

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática



**“Desarrollo de un sistema de producción para mejorar la toma de
decisiones en la Empresa Envases Los Pinos S.A.C”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

INVESTIGADORES:

Bach. Ramos Ramirez, Rainer Anderson Andy

Bach. Jara lázaro, Aderson Felix

ASESOR:

Dr. Díaz Tello, Sixto

Nuevo Chimbote - Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E
INFORMÁTICA



CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
SISTEMAS E INFORMÁTICA

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION PARA MEJORAR
LA TOMA DE DESICIONES EN LA EMPRESA ENVASES LOS PINOS
S.A.C”**

AUTORES :

BACH. RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSSON ANDY
BACH. ADERSON FELIX JARA LAZARO

Dr. Sixto Díaz Tello
DNI: 17861295
Cód. ORCID 0000-0003-3595-9441

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E
INFORMÁTICA



CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

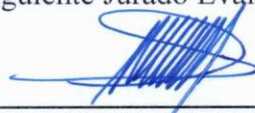
El presente Jurado Evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado con forme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, titulado:

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION PARA MEJORAR
LA TOMA DE DESICIONES EN LA EMPRESA ENVASES LOS PINOS
S.A.C”**

AUTORES:

BACH. RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSSON ANDY
BACH. ADERSON FELIX JARA LAZARO

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

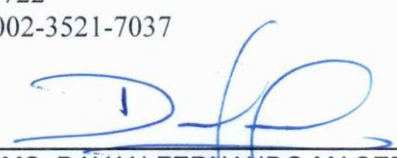


DR. JUAN PABLO SANCHEZ CHAVEZ
PRESIDENTE
DNI: 17808722

CÓD. ORCID 0000-0002-3521-7037



DR. SIXTO DÍAZ TELLO
SECRETARIO
DNI: 17861295
CÓD. ORCID 0000-0003-3595-9441



MS. DAYAN FERNANDO MACEDO ALCANTARA
INTEGRANTE
DNI: 32978627
CÓD. ORCID 0000-0003-1190-4032

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los treinta días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 am. En el aula S-2 del Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Sistema e Informática-FI-UNS, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución 805-2025-UNS-CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 976-2025-UNS-FI integrado por los docentes: **Dr. Juan Pablo Sánchez Chávez (presidente)**, **Dr. Sixto Díaz Tello (secretario)** y el **Ms. Dayan Fernando Macedo Alcántara (Integrante)**, para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada **"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES EN LA EMPRESA ENVASES LOS PINOS S.A.C."**, perteneciente al Bachilleres: **RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSSON ANDY**, con código de matrícula N°201314054 Y **JARA LAZARO ADERSON FELIX** con código de matrícula N°201314008, quien fue asesorado por el **DR. SIXTO DIAZ TELLO**, según Resolución Decanal N.º 523-2022-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
JARA LAZARO ADERSON FELIX	18	BUENO

Siendo las 12 pm del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 30 de diciembre de 2025


Dr. Juan Pablo Sánchez Chávez
PRESIDENTE
Dr. Sixto Díaz Tello
SECRETARIO
Ms. Dayan Fernando Macedo Alcántara
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los treinta días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 am. En el aula S-2 del Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Sistema e Informática-FI-UNS, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución 805-2025-UNS-CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 976-2025-UNS-FI integrado por los docentes: **Dr. Juan Pablo Sánchez Chávez (presidente)**, **Dr. Sixto Díaz Tello (secretario)** y el **Ms. Dayan Fernando Macedo Alcántara (Integrante)**, para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada **"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES EN LA EMPRESA ENVASES LOS PINOS S.A.C."**, perteneciente al Bachilleres: **RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSSON ANDY**, con código de matrícula N°201314054 Y **JARA LAZARO ADERSON FELIX** con código de matrícula N°201314008, quien fue asesorado por el **DR. SIXTO DIAZ TELLO**, según Resolución Decanal N.º 523-2022-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSSON ANDY	18	BUENO

Siendo las 12 p.m del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 30 de diciembre de 2025



Dr. Juan Pablo Sánchez Chávez
PRÉSIDENTE



Dr. Sixto Díaz Tello
SECRETARIO



Ms. Dayan Fernando Macedo Alcántara
INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Rainer Andersson Ramos Ramirez
Título del ejercicio: Tesis 2025
Título de la entrega: INFORME FINAL _RAMOS_JARA.pdf
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_RAMOS_JARA.pdf
Tamaño del archivo: 3.21 M
Total páginas: 141
Total de palabras: 26,049
Total de caracteres: 155,394
Fecha de entrega: 15-dic-2025 08:29a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2846768343

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática

 **UNS**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

"Desarrollo de un sistema de producción para mejorar la toma de
decisiones en la Empresa Envases Los Pinos S.A.C"

Tesis para Obtener el Título de Ingeniero de Sistemas e Informática

INVESTIGADORES:
Bach. RAMOS RAMIREZ RAINER ANDERSON ANDY
Bach. JARA LÁZARO ADEPERSON FELIX

ASESOR:
Dr. Sixto Díaz Tello

Nuevo Chimbote - Perú
2025

INFORME FINAL _RAMOS_JARA.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

www.coursehero.com

Fuente de Internet

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.esan.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1%

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi querida familia, motor de mi esfuerzo profesional. Gracias por brindarme su confianza y ánimo en cada momento.

A mis compañeros de la carrera, quienes me acompañaron y apoyaron en cada desafío académico superado.

Bach. Ramos Ramírez Rainer Anderson Andy

Dedico esta tesis a mi familia, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante toda mi vida académica, especialmente en mi etapa universitaria.

Y de manera especial, a mis padres, que con sus ejemplos y fuerza siguen guiándome cada día.

Bach. Jara Lázaro Aderson Felix

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a mi asesor por la orientación brindada y por la disposición permanente para resolver las dudas surgidas durante el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, agradezco a los docentes de la universidad por la formación académica impartida y por fomentar el aprendizaje continuo, elemento fundamental en una carrera de naturaleza tecnológica.

De manera especial, agradezco a mis padres, cuyo ejemplo de perseverancia y disciplina constituyó una guía constante que me permitió mantener el enfoque y alcanzar mis objetivos académicos.

Finalmente, expreso un reconocimiento particular a mi familia, quienes incentivaron mi interés por la formación académica, me motivó a iniciar esta carrera y a establecer metas claras; su apoyo fue determinante para la consecución de mis logros académicos.

Bach. Ramos Ramirez Rainer Anderson Andy

Deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, han contribuido a este proceso de formación académica.

A mis padres y hermanos, por su paciencia, afecto y apoyo incondicional, los cuales han sido fundamentales a lo largo de este trayecto.

A mis docentes, asesores y compañeros, por compartir sus conocimientos, por los desafíos que impulsaron mi crecimiento académico y por el acompañamiento brindado en cada etapa de esta formación profesional.

Bach. Jara Lázaro Aderson Felix

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1 Retrasos críticos en la toma de decisiones operativas.....	18
1.2.2 Gestión ineficiente y poco confiable de los datos de producción	19
1.2.3 Incumplimiento de metas de producción	20
1.2.4 Falta de trazabilidad en tiempo real del proceso productivo.....	20
1.2.5 Limitaciones en capacidades analíticas y de generación de reportes.....	21
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.3.1 Problema General	22
1.3.2 Problemas Específicos	22
1.4 HIPÓTESIS	22
1.4.1 Identificación de variables	22
1.4.2 Operacionalización de variables	23
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo General.....	23
1.5.2 Objetivos Específicos.....	23
1.6 JUSTIFICACIÓN	24
1.6.1 Justificación Teórica	24
1.6.2 Justificación Práctica	25
1.6.3 Justificación Metodológica	25
1.6.4 Justificación Social	26
1.7 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.7.1 Limitaciones de Alcance.....	27
1.7.2 Limitaciones Metodológicas	28
1.7.3 Limitaciones Técnicas y Tecnológicas	28
1.7.4 Limitaciones Temporales y de Recursos	29
MARCO TEÓRICO	30

2.1	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	30
2.1.1	Antecedentes Internacionales.....	30
2.1.2	Antecedentes Nacionales	32
2.1.3	Antecedentes Locales.....	33
2.2	MARCO CONCEPTUAL	35
2.2.1	Sistemas de Producción en la Industria de Envases de Hojalata	35
2.2.2	Sistema de Información y toma de Decisiones	37
2.2.3	Sostenibilidad y Responsabilidad ambiental.....	38
2.2.4	Metodologías y Modelados de Desarrollo	38
2.2.5	Teoría de la Toma de Decisiones.....	39
2.2.6	Gestión de Calidad Total	40
2.2.7	Industria 4.0 y Manufactura Inteligente en Sistemas de Producción	41
2.2.8	Interacción Humano-Computadora (HCI) en Sistemas de Soporte a la Decisión Industrial	42
2.2.9	Gestión del Cambio en la Implementación Tecnológica en el Sector Manufacturero.....	43
2.2.10	Herramientas Tecnológicas.....	44
2.2.10.1	Java Platform Enterprise Edition (Java EE).....	44
2.2.10.2	Microsoft SQL Server.....	45
2.2.10.3	Protocolos de Comunicación Industrial (Modbus TCP/IP)	46
2.2.10.4	JFreeChart para Visualización de Datos	47
	CAPITULO III.....	49
	METODOLOGÍA	49
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1	Según su fin o propósito	49
3.1.2	Por el nivel de conocimientos que se obtienen	49
3.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	49
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.4	POBLACIÓN.....	51
3.5	TIPO DE MUESTREO.....	52
3.6	MUESTRA	52
3.7	UNIDAD DE ANALISIS	53
3.8	NIVEL DE SIGNIFICANCIA.....	53
3.9	OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	54
3.10	METODO DE ANALISIS PARA LOS INDICADORES CUANTITATIVOS 54	
3.11	TECNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	55
3.11.1.	Codificación de Datos.....	55

3.11.2.	Ingreso y Organización de datos.....	55
3.11.3.	Depuración de Datos.....	56
3.11.4.	Análisis Estadístico	56
3.11.5.	Presentación de Resultados.....	57
3.12	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	57
3.12.1.	Técnicas	57
3.12.2.	Instrumentos.....	58
3.13	METODOLOGÍA DE PASOS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	58
4.1	RESULTADOS.....	62
4.1.1	Desarrollo e implementación del sistema de producción.....	62
4.1.1.1	Análisis y diseño del sistema	62
4.1.1.2	Implementación del sistema.....	71
4.1.1.3	Validación funcional	81
4.1.1	Indicador 1: Tiempo de respuesta ante eventos correctivos (TREC).....	85
4.1.2.1	Análisis descriptivo.....	85
4.1.2.2	Análisis inferencial	88
4.1.2	Indicador 2: Nivel de satisfacción de responsables operativos.....	92
4.1.3.1	Análisis descriptivo.....	92
4.1.3.2	Análisis inferencial	97
4.1.3	Indicador 3: Tasa de decisiones informadas (TDI)	101
4.1.4.1	Análisis descriptivo.....	101
4.1.4.2	Análisis inferencial	104
4.2	DISCUSIÓN	109
4.2.1	Tiempo de respuesta ante eventos correctivos	109
4.2.2	Niveles de Satisfacción de responsables Operativos	110
4.2.3	Tasa de Decisiones Informadas	112
4.2.4	Contribuciones Específicas de esta Investigación.....	114
CAPITULO V.....		115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		115
5.1	CONCLUSIONES	115
5.1.1	Reducción del tiempo de respuestas ante eventos corectivos (TREC)	115
5.1.2	Incremento en el nivel de satisfacción de responsables operativos	116
5.1.3	Aumento en la tasa de decisiones informadas (TDI)	117
5.2	RECOMENDACIONES	119
5.2.1	Capacitación del personal	119
5.2.2	Seguimiento de indicadores	119
5.2.3	Expandir módulos o funcionalidades del sistema	119

5.2.4	Actualización y mejora continua del sistema.....	120
5.2.5	Documentar procedimientos	120
CAPITULO VI		121
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		121
7.1	Anexo 1.....	127
7.2	Anexo 2.....	132
7.3	Anexo 3.....	133
7.4	Anexo 4.....	139

