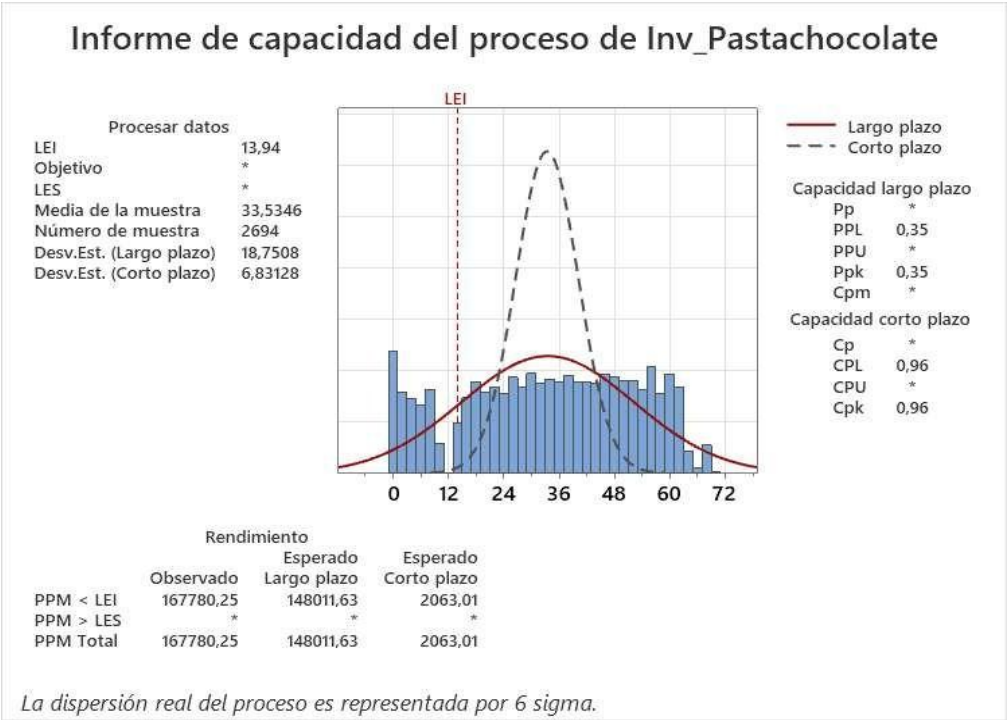
g) Leche



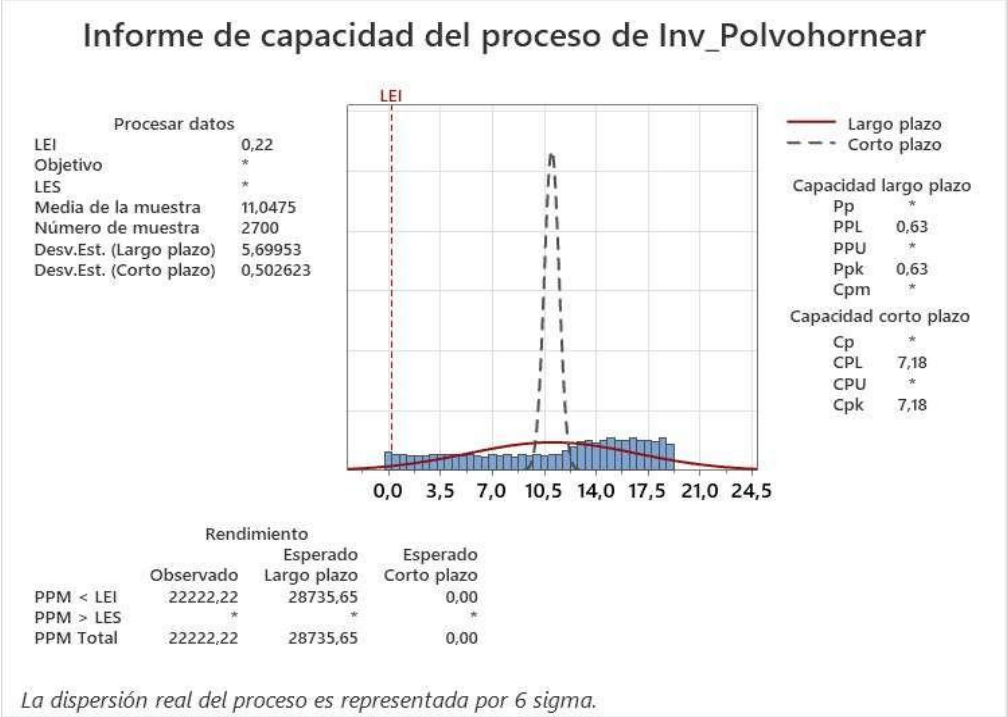
h) Levadura



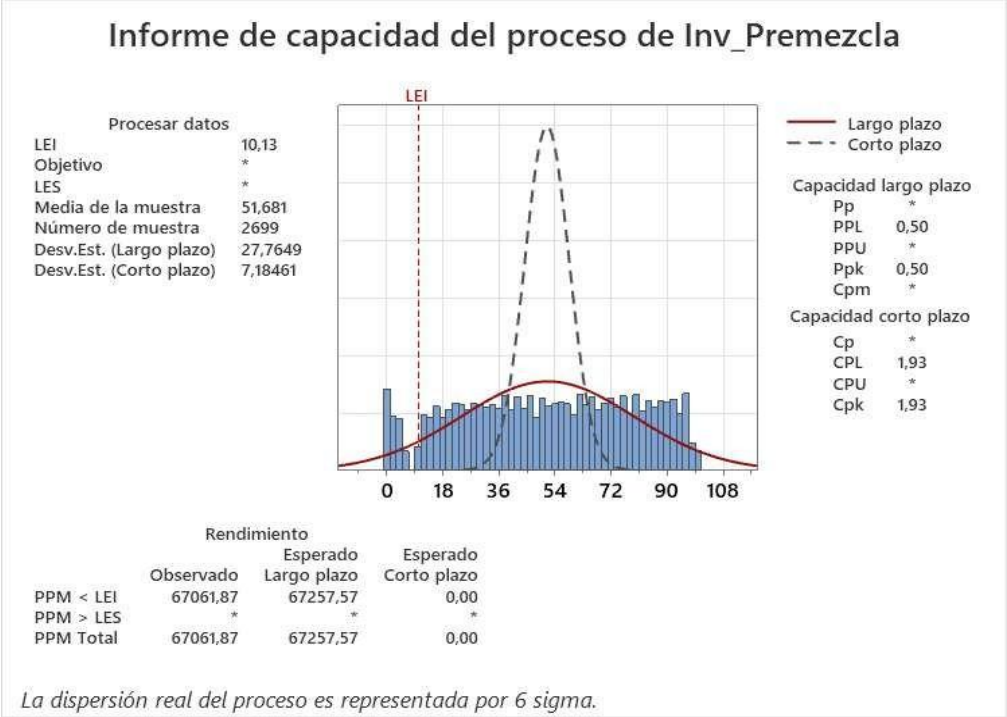