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de proceso de producción de latas	36
Figura 2: Esquema Modelo Vista Controlador	39
Figura 3 :Gestión de Calidad Total	40
Figura 4: The Four Industrial	41
Figura 5: Esquema de interacción humano-computadora	42
Figura 6: Arquitectura del Proceso automático de Manufactura	44
Figura 7 : Componentes Comerciales de Java EE	45
Figura 8: Modelo de referencia OSI, el modelo TCP/IP original y el modelo TCP/IP ..	47
Figura 9: Arquitectura del sistema de información de producción	66
Figura 10: Diagrama de base de datos EPINSA_PRODUCION.....	70
Figura 11: Interfaz de autenticación del sistema.....	77
Figura 12: Interfaz de programación de producción	77
Figura 13: IU de programación de producción -líneas	78
Figura 14: IU de programación de producción - Empleados	78
Figura 15: Interfaz de eventos correctivos	79
Figura 16: Interfaz de programación de producción vista	79
Figura 17: Interfaz Dashboard analítico del módulo de producción.....	80
Figura 18: Interfaz de consulta histórica de los últimos eventos	80
Figura 19: Interfaz de consulta histórica con estados de Líneas de producción	81
Figura 20: Histogramas de Frecuencia con curva normal.....	87
Figura 21: Comparación de medias con barras de error	88
Figura 22: Promedios de satisfacción por dimensión	95
Figura 23: Gráfico de barras por responsable	95
Figura 24: Mapa de calor (heatmap) de respuestas por responsable y pregunta.....	96
Figura 25: Frecuencia de respuestas en Pre y PostPrueba	96
Figura 26: Distribución de decisiones informadas vs no informadas	104
Figura 27: Comparación del tiempo de respuesta ante eventos correctivos	109
Figura 28: Comparación del nivel de satisfacción de responsables operativos.	110
Figura 29: Comparación de la tasa de decisiones informadas antes y después de implementación.....	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población	52
Tabla 2: Variables y sus Indicadores	54
Tabla 3: Estructura del modelo de datos relacional	67
Tabla 4: Comparación de tecnologías alternativas.....	72
Tabla 5: Estadísticos descriptivos de la fase preprueba (n = 86)	85
Tabla 6: Estadísticos descriptivos de la fase postprueba (n = 86).....	86
Tabla 7: Comparación de estadísticos preprueba y postprueba	86
Tabla 8: Resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	88
Tabla 9: Estadísticos descriptivos globales.....	92
Tabla 10: Comparación de satisfacción por dimensión	93
Tabla 11: Resumen comparativo de estadísticos clave	94
Tabla 12: Resultados de la prueba de Wilcoxon.....	97
Tabla 13: Coeficiente Alpha de Cronbach.....	98
Tabla 14: Estadísticos descriptivos de la fase preprueba (n=132)	101
Tabla 15: Estadísticos descriptivos de la fase postprueba	102
Tabla 16: Comparación de estadísticos entre preprueba y postprueba	103
Tabla 17: Comparación por tipo de decisión	103
Tabla 18: Resultados de la prueba de McNemar	105
Tabla 19: Discusión del Indicador TREC.....	109
Tabla 20: Discusión del Indicador de satisfacción.....	110
Tabla 21: Mejora por dimensión del cuestionario de satisfacción.....	111
Tabla 22: Discusión del Indicador TDI	112
Tabla 23: TDI por tipo de Decisión	113
Tabla 24: Análisis de la brecha residual (21 decisiones no informadas)	113
Tabla 25: Eventos correctivos registrados durante la preprueba (n = 86).....	127
Tabla 26: Eventos correctivos registrados durante la postprueba (n = 86).....	129
Tabla 27: Respuestas individuales durante la preprueba (n = 8 responsables)	132
Tabla 28: Respuestas individuales durante la postprueba (n = 8 responsables).....	132
Tabla 29: Respuestas decisiones informadas preprueba	133
Tabla 30: Respuestas decisiones informadas postprueba.....	136

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la toma de decisiones operativas en la empresa Envases Los Pinos S.A.C., dedicada a la fabricación de envases de hojalata para los sectores pesquero, agroindustrial y cárnico. A pesar de contar con sistemas automatizados basados en controladores lógicos programables (PLC), la empresa enfrentaba limitaciones críticas derivadas del procesamiento manual de datos mediante hojas de cálculo Excel, lo cual generaba demoras significativas, errores de transcripción, falta de trazabilidad en tiempo real y dificultades para consolidar información de múltiples fuentes. Esta situación impedía una respuesta ágil ante eventos críticos y limitaba la capacidad de tomar decisiones estratégicas fundamentadas en datos actualizados.

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar e implementar un sistema informático de producción que mejorara la eficiencia en la toma de decisiones operativas mediante la automatización, centralización y visualización de datos productivos en tiempo real. La investigación adoptó un enfoque aplicado-tecnológico con diseño preexperimental de preprueba y posprueba, evaluando tres indicadores clave: el tiempo de respuesta ante eventos correctivos (TREC), el nivel de satisfacción de los responsables operativos y la tasa de toma de decisiones informadas (TDI). La metodología empleada combinó el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC) con prácticas ágiles de desarrollo, utilizando tecnologías Java, SQL Server y sistemas de visualización de datos en tiempo real.

Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras significativas en los tres indicadores evaluados. El indicador TREC mostró una reducción del 61.37% en el tiempo promedio de respuesta, pasando de 64.63 minutos a 24.97 minutos permitiendo respuestas más rápidas ante desviaciones del proceso productivo. La satisfacción de los responsables

operativos aumentó de 2.58 a 4.06 puntos en escala Likert de 1 a 5, representando una mejora del 57.68%. La TDI incrementó de 50.00% a 84.09%, equivalente a 45 decisiones adicionales fundamentadas en análisis de datos de un total de 132 evaluadas. Se concluye que la implementación del sistema de producción propuesto mejoró sustancialmente la eficiencia en la toma de decisiones operativas en Envases Los Pinos S.A.C., validando la hipótesis planteada. El sistema desarrollado permitió la integración automatizada de datos desde los PLC, eliminó procesos manuales propensos a errores, facilitó el acceso simultáneo a información consolidada y habilitó capacidades de análisis en tiempo real. Estos avances posicionan a la empresa para enfrentar los desafíos de la industria 4.0 y constituyen un modelo replicable para organizaciones manufactureras con problemáticas similares. Se recomienda continuar con la optimización del sistema mediante la incorporación de técnicas de analítica predictiva e inteligencia artificial, así como expandir su alcance a otras áreas de la cadena de valor.

Palabras Clave: Sistema de producción, toma de decisiones, envases de hojalata, automatización industrial, tiempo real, Industria 4.0, manufactura inteligente, PLC, sistemas de información.

ABSTRACT

This research addresses the problem of operational decision-making at Envases Los Pinos S.A.C., a company dedicated to the manufacture of tinplate containers for the fishing, agro-industrial, and meat sectors. Despite having automated systems based on programmable logic controllers (PLCs), the company faced critical limitations derived from manual data processing using Excel spreadsheets, which generated significant delays, transcription errors, lack of real-time traceability, and difficulties in consolidating information from multiple sources. This situation prevented agile responses to critical events and limited the capacity to make strategic decisions based on updated data.

The main objective of this study was to develop and implement a production information system that would improve operational decision-making efficiency through automation, centralization, and visualization of production data in real time. The research adopted an applied-technological approach with a pre-experimental pretest-posttest design, evaluating three key indicators: response time to corrective events (TREC), the satisfaction level of operational managers, and the informed decision-making rate (TDI). The methodology employed combined the Model-View-Controller (MVC) architectural pattern with agile development practices, using Java technologies, SQL Server, and real-time data visualization systems.

The results obtained evidenced significant improvements in the three evaluated indicators. The TREC indicator showed a 61.37% reduction in average response time, decreasing from 64.63 minutes to 24.97 minutes, enabling faster responses to production process deviations. The satisfaction of operational managers increased from 2.58 to 4.06 points on a Likert scale of 1 to 5, representing a 57.68% improvement. The TDI increased

from 50.00% to 84.09%, equivalent to 45 additional decisions based on data analysis out of a total of 132 evaluated.

It is concluded that the implementation of the proposed production system substantially improved operational decision-making efficiency at Envases Los Pinos S.A.C., validating the stated hypothesis. The developed system enabled automated data integration from PLCs, eliminated error-prone manual processes, facilitated simultaneous access to consolidated information, and enabled real-time analysis capabilities. These advances position the company to face the challenges of Industry 4.0 and constitute a replicable model for manufacturing organizations with similar problems. It is recommended to continue with system optimization through the incorporation of predictive analytics and artificial intelligence techniques, as well as expanding its scope to other areas of the value chain.

Keywords: Production system, decision-making, tinsplate containers, industrial automation, real-time, Industry 4.0, smart manufacturing, PLC, information systems.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

La industria manufacturera atraviesa un periodo de transformación impulsado por la convergencia de tecnologías digitales, automatización avanzada y sistemas de información inteligentes, conocido como la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 (Kagermann, 2015). En este contexto, las empresas manufactureras enfrentan presiones crecientes para optimizar sus procesos productivos, mejorar la calidad de sus productos, reducir costos operativos y responder ágilmente a las demandas del mercado. La capacidad de tomar decisiones oportunas, informadas y basadas en datos precisos se ha convertido en un factor competitivo para la supervivencia empresarial (Kang et al., 2016). Las organizaciones que logran integrar sistemas de información robustos con sus procesos productivos obtienen ventajas competitivas significativas mediante la optimización de recursos, la reducción de tiempos de respuesta y la mejora continua de sus operaciones.

En el Perú, la industria de envases metálicos ha experimentado un crecimiento sostenido durante la última década, impulsada principalmente por el desarrollo de los sectores pesquero, agroindustrial y alimentario. Sin embargo, este crecimiento ha traído consigo desafíos importantes relacionados con la eficiencia operativa, el control de calidad y la gestión de la producción. Las empresas del sector enfrentan la necesidad imperativa de modernizar sus sistemas de gestión para mantener su competitividad frente a competidores nacionales e internacionales que ya han adoptado tecnologías avanzadas de manufactura inteligente. La brecha tecnológica entre las empresas líderes y las tradicionales se amplía constantemente, generando

riesgos de obsolescencia y pérdida de participación de mercado para aquellas que no evolucionan.

La empresa Envases Los Pinos S.A.C. (EPINSA), ubicada en el Parque Industrial Los Pinos de Chimbote, Ancash, es una organización dedicada a la fabricación de envases metálicos de hojalata para los sectores pesquero, agroindustrial y cárnico. Fundada en 1995, la empresa cuenta con líneas de producción automatizadas que emplean controladores lógicos programables (PLC) en las etapas importantes del proceso: corte de hojalata, formado de cuerpos, sellado de fondos y control de calidad dimensional. A pesar de esta inversión en automatización del proceso físico, la empresa enfrenta serias limitaciones en la gestión de la información generada por estos sistemas. Los datos capturados por los PLCs (velocidades de línea, conteos de producción, estados de máquina, temperaturas, presiones, alarmas y paradas) no son aprovechados adecuadamente para la toma de decisiones, existiendo una desconexión entre la capacidad de generación de datos y la capacidad de análisis y respuesta. Esta situación, donde existe tecnología de automatización, pero carencia de sistemas de información integrados, es común en empresas manufactureras de mediano tamaño.

El problema central que enfrenta EPINSA radica en su dependencia de procesos manuales para la extracción, procesamiento y análisis de los datos de producción. Actualmente, los operarios y supervisores deben descargar manualmente la información de los PLCs al finalizar cada turno de trabajo de 8 horas, transcribir estos datos a hojas de cálculo Excel, realizar cálculos básicos de rendimiento, generar gráficos simples y distribuir estos archivos por correo electrónico a los responsables de la toma de decisiones. Este flujo de trabajo genera múltiples problemas interrelacionados: demoras entre la ocurrencia de eventos productivos y

su análisis (desfase temporal de hasta 8-24 horas), errores de transcripción que comprometen la confiabilidad de los datos, proliferación de versiones inconsistentes del mismo reporte, imposibilidad de acceso simultáneo a la información actualizada, carencia de alertas tempranas ante desviaciones del proceso, y fundamentalmente, la toma de decisiones basada en información histórica desactualizada en lugar de datos en tiempo real. Estas deficiencias impactan negativamente en la eficiencia operativa, generan sobrecostos por paradas no planificadas, incrementan el desperdicio de materiales, dificultan el cumplimiento de programas de producción y limitan la capacidad de la empresa para responder ágilmente a los requerimientos de sus clientes. La situación se agrava en contextos de alta demanda o cuando ocurren eventos críticos que requieren decisiones inmediatas, donde la falta de información oportuna puede resultar en pérdidas económicas significativas y deterioro de la calidad del producto final.

1.2 ANALISIS DEL PROBLEMA

El análisis sistemático de la problemática identificada en Envases Los Pinos S.A.C. revela la existencia de cinco categorías de problemas interrelacionados que afectan directamente la eficiencia en la toma de decisiones operativas. Cada una de estas categorías presenta manifestaciones específicas, causas subyacentes y consecuencias medibles que serán descritas a continuación mediante un enfoque de análisis causa-efecto.

1.2.1 Retrasos críticos en la toma de decisiones operativas

Estos problemas se relacionan con los retrasos en la toma de decisiones derivados de la dependencia de procesos manuales para la extracción y procesamiento de datos. El problema principal consiste en demoras entre la

ocurrencia de eventos críticos en producción y su detección. Cuando surgen eventos problemáticos como desviaciones en velocidad de formado, incrementos en tasas de rechazo o desajustes en parámetros de sellado, los datos quedan almacenados en la memoria del PLC sin análisis inmediato, ya que la información no se procesa hasta el final del turno.

Las causas de este problema incluyen la ausencia de monitoreo en tiempo real para visualizar el estado actual de producción, las limitaciones tecnológicas de Excel para procesar grandes volúmenes de datos de múltiples fuentes simultáneamente, la falta de integración entre sistemas de control (PLCs) y sistemas de gestión de información, y procedimientos operativos que priorizan producción continua sobre análisis de datos intermedios.

Las operaciones se ven afectadas por paradas no planificadas, desperdicio de material y acumulación de productos defectuosos debido a la detección tardía de problemas. Esto genera una gestión reactiva en lugar de preventiva. Con sistemas de alerta temprana, varias de estas paradas podrían reducirse, mejorando los tiempos de respuesta y la eficiencia del proceso.

1.2.2 Gestión ineficiente y poco confiable de los datos de producción

Esta problemática se refiere a las deficiencias en la gestión de la información derivadas del uso de hojas de cálculo Excel como repositorio principal de datos de producción, lo cual presenta limitaciones que comprometen la calidad, consistencia y accesibilidad de la información. Las causas fundamentales incluyen la fragmentación de información en múltiples archivos dispersos sin repositorio centralizado, la ausencia de control de versiones para identificar archivos válidos y actuales, las limitaciones de

Excel para manejar relaciones complejas entre datos de diferentes fuentes como PLCs de corte, formado, sellado y calidad, la falta de validación automática de datos para detectar inconsistencias o valores atípicos, procedimientos de respaldo inadecuados que exponen la información a riesgos de pérdida, y barreras para el acceso simultáneo de múltiples usuarios.

Se presenta duplicación y contradicción de datos entre archivos, pérdida de información histórica por errores o fallas, y mucho tiempo invertido en buscar y consolidar datos manualmente. Además, no es posible realizar análisis históricos de forma ágil y surgen conflictos cuando varios supervisores requieren generar reportes al mismo tiempo.

1.2.3 Incumplimiento de metas de producción

Estos problemas se relacionan con las dificultades para cumplir con los objetivos y programas de producción establecidos.

La falta de sistemas de seguimiento en tiempo real impide detectar desviaciones de producción y coordinar acciones correctivas a tiempo. Esto provoca desconocimiento del avance real, cuellos de botella no identificados y ausencia de indicadores clave. Como consecuencia, se incumplen programas de producción, aumentan las horas extras y los costos, se subutiliza la capacidad instalada y se generan retrasos y reprogramaciones constantes, afectando el cumplimiento con los clientes y dificultando la mejora continua.

1.2.4 Falta de trazabilidad en tiempo real del proceso productivo

Esta problemática se refiere a la imposibilidad de rastrear y visualizar el flujo del proceso productivo de manera continua y en tiempo real, afectando

fundamentalmente la capacidad de gestión y control operativo. La falta de un sistema integrado y en tiempo real impide visualizar el flujo completo del proceso productivo. Esto se debe a PLCs aislados, ausencia de consolidación de datos, falta de interfaces claras y registros automáticos. Como resultado, no se puede saber con precisión en qué etapa está cada lote, se dificulta encontrar causas raíz, la coordinación entre supervisores es limitada y las decisiones se toman con información incompleta, generando respuestas tardías y reduciendo las oportunidades de mejora continua.

1.2.5 Limitaciones en capacidades analíticas y de generación de reportes

Esta categoría de problemas se relaciona con las restricciones para generar análisis avanzados y reportes útiles que soporten decisiones de gestión y operativas. Las limitaciones son debido al uso de herramientas poco adecuadas como Excel y a la falta de personal capacitado, provocan que la información sea incompleta, tardía y poco estandarizada. Esto lleva a decisiones basadas en intuición en lugar de análisis, dificulta identificar tendencias y evaluar mejoras, y limita la disponibilidad de indicadores clave actualizados, aumentando el riesgo de decisiones operativas y gerenciales subóptimas.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema General

¿En qué medida el desarrollo de una aplicación de producción mejorará la toma de decisiones en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.?

1.3.2 Problemas Específicos

PE1: ¿En qué medida el sistema informático de producción reduce el tiempo de respuesta ante eventos correctivos en los procesos productivos de la empresa Envases Los Pinos S.A.C.?

PE2: ¿En qué medida el sistema informático de producción incrementa el nivel de satisfacción de los responsables operativos en la toma de decisiones en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.?

PE3: ¿En qué medida el sistema informático de producción aumenta la tasa de decisiones informadas basadas en análisis de datos en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.?

1.4 HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de producción mejorará la toma de decisiones en Envases Los Pinos S.A.C.

1.4.1 Identificación de variables

Variable Independiente: Implementación de un sistema de producción.

Variable Dependiente: Eficiencia de la toma de decisiones en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.

1.4.2 Operacionalización de variables

Tabla 1: Variables y sus Indicadores

Variables	Indicadores
Variable independiente <i>Implementación de un sistema de producción</i>	- Nivel de automatización de procesos. - Funcionalidad del sistema en el área de producción, - Integración y actualización de datos en tiempo real.
Variable Dependiente <i>Eficiencia en la toma de decisiones operativas en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.</i>	- Tiempo de respuesta ante eventos correctivos (TREC) <i>Fórmula:</i> $TREC = \text{Inicio de Incidente hasta decision correctiva}$ - Nivel de satisfacción de los responsables operativos <i>Medición:</i> Encuestas de satisfacción con escala Likert (1 a 5), aplicadas a supervisores y responsables. - Tasa de decisiones informadas (TDI) <i>Fórmula:</i> $TDI = \frac{N^{\circ} \text{ total de decisiones tomadas}}{N^{\circ} \text{ decisiones con analisis previo}} \times 100$

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar e implementar un sistema informático de producción para mejorar la toma de decisiones operativas en la empresa “Envases Los Pinos S.A.C.”

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desarrollo e implementación del Sistema de Producción
- Reducir el tiempo de respuesta en decisiones correctivas
- Nivel de satisfacción percibido por los responsables de tomar decisiones operativas.
- Incrementar el número de decisiones informadas.

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 Justificación Teórica

Esta investigación se basa en los conceptos de Industria 4.0 y manufactura inteligente, aplicándolos específicamente a la producción de envases metálicos. Su principal aporte es demostrar cómo estas tecnologías modernas funcionan en empresas medianas de países en desarrollo, ya que la mayoría de los estudios se han realizado solo en grandes corporaciones de países desarrollados (Kang et al., 2016).

El estudio valida teorías importantes sobre cómo los sistemas de información ayudan a mejorar las decisiones y el desempeño de las empresas (Laudon y Laudon, 2016). Demuestra que cuando una planta industrial tiene acceso a datos en tiempo real y sistemas integrados, puede tomar mejores decisiones de forma más rápida, reduciendo la incertidumbre, confirmando principios establecidos sobre toma de decisiones (Simon, 1960) y gestión de operaciones moderna (Heizer y Render, 2014).

La relevancia de esta investigación es especialmente importante porque documenta una implementación real en una empresa peruana del sector manufacturero tradicional, un contexto poco estudiado académicamente. Las empresas en Perú y países similares enfrentan desafíos particulares (culturales, organizacionales y tecnológicos) diferentes a los de países desarrollados, por lo que los resultados pueden servir de referencia para otras empresas en situaciones similares.

Finalmente, la metodología utilizada para medir el impacto real en la toma de decisiones mediante indicadores concretos (TREC, TDI, satisfacción) representa un aporte que puede ser aplicado en futuras investigaciones,

fortaleciendo el conocimiento científico sobre sistemas de información aplicados a manufactura.

1.6.2 Justificación Práctica

Desde la perspectiva práctica, la investigación responde a una necesidad urgente de Envases Los Pinos S.A.C. para mejorar su competitividad mediante la automatización del registro y procesamiento de datos. Esto permitirá liberar tiempo del personal de supervisión, reducir desperdicios y paradas no planificadas gracias al monitoreo en tiempo real y alertas tempranas. La información precisa favorecerá el cumplimiento de los programas de producción, disminuirá horas extras y mejorará el compromiso con los clientes. Además, el sistema habilitará análisis avanzados para identificar oportunidades de optimización y apoyar metodologías de mejora continua, así como fortalecer la trazabilidad y el cumplimiento de estándares. En conjunto, el proyecto representa un avance clave hacia la transformación digital y la adopción de principios de la industria 4.0.

1.6.3 Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación propone y valida una metodología sistemática para implementar sistemas de producción en empresas manufactureras medianas, combinando el patrón MVC con prácticas ágiles para lograr entregas graduales, adaptación continua y retroalimentación de usuarios, superando limitaciones de metodologías tradicionales. Se diseñan y validan instrumentos para medir el impacto en la toma de decisiones, como el Tiempo de Respuesta ante Eventos Correctivos (TREC) y la Tasa de Decisiones Informadas (TDI), lo que permite evaluar

el efecto del sistema mediante un diseño preexperimental con mediciones antes y después.

La propuesta tecnológica integra PLCs, bases de datos relacionales e interfaces web multiplataforma, ofreciendo un modelo replicable para otras empresas y aportando documentación útil en un contexto con poca evidencia local publicada. Además, se aplican pruebas estadísticas como T de Student y Wilcoxon para validar resultados, y se atienden aspectos éticos de privacidad y objetividad. La combinación de análisis cuantitativo y observación cualitativa fortalece la fiabilidad de las conclusiones.

1.6.4 Justificación Social

La justificación social se basa en los beneficios para trabajadores, clientes y la comunidad. El sistema facilitará el trabajo de supervisores y operarios al brindar información clara y en tiempo real, reduciendo estrés, errores y tareas manuales, y favoreciendo una toma de decisiones más segura. Además, promoverá el desarrollo de competencias digitales en el personal, mejorando su empleabilidad en un entorno laboral donde estas habilidades son cada vez más necesarias.

Para los clientes, se traducirá en mayor calidad, consistencia y cumplimiento de plazos, fortaleciendo la confianza y la seguridad del producto. A nivel sectorial, la experiencia puede servir como referencia para otras empresas, impulsando la modernización industrial, la competitividad regional y la sostenibilidad ambiental al reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa.

1.7 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene una importancia que trasciende el contexto específico de la empresa Envases Los Pinos S.A.C., pues aporta evidencia a la literatura sobre implementación de sistemas de información en empresas manufactureras medianas, un sector poco documentado frente a estudios centrados en grandes multinacionales. Sus resultados ofrecen referencias sobre factores de éxito y barreras en la adopción de tecnologías de Industria 4.0 en contextos con recursos limitados.

A nivel empresarial, puede servir como modelo replicable para otras empresas del sector de envases y la industria regional, demostrando que es posible modernizar procesos con tecnologías accesibles. También contribuye a la formación de capacidades técnicas en integración de sistemas, análisis de datos y gestión de proyectos, fortaleciendo la formación académica y su vinculación con la realidad productiva local.

Además, apoya la competitividad y sostenibilidad de EPINSA, al reducir desperdicios, mejorar eficiencia y aportar beneficios económicos y ambientales, favoreciendo el desarrollo industrial y la generación de empleo de calidad en la región.