i) Mantequilla



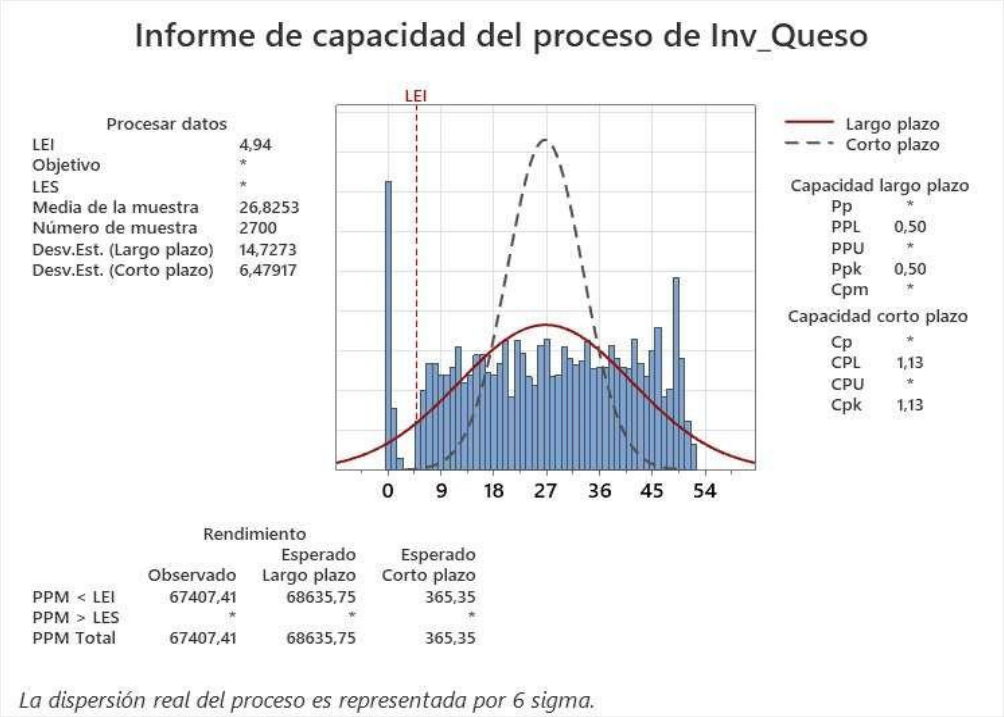
j) Pasta de chocolate



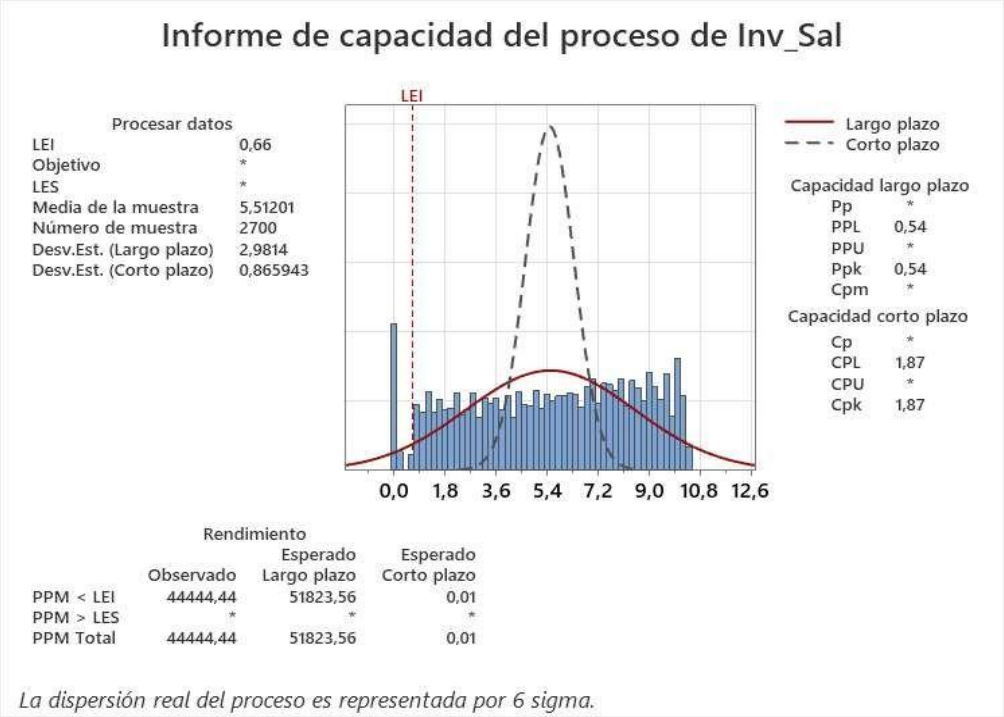
k) Polvo de hornear