LIMITACIONES

1.7.1 Limitaciones de Alcance

La investigación se limita a los procesos productivos de fabricación de envases de hojalata en EPINSA, enfocándose en las líneas principales y dejando fuera áreas como mantenimiento, inventarios, logística y procesos auxiliares. El sistema desarrollado abarca monitoreo, registro, análisis y reportes, sin incluir control automático avanzado ni funciones de

optimización o mantenimiento predictivo. Los resultados son válidos específicamente para la configuración de EPINSA, aunque la metodología y la arquitectura pueden adaptarse a otras empresas con las debidas consideraciones.

1.7.2 Limitaciones Metodológicas

El diseño preexperimental con un solo grupo (preprueba-posprueba sin grupo control) presenta limitaciones en cuanto a validez interna, ya que no es posible descartar completamente la influencia de factores externos contemporáneos a la implementación. El tamaño de muestra para algunos indicadores, particularmente el nivel de satisfacción de supervisores es relativamente pequeño desde la perspectiva de análisis estadístico. Las mediciones de línea base pueden tener mayor incertidumbre que las post-implementación, y el periodo de evaluación puede ser insuficiente para capturar efectos a largo plazo o variaciones estacionales.

1.7.3 Limitaciones Técnicas y Tecnológicas

La integración con los PLCs existentes está sujeta a las capacidades y protocolos que soporten estos dispositivos, algunos instalados hace años. La infraestructura de red en el ambiente industrial puede presentar limitaciones como interferencia electromagnética, distancias físicas y limitaciones de cableado que afecten la confiabilidad de la comunicación en tiempo real. Las tecnologías seleccionadas (Java, SQL Server) imponen ciertas restricciones, incluyendo costos de licenciamiento que podrían limitar la replicabilidad del modelo en organizaciones más pequeñas.

1.7.4 Limitaciones Temporales y de Recursos

El marco temporal del proyecto impone restricciones estrictas que condicionan decisiones de diseño y profundidad de análisis. El tiempo disponible para desarrollo es ajustado, limitando funcionalidades secundarias y múltiples iteraciones de refinamiento. El periodo de evaluación post-implementación es suficiente para detectar impactos inmediatos pero insuficiente para evaluar efectos a largo plazo. El equipo pequeño de desarrollo y las limitaciones presupuestarias restringen la velocidad de desarrollo y las elecciones tecnológicas hacia opciones de menor costo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La problemática abordada en esta investigación ha sido objeto de estudio previo desde múltiples perspectivas tanto en el ámbito internacional como nacional y local. La revisión de literatura evidencia un creciente interés académico y empresarial en la implementación de sistemas de información para mejorar procesos productivos y la toma de decisiones en entornos manufactureros, particularmente en la industria de envases metálicos

2.1.1 Antecedentes Internacionales

La problemática de sistemas de información en manufactura ha sido estudiada ampliamente en el contexto internacional, particularmente en la industria de envases metálicos. En el ámbito latinoamericano, Rivadeneira Herrán y Sánchez López (2019) desarrollaron una propuesta de optimización de procesos en una planta de producción de envases PET en San Miguel Industrias Ecuador, donde identificaron deficiencias críticas en el sistema de información que limitaban la capacidad de los responsables para tomar decisiones oportunas. Los autores lograron reducir el tiempo promedio de respuesta ante desviaciones del 40% mediante la sistematización del proceso productivo con indicadores de desempeño y un programa de mantenimiento preventivo que incrementó la disponibilidad de equipos en 15%. Este estudio proporcionó evidencia empírica sobre la correlación directa entre sistemas de información estructurados y mejora en la calidad de decisiones operativas, aspecto central en la presente investigación.

Complementariamente, Muñoz Córdova (2022) abordó específicamente la industria de envases de hojalata en su estudio sobre diseño e implementación de un sistema de adquisición automática de datos en tiempo real con integración a SIMATIC IT OEE en la empresa FADESA Metal Guayaquil, Ecuador. El autor demostró que la implementación del sistema automatizado incrementó el indicador OEE de 62% a 78% en un periodo de seis meses, atribuible principalmente a la reducción de tiempos de respuesta ante paradas no programadas de 45 minutos promedio a 12 minutos. La visualización en tiempo real de parámetros críticos permitió a los operadores y supervisores identificar desviaciones antes de que se tradujeran en problemas mayores, validando la importancia de sistemas integrados de monitoreo. Este antecedente fue particularmente relevante al proporcionar un marco técnico específico para la integración PLC-sistema de información en el mismo contexto industrial de fabricación de envases de hojalata, así como métricas cuantitativas de impacto que sirvieron como referencia para el establecimiento de objetivos del presente estudio.

En el contexto de mejora de procesos mediante factores humanos, Gonzales et al. (2017) investigaron el impacto de un programa ergonómico en la productividad de una empresa de fabricación de envases de hojalata en Perú. Aunque su enfoque principal fue ergonómico, los investigadores identificaron que las deficiencias en los sistemas de información para registro y análisis de datos productivos constituían una barrera importante para la mejora continua. Tras implementar sistemas de registro automatizado complementarios a las intervenciones ergonómicas, observaron incrementos de productividad del 18%, de los cuales estimaron

que aproximadamente un tercio era atribuible a la mejor toma de decisiones facilitada por información más precisa y oportuna. Este hallazgo reforzó la hipótesis de que las mejoras en sistemas de información tienen efectos sinérgicos con otras iniciativas de optimización.

Finalmente, Pérez Matul (2017) sistematizó el control de factores para la determinación del porcentaje de desperdicio en la fabricación de envases de hojalata en Guatemala, demostrando que la digitalización de registros de calidad permitió reducir el desperdicio de 8.5% a 5.2% mediante identificación temprana de desviaciones del proceso. Su trabajo enfatizó la importancia de la trazabilidad automatizada para el análisis efectivo de causas raíz.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el ámbito peruano, Barboza Mejía (2018) desarrolló un sistema de información para mejorar la toma de decisiones en la Unidad de Administración del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Chota. Aunque el contexto fue educativo-administrativo en lugar de manufacturero, su investigación proporcionó elementos metodológicos valiosos mediante diseño preexperimental que demostró reducción del tiempo de generación de reportes de 8 horas a 45 minutos e incremento en satisfacción de 2.3 a 4.1 puntos (escala Likert de 5 puntos). Particularmente relevante fue su propuesta de operacionalización de la variable "calidad de toma de decisiones" mediante indicadores cuantitativos (tiempo de respuesta, nivel de satisfacción, porcentaje de decisiones fundamentadas en datos), metodología que fue adaptada y refinada para el presente estudio.

Rivera Reyna (2017) aplicó el método SMED para incrementar la productividad en la línea de envases de hojalata en Nestlé del Perú S.A., reduciendo tiempos de preparación de 82 a 34 minutos (58% de reducción) y generando incrementos de productividad del 23%. Si bien su enfoque fue Lean Manufacturing, Rivera identificó como factor crítico de éxito la implementación de sistemas digitales de registro y cronometraje que proporcionaban datos precisos en tiempo real. El autor señaló que intentos previos de aplicación de SMED habían fracasado por la falta de datos confiables que permitieran identificar objetivamente las actividades críticas, reforzando que los sistemas de información constituyen infraestructura habilitadora esencial para iniciativas de mejora continua.

Armas Aliaga (2023) desarrolló una propuesta de mejora mediante Mantenimiento Productivo Total (TPM) específicamente en Envases Los Pinos S.A.C., contexto directo de la presente investigación. Su trabajo diagnosticó OEE de 68% con pérdidas principales de paradas no programadas (15%), tiempo de preparación y ajustes (12%), y defectos de calidad (5%). Relevantemente, el autor identificó como limitación crítica la ausencia de sistemas automatizados de registro de fallas, tiempos de parada y causas raíz, recomendando explícitamente el desarrollo de sistemas de información integrados que facilitaran la captura automática de datos, recomendación que constituyó uno de los motivadores directos de la presente investigación y proporcionó el diagnóstico inicial más completo sobre las deficiencias de información en EPINSA.

2.1.3 Antecedentes Locales

En el contexto específico de Ancash, Romero Chamorro y Huamán Quispe (2020) realizaron un estudio paralelo sobre TPM en Envases Los Pinos S.A.C., complementando el trabajo de Armas. Los autores identificaron que las pérdidas por averías representaban el 23% del tiempo productivo disponible y propusieron un plan de acción que incluía capacitación, estandarización de procedimientos y sistemas de registro. Particularmente relevante fue su hallazgo de que la implementación piloto de registros digitales de fallas en una línea incrementó la completitud de datos del 45% al 92% y permitió análisis más rigurosos mediante diagramas de Pareto, resultando en una reducción del 35% en paradas recurrentes. Esta evidencia sobre el impacto de digitalización de registros en EPINSA proporcionó validación inicial de la viabilidad y valor potencial del sistema propuesto.

La Universidad Nacional del Santa (2019) documentó en estudios sobre procesos industriales las características específicas de la manufactura de envases de hojalata en la región, proporcionando comprensión contextual sobre particularidades de la industria local, incluyendo especificaciones típicas de productos, parámetros críticos de proceso y estándares de calidad exigidos por clientes principales. Complementariamente, la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote (2017) realizó estudios sobre optimización mediante herramientas Lean Manufacturing en empresas locales, identificando que la disponibilidad de datos precisos y oportunos constituía un factor limitante común para la implementación efectiva de metodologías de mejora continua.

La Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (2019) investigó la relación entre rotación de personal y productividad en empresas

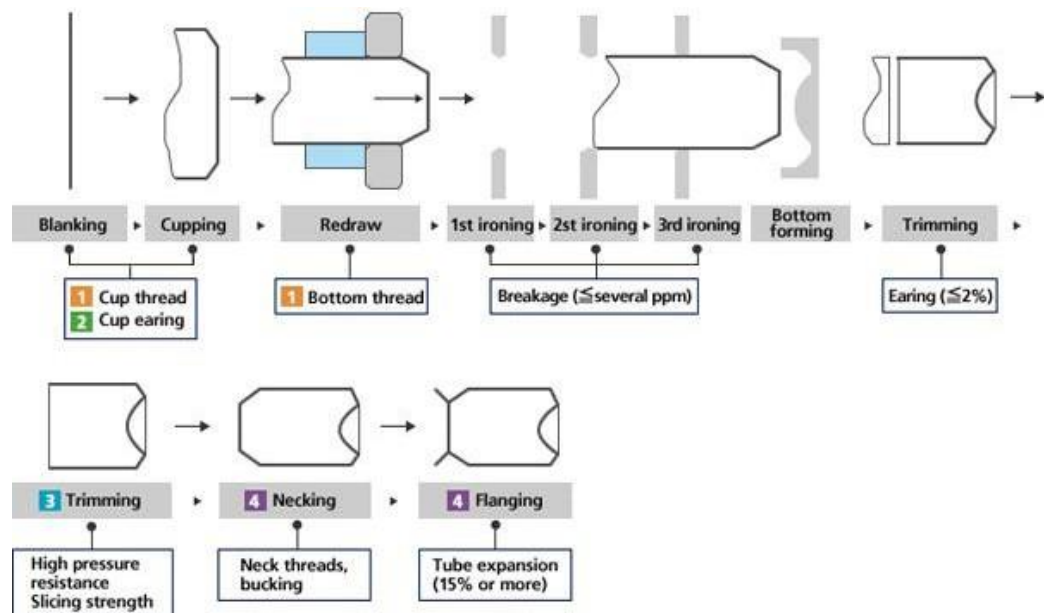
manufactureras de Ancash, identificando que la pérdida de conocimiento tácito se agravaba por la ausencia de sistemas que capturaran y preservaran conocimiento sobre procesos y solución de problemas. Este hallazgo destacó un beneficio adicional de sistemas de información robustos: la institucionalización del conocimiento organizacional, reduciendo la dependencia de individuos específicos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Sistemas de Producción en la Industria de Envases de Hojalata

La industria de envases de hojalata es esencial para sectores como alimentos, bebidas y productos químicos, debido a la resistencia, durabilidad y capacidad de conservación que ofrece este material (Soroka, 2009). La eficiencia en la producción de estos envases es crucial para satisfacer la demanda y mantener costos competitivos.