l) Premezcla



m) Queso



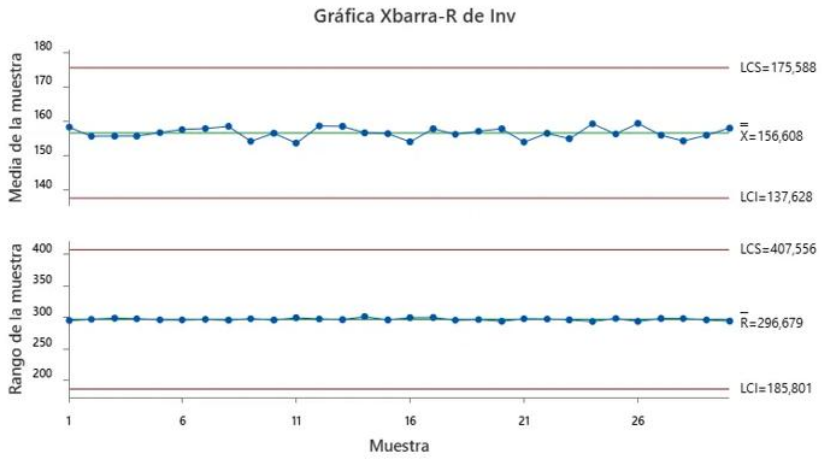
n) Sal

Figura 25. Informes de capacidad del proceso respecto al punto de reorden, por materia prima

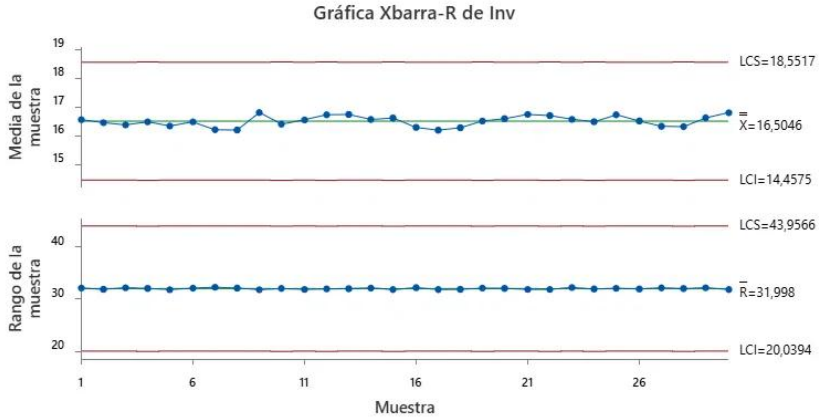
Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.

Anexo 8.

Gráficas de control Xbar-R de las catorce materias primas

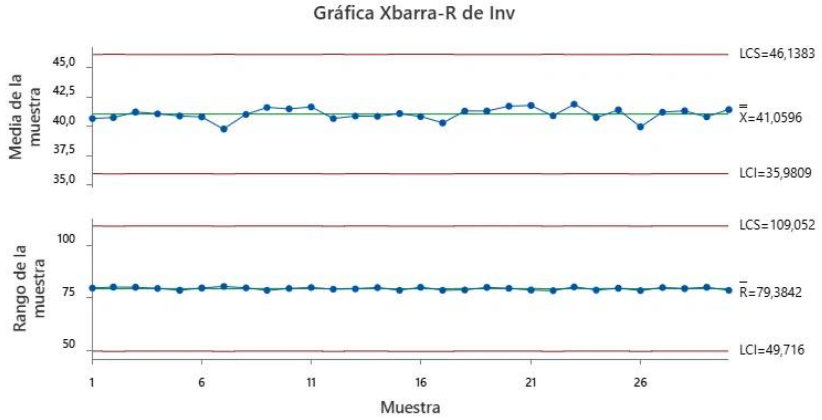


a) Azúcar



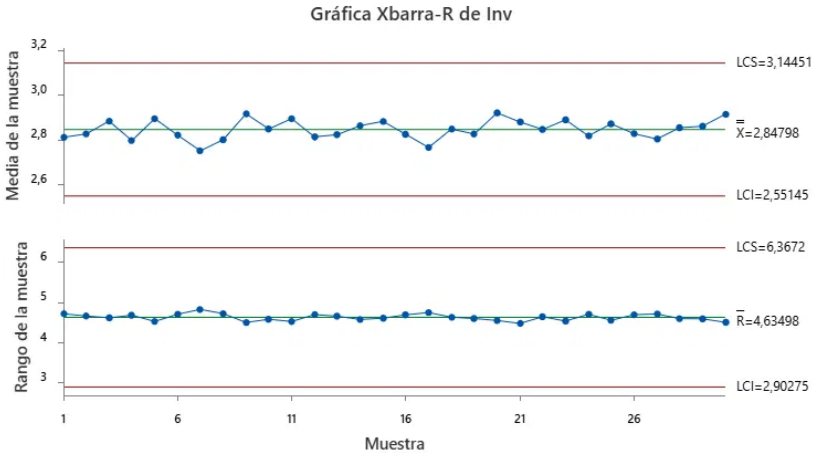
Las pruebas se realizaron con tamaños de la muestra desiguales