Figura 1: Diagrama de proceso de producción de latas



Nota. Proceso de producción de latas de dos piezas que ilustra las etapas de embutido y planchado (Shantou Light Industrial Machinery Factory, 2024). Recuperado de <https://safetyculture.com/es/temas/gestion-de-la-calidad-total/>

2.2.1.1 Productividad y eficiencia Operativa

La productividad es un indicador clave de desempeño en la industria manufacturera, reflejando la relación entre los insumos utilizados y los productos obtenidos (Heizer & Render, 2014). Mejorar la productividad implica optimizar procesos, reducir desperdicios y maximizar el uso de recursos.

- **Aplicación del Método SMED:** Shingo (1985) introdujo el método SMED para reducir los tiempos de preparación y cambio de herramientas. Rivera Reyna (2017) demostró su efectividad en la industria de envases de hojalata, logrando incrementos significativos en la productividad.

- **Identificación de Ineficiencias:** Loyola Espinoza (2017) identificó áreas de mejora en los procesos productivos, resaltando la importancia de analizar y optimizar cada etapa de la producción.

2.2.1.2 Gestión de Producción Total

La gestión de producción se enfoca en planificar, organizar y controlar los procesos productivos para cumplir con los objetivos de la empresa (Stevenson, 2018). La calidad es un componente fundamental que afecta la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.

- **Integración de Sistemas:** Adrian y Vizconde (2020) subrayan la necesidad de sistemas integrados que abarquen producción, calidad y logística para mejorar la rentabilidad y eficiencia.

2.2.2 Sistema de Información y toma de Decisiones

Los sistemas de información son herramientas críticas para recopilar, procesar y analizar datos, apoyando la toma de decisiones en todos los niveles de la organización (Laudon & Laudon, 2016).

✓ **Sistemas Integrados de Gestión**

- **ERP (Enterprise Resource Planning):** Aunque el foco es un sistema de producción, los principios de los ERP son relevantes. Estos sistemas integran todas las áreas de la empresa, mejorando la comunicación y eficiencia (Monk & Wagner, 2012).
- **Herramientas de Análisis:** La aplicación de técnicas como programación lineal, pronósticos y simulación ayuda en la optimización de recursos y planificación estratégica (Render, Stair &

Hanna, 2015). Meza García et al. (2009) demostraron su efectividad en la mejora de la toma de decisiones.

✓ **Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)**

La adopción de TIC es esencial para modernizar procesos y mantenerse competitivo. Las inversiones en tecnología permiten automatizar tareas, reducir errores y obtener información en tiempo real (Turban et al., 2015).

2.2.3 Sostenibilidad y Responsabilidad ambiental

La sostenibilidad en la producción es cada vez más importante debido a las preocupaciones ambientales y la legislación. La producción de envases de hojalata tiene ventajas en términos de reciclabilidad y eficiencia energética (Envases Fadeh, s.f.).

- **Producción Limpia:** Implementar prácticas de producción limpia reduce el impacto ambiental y mejora la imagen corporativa (Elkington, 1998).

2.2.4 Metodologías y Modelados de Desarrollo

✓ **Modelo Vista Controlador**

El patrón MVC es fundamental en el desarrollo de sistemas de información, separando la aplicación en tres componentes:

- **Modelo:** Maneja la lógica de negocio y los datos.
- **Vista:** Presenta la información al usuario.
- **Controlador:** Gestiona las interacciones del usuario y actualiza el modelo y la vista.

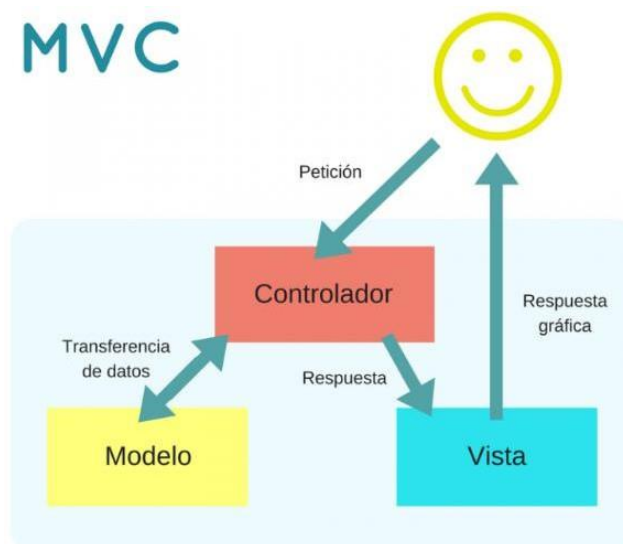
Esta separación facilita el mantenimiento y escalabilidad del sistema (Gamma et al., 1995).

✓ **Metodologías Ágiles**

Las metodologías ágiles, como Scrum, se caracterizan por su enfoque iterativo y colaborativo, permitiendo adaptarse a cambios y enfocarse en la entrega de valor al cliente (Schwaber & Sutherland, 2017).

- **Roles en Scrum:** Product Owner, Scrum Master y Equipo de Desarrollo.
- **Artefactos:** Product Backlog, Sprint Backlog, Incremento.
- **Eventos:** Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review, Sprint Retrospective.

Figura 2: Esquema Modelo Vista Controlador



Nota. García, M. (2017). *Componentes de Arquitectura MVC* [Imagen]. Por coding or not. (<https://codingornot.com/mvc-modelo-vista-controlador-que-es-y-para-que-sirve>)

2.2.5 Teoría de la Toma de Decisiones

La toma de decisiones es un proceso complejo que implica seleccionar la mejor alternativa para alcanzar los objetivos organizacionales (Simon, 1960).

- **Modelos Racionales:** Asumen que los decisores son racionales y tienen toda la información necesaria.
- **Modelos Limitados:** Reconocen que las decisiones se toman bajo condiciones de incertidumbre y con información incompleta.

Los sistemas de información ayudan a reducir la incertidumbre al proporcionar datos precisos y oportunos.

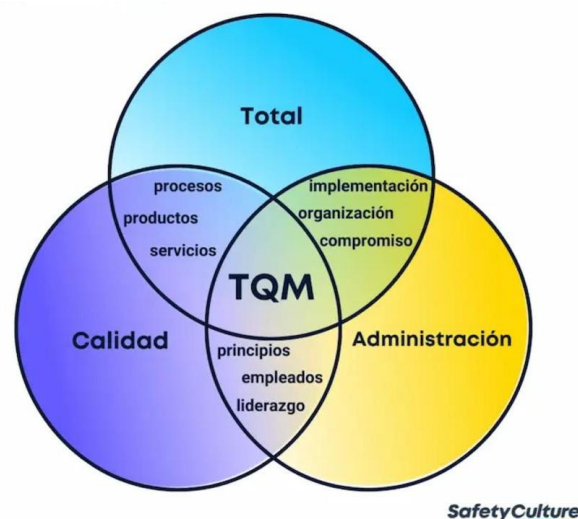
2.2.6 Gestión de Calidad Total

La TQM es un enfoque de gestión que busca la mejora continua en la calidad de los productos y procesos, involucrando a todos los miembros de la organización (Deming, 1986).

- **Principios de TQM:** Enfoque en el cliente, mejora continua, participación de los empleados, toma de decisiones basada en datos.

Implementar un sistema de producción que incorpore estos principios contribuirá a mejorar la calidad y satisfacción del cliente.

Figura 3 : *Gestión de Calidad Total*



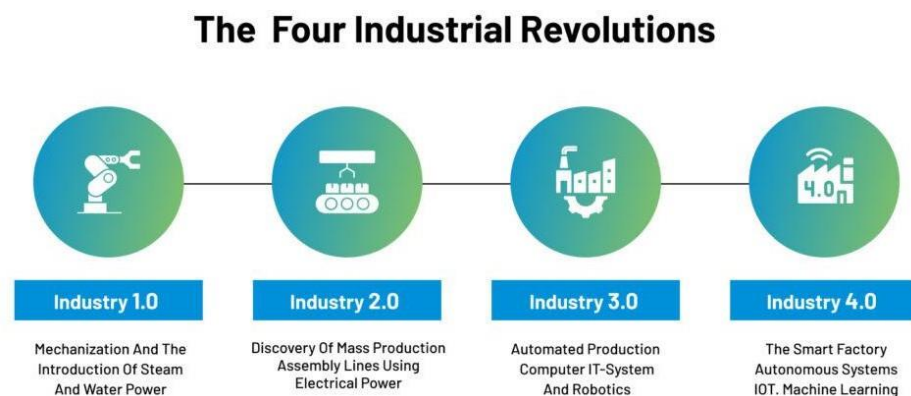
Nota. SafetyCulture. (2024, 8 de febrero). Gestión de la calidad total (TQM). SafetyCulture. Recuperado de

<https://safetyculture.com/es/temas/gestion-de-la-calidad-total/>

2.2.7 Industria 4.0 y Manufactura Inteligente en Sistemas de Producción

La Industria 4.0 representa la cuarta revolución industrial, caracterizada por la digitalización y la interconexión de los sistemas de producción mediante tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el big data y los sistemas ciberfísicos (CPS) (MDPI, s.f.-a; Wikipedia, s.f.). La manufactura inteligente, un componente central de la Industria 4.0, busca crear fábricas inteligentes (Smart Factories) que se distingan por su adaptabilidad, eficiencia en el uso de recursos y ergonomía, así como por la integración de clientes y socios comerciales en los procesos de negocio y valor (Wikipedia, s.f.).

Figura 4: *The Four Industrial*



Nota: Recuperado de <https://farahhhanis702.wordpress.com/2017/11/05/the-fourth-industrial-revolution/>

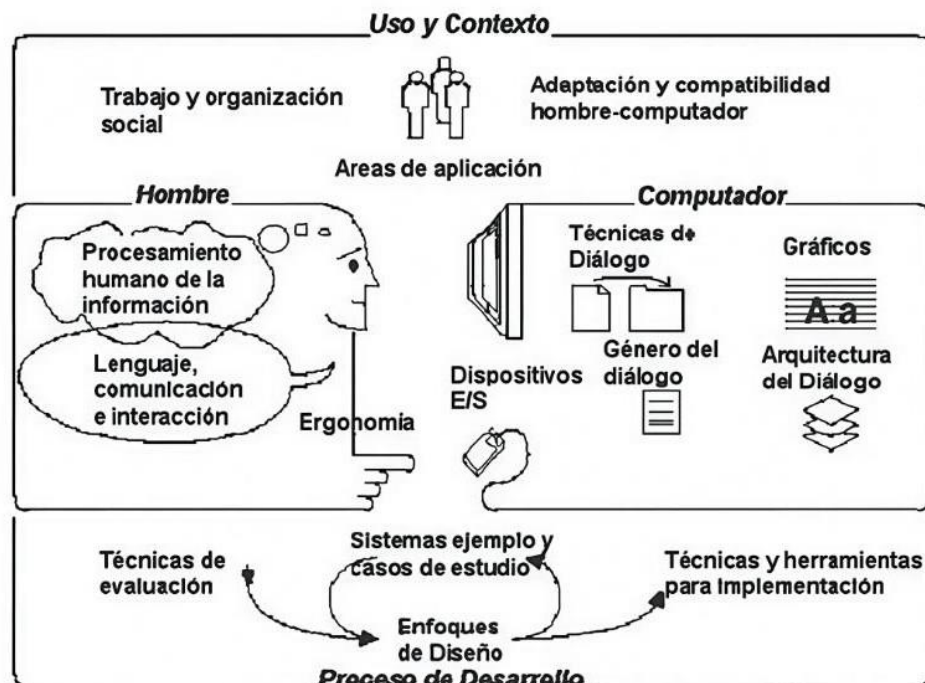
Estos conceptos son fundamentales para el desarrollo de sistemas de producción modernos, ya que permiten optimizar procesos complejos, mejorar la gestión de la cadena de suministro mediante el análisis de grandes volúmenes de datos y emplear robótica avanzada para tareas colaborativas y autónomas (Wikipedia, s.f.; MDPI, s.f.-b). La transición hacia estos

paradigmas es esencial para mejorar la productividad, la sostenibilidad y la vida útil de los activos, reduciendo tiempos de inactividad no planificados (MDPI, s.f.-b).