b) Cocoa

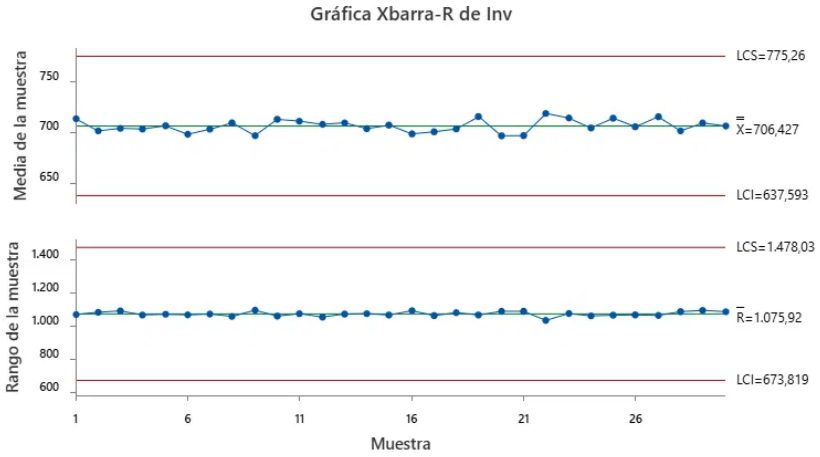


Las pruebas se realizaron con tamaños de la muestra desiguales

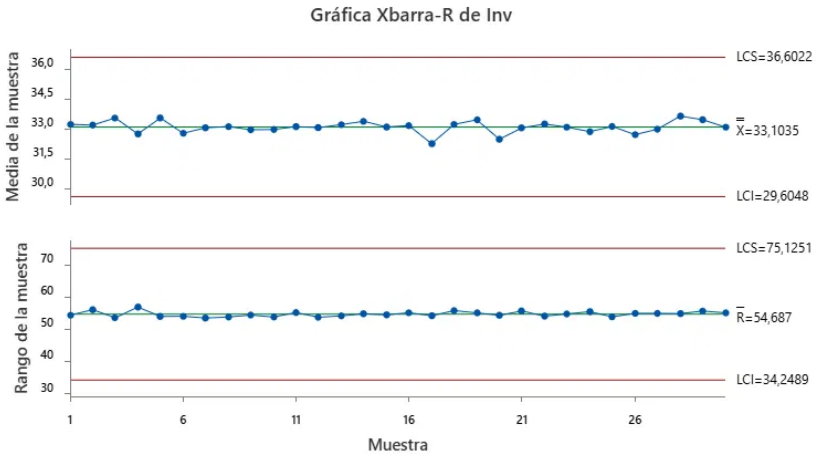
c) Dulce de leche



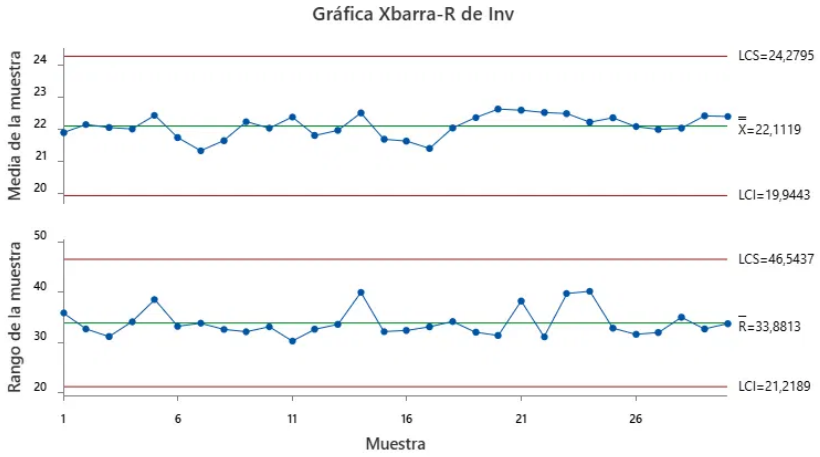
d) Esencia de vainilla



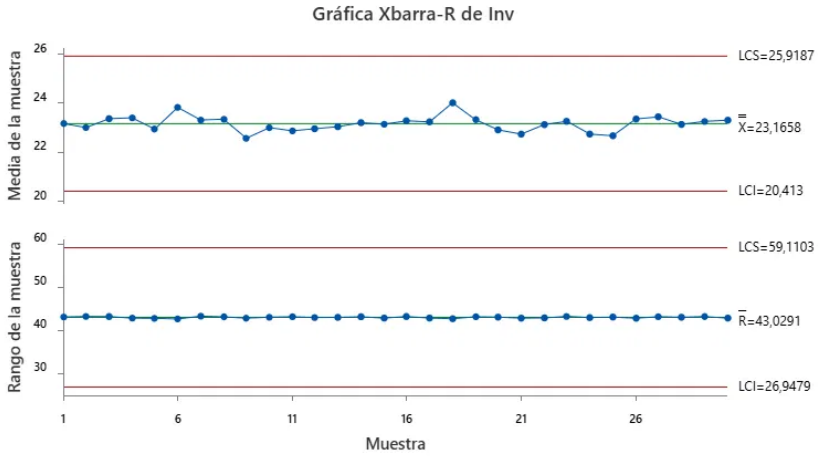
e) Harina



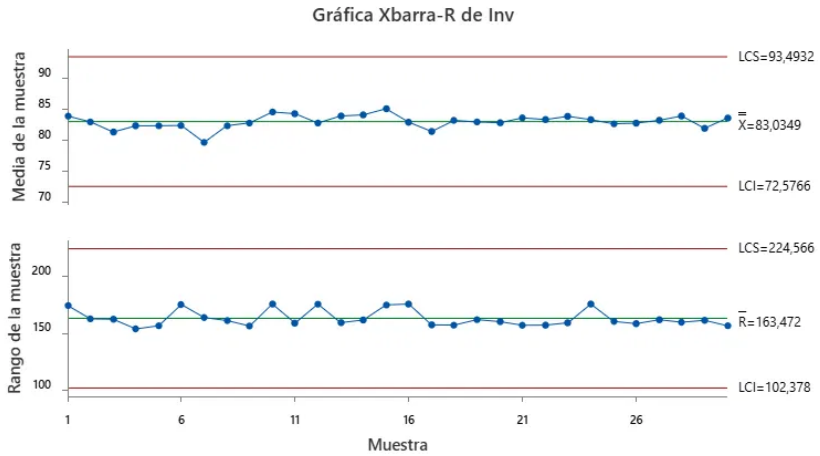
f) Huevos



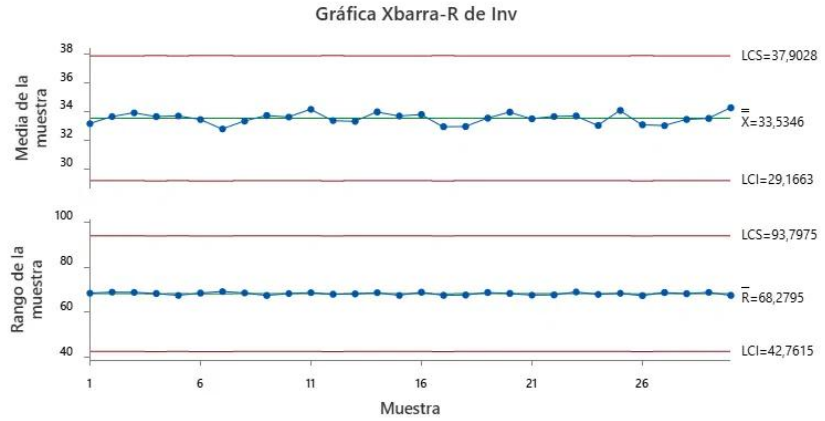
g) Leche



h) Levadura

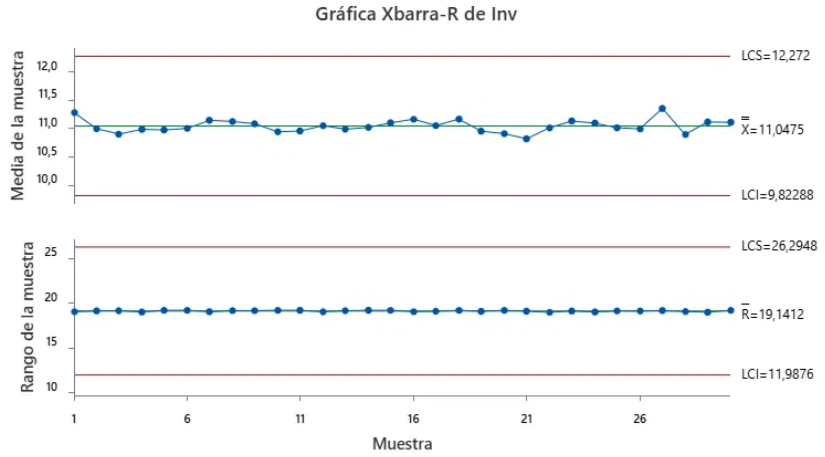


i) Mantequilla

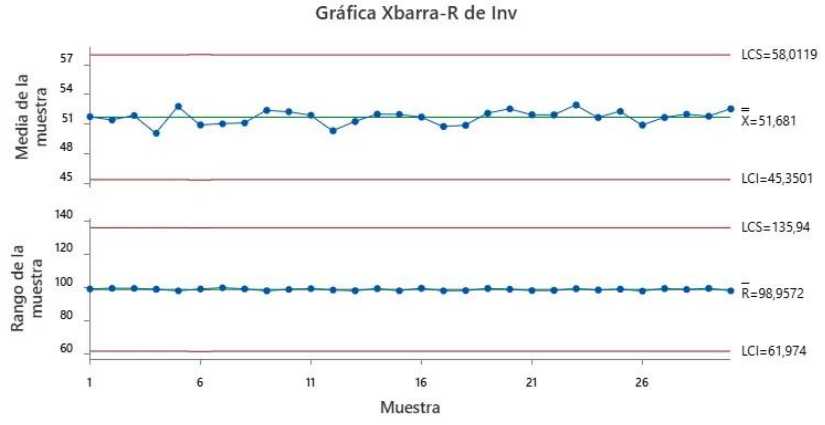