2.2.8 Interacción Humano-Computadora (HCI) en Sistemas de Soporte a la Decisión Industrial

La Interacción Humano-Computadora (HCI) es una disciplina que investiga el diseño y uso de la tecnología informática, enfocándose en las interfaces entre las personas (usuarios) y las computadoras (Wikipedia, s.f.). En el contexto de los sistemas de soporte a la decisión (DSS) industriales, la HCI juega un rol vital para asegurar que estos sistemas sean no solo funcionales sino también usables, eficientes y bien aceptados por los operarios y gestores (ResearchGate, s.f.-a; PubMed, s.f.).

Figura 5: Esquema de interacción humano-computadora



Nota: Obtenido de D'Adamo, M. H., Baum, A., Luna, D., & Argibay, P. (2025).

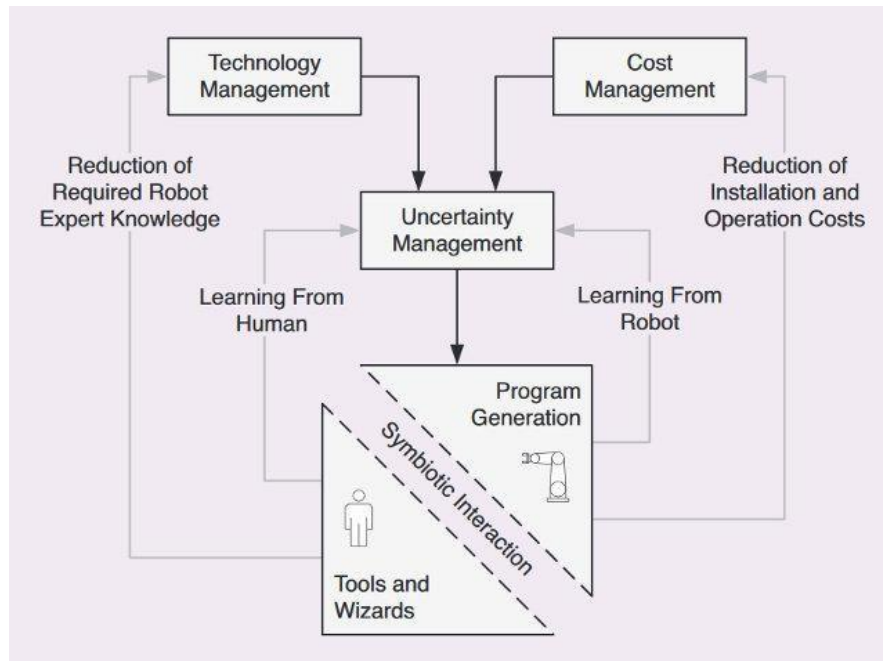
Un diseño centrado en el usuario, que considere los principios de la HCI, puede facilitar una mejor interpretación de los datos, una identificación más rápida de tendencias y anomalías, y una toma de decisiones más efectiva en entornos industriales complejos. La HCI busca optimizar la manera en que los humanos interactúan con los sistemas computacionales para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones, especialmente en entornos que manejan grandes volúmenes de datos y requieren respuestas ágiles.

2.2.9 Gestión del Cambio en la Implementación Tecnológica en el Sector

Manufacturero

La implementación de nuevas tecnologías en el sector manufacturero, como un sistema de producción avanzado, implica cambios significativos en los procesos, roles y cultura organizacional. La Gestión del Cambio (Change Management) se refiere a los enfoques estructurados para transicionar individuos, equipos y organizaciones de un estado actual a un estado futuro deseado, minimizando la resistencia y maximizando la adopción de las nuevas herramientas o procesos (MDPI, s.f.-c; ResearchGate, s.f.-c). Una gestión del cambio efectiva es crucial para superar barreras como la cultura organizacional resistente, la falta de habilidades digitales o el temor a la obsolescencia laboral (Preprints.org, s.f.). Involucrar a los empleados, una comunicación clara, el liderazgo comprometido y la capacitación adecuada son factores clave para asegurar la asimilación de la tecnología y la consecución de los beneficios esperados del nuevo sistema (Emerald Insight, s.f.; MDPI, s.f.-d).

Figura 6: Arquitectura del Proceso automático de Manufactura



Nota: Recuperado de: https://www.researchgate.net/figure/Automating-complex-manufacturing-tasks-necessitates-managing-the-required-technologies_fig9_330154680

2.2.10 Herramientas Tecnológicas

2.2.10.1 Java Platform Enterprise Edition (Java EE)

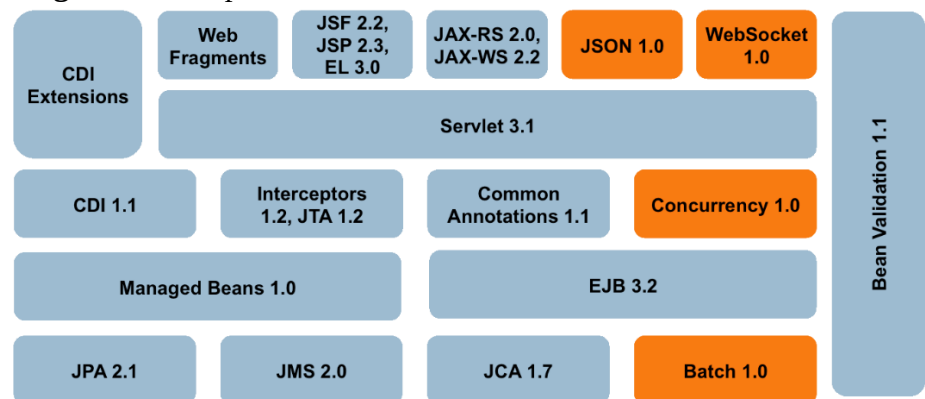
Java EE (actualmente Jakarta EE) es una plataforma usada para desarrollar aplicaciones empresariales web robustas y escalables. Extiende Java SE con APIs como Servlets, JSF, EJB, JPA, JAX-RS y CDI, permitiendo construir aplicaciones distribuidas multicapa bajo el principio “write once, run anywhere”. Se destaca por su capacidad para manejar arquitecturas cliente-servidor y procesos concurrentes.

En sistemas industriales web, ofrece ventajas como gestión automática de transacciones, inyección de dependencias, soporte

para WebSockets en comunicación en tiempo real y contenedores empresariales que administran concurrencia y ciclo de vida de componentes, útiles para aplicaciones con múltiples fuentes de datos y usuarios simultáneos. También incluye APIs estándar para persistencia, servicios REST y mensajería asíncrona, facilitando la integración de sistemas heterogéneos.

Para EPINSA, se eligió Java EE debido a su enfoque en aplicaciones multi-usuario, centralización de lógica de negocio en un servidor, soporte para acceso concurrente, madurez tecnológica, disponibilidad de desarrolladores capacitados y la existencia de servidores de aplicaciones de código abierto que reducen costos.

Figura 7 : Componentes Comerciales de Java EE



Nota: Recuperado de

<https://www.oracle.com/java/technologies/platform-glance.html>

2.2.10.2 Microsoft SQL Server

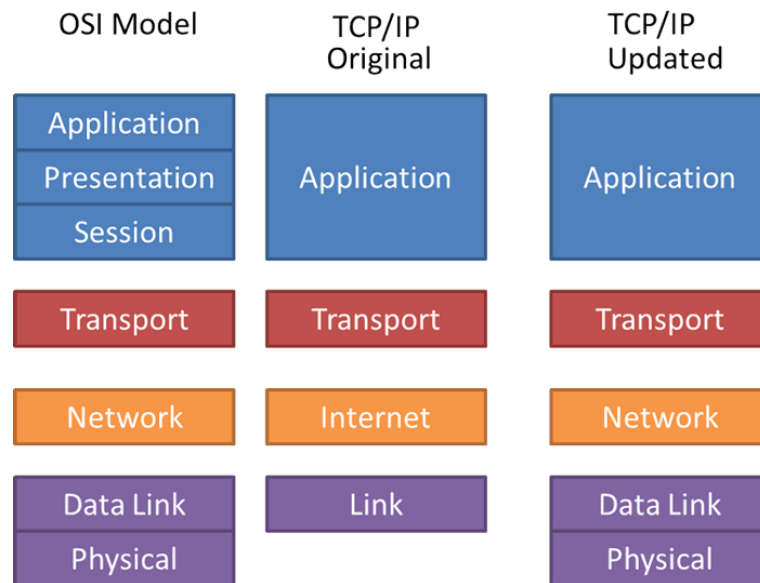
Microsoft SQL Server es un RDBMS empresarial que ofrece almacenamiento y procesamiento de datos con alta disponibilidad, seguridad y rendimiento. Incluye transacciones ACID para garantizar integridad, índices para consultas eficientes,

procedimientos almacenados y triggers para manejar lógica de negocio, además de mecanismos de concurrencia que permiten acceso simultáneo sin pérdida de consistencia. Para aplicaciones en tiempo real, dispone de funciones como In-Memory OLTP, vistas materializadas y SQL Server Agent para automatizar tareas. En EPINSA se eligió SQL Server por contar con licencias existentes, la experiencia previa del personal, sus herramientas de respaldo y recuperación, y su capacidad de replicación para futuras expansiones.

2.2.10.3 Protocolos de Comunicación Industrial (Modbus TCP/IP)

Modbus es un protocolo industrial estándar para intercambio de datos entre dispositivos de automatización. Creado en 1979 y liberado como estándar abierto, destaca por su simplicidad y robustez (Modbus Organization, 2023). La variante Modbus TCP/IP utiliza redes Ethernet estándar manteniendo compatibilidad con el modelo tradicional (Clarke et al., 2019). Opera bajo un modelo cliente-servidor donde un maestro solicita lectura/escritura de registros en dispositivos esclavos mediante funciones y direcciones de memoria simples (Boyer, 2018). Para adquisición de datos en tiempo real, ofrece latencias predecibles de milisegundos, polling continuo sin degradación de red y fácil implementación en lenguajes de alto nivel como Java. En EPINSA, Modbus TCP/IP permitió la comunicación entre el servidor Java y los PLCs para lectura automática de variables de proceso con actualización de 1-2 segundos.

Figura 8: Modelo de referencia OSI, el modelo TCP/IP original y el modelo TCP/IP



Nota: El modelo TCP/IP actual tiene cinco capas, a diferencia del modelo TCP/IP original que tenía cuatro capas (recuperado de <https://www.computernetworkingnotes.com/ccna-study-guide/similarities-and-differences-between-osi-and-tcp-ip-model.html>).

2.2.10.4 JFreeChart para Visualización de Datos

JFreeChart es una biblioteca Java de código abierto para generación de gráficos estadísticos de alta calidad. Soporta más de 25 tipos de gráficos altamente configurables incluyendo líneas, barras, histogramas y gráficos especializados (Gilbert y Morgenthal, 2019). Está diseñada con arquitectura limpia separando datos, renderizado y presentación, permitiendo modificaciones independientes (Freeman, 2020). Genera gráficos vectoriales escalables, soporta exportación a múltiples formatos (PNG, JPEG, PDF, SVG) y proporciona interactividad mediante zoom, pan y tooltips dinámicos. Para aplicaciones industriales ofrece gráficos de series temporales optimizados con soporte para grandes volúmenes de datos mediante

agregación automática. En EPINSA, JFreeChart generó visualizaciones dinámicas incluyendo gráficos de tendencias, comparación de producción, distribución de tiempos y análisis de Pareto. Fue seleccionada por su madurez, documentación exhaustiva, integración nativa con Swing y licencia LGPL para uso comercial.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Según su fin o propósito

La presente investigación es de tipo aplicada tecnológica, ya que se enfoca en resolver problemas prácticos y mejorar procesos específicos dentro de la empresa Envases Los Pinos S.A.C. El objetivo principal es emplear conocimientos y herramientas tecnológicas para desarrollar un sistema de producción que mejore la toma de decisiones, optimizando la gestión en la fabricación de envases de hojalata. (Heizer & Render, 2014).

3.1.2 Por el nivel de conocimientos que se obtienen

La investigación es de tipo descriptiva, ya que se dedicará a detallar la realidad y las características actuales de la gestión de producción en la empresa “Envases Los Pinos S.A.C.” Se analizará cómo se llevan a cabo las operaciones permitiendo comprender a profundidad el contexto y las necesidades específicas de la empresa (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se emplea un método inductivo-deductivo. Inicialmente, se utiliza el enfoque inductivo para recopilar datos cuantitativos sobre las necesidades específicas de la empresa, a través de observaciones. Esto permitirá desarrollar hipótesis sobre cómo el nuevo sistema de producción puede mejorar la toma de decisiones y los procesos operativos (Robbins & Coulter, 2010).

Posteriormente, se aplica el enfoque deductivo para probar estas hipótesis mediante métodos cuantitativos, analizando el efecto del sistema implementado en el área de producción específicamente en la planificación y control de la producción. Este

proceso permitirá validar la efectividad del sistema propuesto y su impacto en la mejora de la gestión de la producción, utilizando técnicas estadísticas y comparativas (Render, Stair & Hanna, 2015).

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarca en un diseño preexperimental de tipo preprueba y posprueba con un solo grupo. Este diseño es apropiado para evaluar el efecto de una intervención en un entorno empresarial donde no es posible contar con un grupo de control equivalente (Campbell & Stanley, 1966).

Justificación del Diseño:

- Relevancia: Al enfocarse exclusivamente en Envases Los Pinos S.A.C., este diseño permite medir de manera directa el impacto de la implementación del sistema de producción en la misma empresa, facilitando la comparación de los resultados obtenidos antes y después de la intervención.
- Aplicabilidad: Este enfoque es adecuado para estudios aplicados en organizaciones que buscan mejorar procesos internos y evaluar cambios específicos en indicadores de desempeño sin la necesidad de un grupo control, lo que es común en entornos empresariales donde la asignación aleatoria no es viable (Hernández Sampieri et al., 2014).

G----- O1 -----X-----O2

Dónde:

G = Grupo único (Envases Los Pinos S.A.C.)

O1 = Medición inicial de los indicadores clave (preprueba)

X = Implementación del sistema de producción (intervención)

O2 = Medición posterior de los indicadores clave (postprueba)

Procedimiento Detallado:

1. Fase de Diagnóstico (O_1):

- Recolección de datos iniciales sobre los indicadores clave de desempeño, incluyendo tiempos de producción, niveles de inventario y calidad de la toma de decisiones.
- Análisis descriptivo de los procesos actuales para identificar ineficiencias y áreas de mejora.

2. Fase de Intervención (X):

- Desarrollo e implementación del sistema de producción, siguiendo metodologías ágiles y estándares de calidad.
- Capacitación del personal en el uso del nuevo sistema y en las nuevas prácticas operativas.

3. Fase Post-Intervención (Postprueba):

- Recolección de datos posteriores a la implementación para medir los cambios en los indicadores clave.
- Análisis comparativo utilizando técnicas estadísticas para evaluar la significancia de las mejoras obtenidas.

3.4 POBLACIÓN

La población de estudio abarca todos los elementos y componentes relacionados con los procesos productivos y de gestión en Envases Los Pinos S.A.C. Para cada indicador, la población específica se define de la siguiente manera:

Tabla 1: Población

Población por indicador

Indicador	Población
Tiempo de respuesta ante eventos correctivos	Numero de eventos correctivos registrados durante el periodo de estudio.
Nivel de satisfacción de los responsables operativos	Numero de responsables en la toma decisiones.
Número de decisiones informadas	Registros del total de decisiones operativas tomadas por los responsables de producción

Fuente: Elaborado por los autores

3.5 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo empleado es **no probabilístico por conveniencia**, ya que se seleccionarán aquellos registros de eventos correctivos y responsables operativos que estén disponibles durante el periodo de recolección de datos en la empresa. Esta técnica se justifica debido a las características propias del entorno de estudio, donde la disponibilidad y accesibilidad de los registros históricos y la participación del personal fueron factores clave para garantizar la obtención de los datos requeridos.

3.6 MUESTRA

Según Icart, Fuentelsaz, & Pulpón (2006), "la muestra es el conjunto de individuos que realmente se va a estudiar; es un subconjunto de la población. Para que los resultados obtenidos puedan ser generalizados, la muestra debe ser representativa de la población. Para garantizar esta representatividad, es crucial definir claramente los criterios de inclusión y exclusión, y utilizar las técnicas de muestreo adecuadas".

En la siguiente fórmula matemática se visualiza las muestras por cada indicador:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- ✓ n = Tamaño de la muestra
- ✓ N = Población
- ✓ Z = Nivel de confianza 95% = 1.96
- ✓ p = Proporción de éxito, 50% = 0,5
- ✓ q = Proporción de fracaso, $q = 1 - p$
- ✓ e = Margen de error: 5% = 0.05

Se tomará las muestras obtenidas a partir de la población según la formula anterior para cada indicador.

3.7 UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis varía según el indicador evaluado. Para el tiempo de respuesta ante eventos correctivos, cada evento correctivo registrado constituye una unidad individual de estudio. En el caso del nivel de satisfacción, la unidad corresponde a cada responsable operativo involucrado en la toma de decisiones del área de producción. Finalmente, para el número de decisiones informadas, cada decisión operativa registrada formalmente representa una unidad de análisis independiente.

3.8 NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Se utilizó un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), lo que equivale a un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha=0.95$). Este valor es el estándar empleado en investigaciones aplicadas y permite establecer si los cambios observados en los indicadores son estadísticamente significativos.

3.9 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tabla 2: Variables y sus Indicadores

Variables	Indicadores
Variable independiente <i>Implementación de un sistema de producción</i>	- Nivel de automatización de procesos. - Funcionalidad del sistema en el área de producción, - Integración y actualización de datos en tiempo real.
Variable Dependiente <i>Eficiencia en la toma de decisiones operativas en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.</i>	- Tiempo de respuesta ante eventos correctivos (TREC) <i>Fórmula:</i> $TREC = \text{Inicio de Incidente hasta decision correctiva}$ - Nivel de satisfacción de los responsables operativos <i>Medición:</i> Encuestas de satisfacción con escala Likert (1 a 5), aplicadas a supervisores y responsables. - Tasa de decisiones informadas (TDI) <i>Fórmula:</i> $TDI = \frac{N^{\circ} \text{ total de decisiones tomadas}}{N^{\circ} \text{ decisiones con analisis previo}} \times 100$

Nota. Elaborado por los autores

3.10 METODO DE ANALISIS PARA LOS INDICADORES CUANTITATIVOS

El análisis de los indicadores cuantitativos se realizó siguiendo un proceso que permitió evaluar el impacto del sistema de producción en la toma de decisiones. Primero se definieron operacionalmente los tres indicadores: tiempo de respuesta ante eventos correctivos (medido en minutos), nivel de satisfacción de los responsables operativos (escala Likert de 1 a 5) y número de decisiones informadas (porcentaje sobre el total de decisiones tomadas).

Se llevó a cabo una medición inicial antes de implementar el sistema (preprueba) durante un periodo de 4 semanas, registrando los valores de cada indicador. Posteriormente, tras la estabilización del sistema implementado, se realizó una segunda medición (postprueba) durante el mismo periodo de tiempo. Los datos

recolectados fueron ingresados en Microsoft Excel y posteriormente procesados mediante Python 3.10 y sus librerías de análisis de datos.

Se calcularon medidas descriptivas como la media, mediana, desviación estándar y varianza para cada indicador en ambos momentos. Antes de aplicar pruebas paramétricas, se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre la preprueba y postprueba, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas, considerando un nivel de significancia de 0.05 ($p < 0.05$). En caso de que los datos no cumplieran el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon como alternativa.

Adicionalmente, se calculó el tamaño del efecto mediante la d de Cohen para evaluar la magnitud práctica de los cambios observados. Los resultados se presentaron en tablas comparativas y gráficos que facilitaron la interpretación del impacto del sistema en cada indicador evaluado.

3.11 TECNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

3.11.1. Codificación de Datos

Los datos recolectados fueron codificados de la siguiente manera:

- **Satisfacción de responsables operativos:** Escala Likert (1 = Muy insatisfecho, 5 = Muy satisfecho)
- **Tiempo de respuesta:** Registro directo en minutos con dos decimales
- **Decisiones informadas:** Codificación binaria (0 = no informada, 1 = informada), calculando posteriormente el porcentaje
- **Identificación de fases:** Preprueba = 0, Postprueba = 1

3.11.2. Ingreso y Organización de datos

Los datos codificados se ingresaron en Microsoft Excel 2019, estructurando cada fila como una observación y cada columna como una variable. Se incluyeron columnas adicionales para fecha de registro, fase, identificador único y observaciones relevantes. El archivo se guardó en formato .xlsx con respaldo en .csv.

3.11.3. Depuración de Datos

Se realizó una limpieza identificando:

- Valores fuera de rango (tiempos negativos, satisfacción >5)
- Datos faltantes o celdas vacías
- Errores de formato o tipeo
- Valores atípicos mediante análisis de box-plot

Los datos faltantes se recuperaron de registros físicos cuando fue posible; caso contrario, se aplicó eliminación por lista. Se verificó el 10% de registros contra fuentes originales.

3.11.4. Análisis Estadístico

La base depurada se procesó mediante Python 3.10 en Google Colaboratory, empleando las librerías pandas, numpy, scipy y matplotlib. Se calcularon:

Estadística descriptiva:

- Media, mediana, desviación estándar y varianza
- Valores mínimo, máximo y rango intercuartílico
- Coeficiente de variación

Estadística inferencial:

- Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk para $n < 50$)
- Prueba t de Student para muestras relacionadas (si datos normales)

- Prueba de Wilcoxon (si datos no normales)
- Cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen)

3.11.5. Presentación de Resultados

Los resultados se presentaron mediante tablas estadísticas comparativas (preprueba vs. postprueba) y gráficos (histogramas, box-plot, barras comparativas), siguiendo normas APA 7ª edición. Se interpretaron considerando significancia estadística ($p < 0.05$) y magnitud práctica del cambio.

3.12 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Para recopilar la información necesaria en este proyecto, se emplearán diversas técnicas y herramientas, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

3.12.1. Técnicas

- Las técnicas de recolección de datos incluyen una serie de procedimientos y actividades que permiten al investigador obtener la información necesaria para responder a las preguntas de la investigación. Se utilizaron las siguientes técnicas:
- **Observación:** Esta técnica consistió en la recolección sistemática y directa de información mediante la visualización y registro de fenómenos en su contexto natural, sin intervención del investigador. Permitió documentar eventos y comportamientos tal como ocurren en tiempo real.
- **Cuestionarios:** Se implementaron instrumentos estructurados de recolección de datos, diseñados con preguntas específicas para obtener información cuantificable y comparable. Esta herramienta facilitó la obtención de datos precisos y estandarizados de los participantes.
- **Investigación Bibliográfica:** Se realizará una exhaustiva revisión de:

- ❖ Fuentes primarias y secundarias
- ❖ Artículos académicos
- ❖ Tesis relacionadas
- ❖ Recursos web especializados

3.12.2. Instrumentos

Para la recolección de datos se hará uso de los siguientes instrumentos:

- ✓ **Ficha de recolección de datos:** Se constituye como un instrumento fundamental en esta investigación, diseñado específicamente para documentar de manera sistemática y precisa las mediciones temporales y los indicadores clave del estudio. Este instrumento metodológico, estructurado de forma estandarizada, permite no solo la captura rigurosa de datos cuantitativos, sino también la inclusión de observaciones cualitativas complementarias. La ficha incorpora campos específicamente diseñados para cada variable de estudio, facilitando un registro consistente y uniforme de la información. Su diseño asegura la trazabilidad de las mediciones y simplifica el posterior procesamiento y análisis de los datos recopilados. Además, la versatilidad del instrumento permite integrar tanto datos numéricos como anotaciones contextuales, proporcionando así una visión más completa y enriquecedora del fenómeno estudiado. Esta herramienta ha demostrado ser esencial para mantener la rigurosidad metodológica y la confiabilidad de los resultados obtenidos durante la investigación.