Las pruebas se realizaron con tamaños de la muestra desiguales

j) Pasta de chocolate

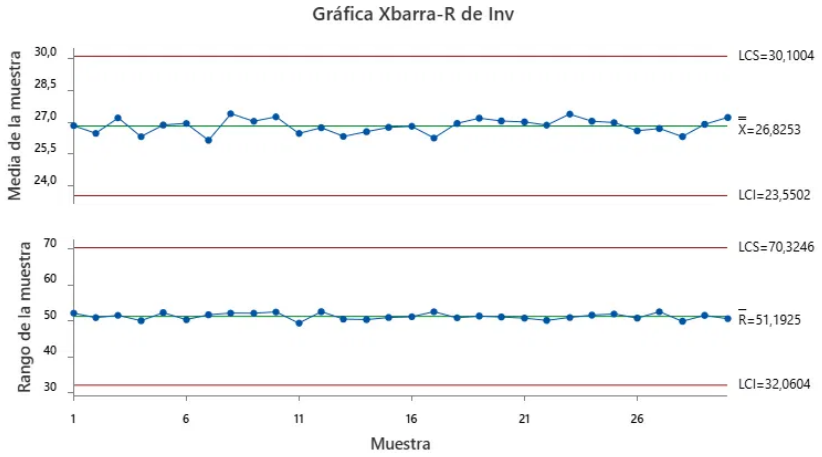


k) Polvo de hornear

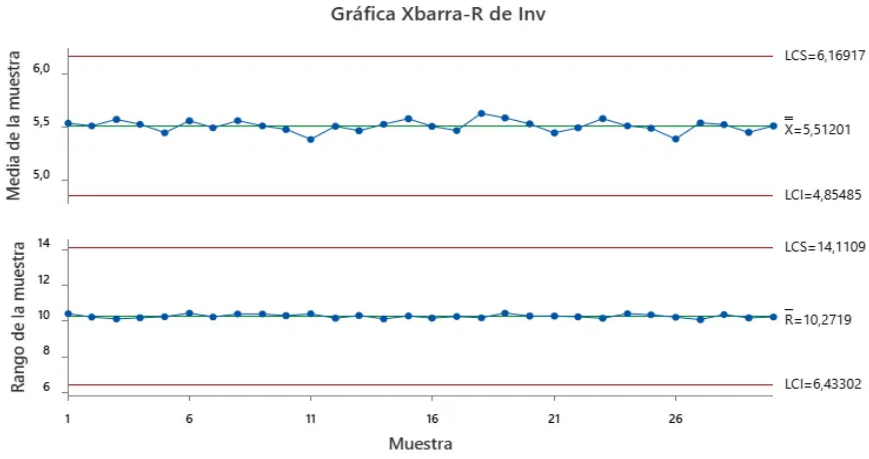


Las pruebas se realizaron con tamaños de la muestra desiguales

l) Premezcla



m) Queso



n) Sal

Figura 26. Gráficas de control Xbar-R del nivel de inventario, por materia prima

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.

Anexo 9.

Prueba t en Minitab

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
30	96,7254	0,4183	0,0764	(96,5692; 96,8816)

μ: media de población de CSL_obs

a) Nivel de servicio del ciclo (CSL)

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
30	78,822	2,297	0,419	(77,964; 79,680)

μ: media de población de CSL_sysday

b) Disponibilidad simultánea del sistema

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
30	91,084	2,484	0,454	(90,156; 92,011)

μ: media de población de Fill

c) Tasa de cumplimiento de la demanda (Fill Rate)

Figura 27. Prueba t de una muestra para las métricas de servicio del sistema

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida de Minitab 22.