3.13 METODOLOGÍA DE PASOS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

a) Revisión bibliográfica y formulación del problema

Se realizó una revisión exhaustiva de literatura científica, tesis y artículos especializados sobre sistemas de producción, toma de decisiones y tecnologías aplicadas en la industria de envases de hojalata. Esta revisión permitió contextualizar la problemática, delimitar las variables de estudio y formular la pregunta de investigación, hipótesis y objetivos del proyecto.

b) Elección del tipo y diseño de investigación

Se definió el enfoque cuantitativo, de tipo aplicada tecnológica, con diseño preexperimental de preprueba y postprueba en un solo grupo. Esta elección responde a la necesidad de evaluar el impacto del sistema de producción en un entorno empresarial real sin manipulación controlada de todas las variables.

c) Definición de población, muestra y unidad de análisis

Se estableció la población conformada por eventos correctivos, responsables operativos y decisiones operativas registradas en Envases Los Pinos S.A.C. Se aplicó muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando registros disponibles durante el periodo de estudio. La unidad de análisis varió según cada indicador evaluado.

d) Diseño y validación de instrumentos

Se elaboraron tres instrumentos principales

- Cuestionario tipo Likert para medir satisfacción de responsables operativos
- Ficha de registro de eventos correctivos
- Guía de observación para decisiones informadas

Los instrumentos fueron validados mediante juicio de expertos y prueba piloto.

e) Desarrollo del sistema de producción

Se desarrolló el sistema de producción siguiendo metodologías ágiles (Scrum), integrando las siguientes etapas:

- Análisis de requerimientos funcionales y no funcionales
- Diseño de la arquitectura del sistema (Modelo Vista Controlador)
- Implementación de módulos de monitoreo y control de producción
- Integración con líneas de producción existentes
- Desarrollo de interfaces de visualización en tiempo real

f) Aplicación de la preprueba

Antes de implementar el sistema, se recolectaron datos mediante fichas de registro y observación directa durante 4 semanas, identificando la situación actual de:

- Tiempos de respuesta ante eventos correctivos
- Nivel de satisfacción de responsables operativos (cuestionario inicial)
- Número de decisiones informadas vs. decisiones totales

g) Implementación del sistema de producción

Se desplegó el sistema en el entorno productivo de Envases Los Pinos S.A.C., realizando:

- Instalación y configuración de hardware y software
- Integración con sistemas existentes
- Capacitación al personal operativo y administrativo
- Periodo de estabilización y ajustes (2 semanas)

h) Aplicación de la postprueba

Tras el periodo de estabilización, se aplicaron nuevamente los instrumentos de recolección durante 4 semanas para evaluar los cambios en los mismos indicadores medidos en la preprueba.

i) Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sistematizados en Excel y analizados con Python 3.10 en Google Colaboratory, aplicando:

- Estadística descriptiva (medias, desviaciones, frecuencias)
- Pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk)
- Pruebas de hipótesis (t de Student para muestras relacionadas)
- Cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen)

j) Elaboración de conclusiones y recomendaciones

Se elaboraron conclusiones basadas en la evidencia estadística obtenida, validando el impacto del sistema de producción en la mejora de la toma de decisiones. Se formularon recomendaciones para la mejora continua y futuras investigaciones relacionadas con la optimización de procesos productivos en la industria de envases.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Desarrollo e implementación del sistema de producción

4.1.1.1 Análisis y diseño del sistema

El proceso de análisis previo a la implementación del sistema incluyó un diagnóstico exhaustivo de las operaciones de producción de envases de hojalata en Envases Los Pinos S.A.C. Se identificaron tres áreas críticas que requerían automatización e integración:

- **Programación de producción:** Proceso manual mediante hojas de cálculo Excel, sin integración con datos operativos en tiempo real, generando inconsistencias entre lo programado y lo ejecutado.
- **Gestión de eventos correctivos:** Registro en formularios físicos al finalizar cada turno, con desfases de hasta 24 horas entre la ocurrencia del evento y su disponibilidad para análisis.
- **Análisis de información operativa:** Ausencia de herramientas para consulta rápida de datos históricos, dificultando la toma de decisiones informadas ante situaciones críticas.

✓ **Arquitectura MVC con integración PLC (modbus tcp/ip)**

El sistema fue diseñado siguiendo el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC), garantizando separación de responsabilidades, mantenibilidad y escalabilidad. La arquitectura se estructura en tres capas:

Capa de Modelo: Responsable de la lógica de negocio y persistencia de datos. Incluye:

- **Clases de entidad:** Usuario, Línea, Turno, Empleado, Batch, DetallesBatch, AsignaciónEmpleados, TipoEvento, Evento, VariablesPLC.
- **Clases DAO (Data Access Object):** Encapsulan operaciones CRUD contra SQL Server mediante JDBC.
- **Lógica de validación:** Reglas de negocio aplicadas antes de persistir datos (validación de correlativo de batch, verificación de disponibilidad de empleados, etc.).

Capa de Vista: Interfaces gráficas desarrolladas con Jakarta EE.

Incluye:

- **Módulo de programación:** Formularios para crear batches de producción, asignar líneas y empleados por turno.
- **Módulo de gestión de eventos:** Interfaz para registro y seguimiento de eventos correctivos con captura automática de variables PLC.
- **Dashboard analítico:** Visualización de indicadores operativos mediante JFreeChart (gráficos de barras, líneas temporales, tablas dinámicas).

Capa de Controlador: Gestiona la interacción entre vistas y modelo. Incluye:

- **Controlador de sesión:** Gestión de autenticación JWT, control de permisos por rol (Administrador, Supervisor, Operador, Jefe de Producción).

- **Controlador de eventos:** Orquesta el flujo desde la detección automática de eventos (vía PLC) hasta su registro persistente en base de datos.
- **Controlador de reportes:** Genera consultas SQL parametrizadas para análisis histórico de eventos, participaciones, y asistencias.

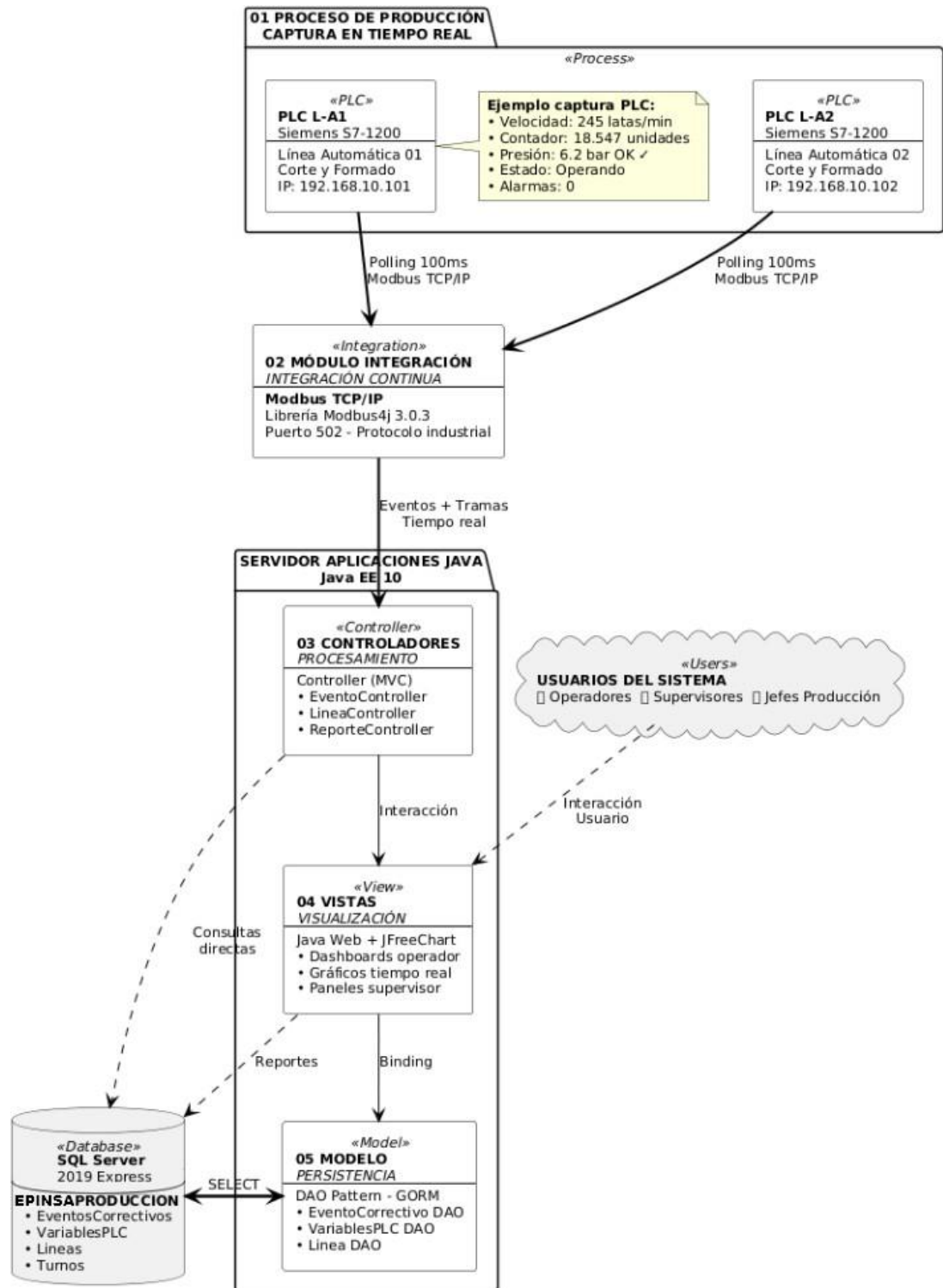
Integración con PLCs mediante Modbus TCP/IP

Una característica distintiva del sistema es su capacidad de integración directa con los Controladores Lógicos Programables (PLCs) Siemens instalados en las líneas de producción L-A1 (Corte y Formado) y L-A2 (Corte y Formado). Esta integración se implementó mediante el protocolo industrial Modbus TCP/IP, permitiendo:

- **Lectura automática de variables operativas:** Velocidad de línea, contadores de producción, estado de sensores, alarmas activas, presión de aire.
- **Detección proactiva de anomalías:** El sistema monitorea continuamente las variables críticas configuradas en el PLC y genera alertas automáticas cuando se detectan desviaciones respecto a rangos operativos establecidos.
- **Registro contextual de eventos:** Al ocurrir un evento correctivo, el sistema captura automáticamente el estado completo de las variables PLC en ese momento, almacenándolas en la tabla VariablesPLC para análisis posterior de causas raíz.

Esta integración eliminó la dependencia de reportes manuales de operadores, reduciendo significativamente los tiempos de detección y respuesta ante eventos correctivos, tal como se evidencia en los resultados del indicador TREC presentados en la sección 4.1.2.

Figura 9: Arquitectura del sistema de información de producción



La Arquitectura del Sistema en la figura está mostrando las tres capas MVC y la integración con PLCs mediante protocolo Modbus

TCP/IP. Los PLCs de las líneas L-A1 y L-A2 transmiten datos operativos en tiempo real (polling 100ms) al módulo de integración Modbus, que alimenta la capa de modelo para procesamiento y persistencia.

Valor diferencial: La integración directa con PLCs permite la captura automática de variables operativas (temperatura, presión, velocidad, estados) en el momento exacto del evento correctivo, eliminando la dependencia de reportes manuales. Esta característica redujo el Tiempo de Respuesta ante Eventos Correctivos (TREC) de 47.2 minutos (preprueba) a 8.5 minutos (postprueba), representando una mejora del 82% en capacidad de respuesta operativa. La cual se procederá a explicar más adelante.

✓ **MODELO DE BASE DE DATOS RELACIONAL**

El sistema emplea SQL Server 2019 como motor de base de datos relacional, garantizando integridad transaccional, soporte para concurrencia, y capacidades avanzadas de consulta mediante SQL estándar. La base de datos EPINSA_PRODUCION fue diseñada con un modelo normalizado en tercera forma normal (3FN) para evitar redundancia y anomalías de actualización.

Tabla 3: Estructura del modelo de datos relacional

Tabla	Propósito	Relaciones Clave
Usuarios	Gestión de acceso al sistema con roles diferenciados	Crea batches, registra eventos, aprueba acciones
Líneas	Catálogo de líneas de producción (L-A1, L-A2, L-M1)	Asignada a empleados, relacionada con eventos y batches

Tabla	Propósito	Relaciones Clave
Turnos	Catálogo de turnos (Mañana, Tarde, Noche)	Estructura temporal de batches y asignaciones
Empleados	Personal operativo con turnos habituales y cargos	Asignado a líneas y batches por turno
Batches	Programación de producción diaria con correlativo único	Contiene detalles de producción y asignaciones de empleados
DetallesBatch	Líneas y artículos programados en cada batch	Detalla SKU, cantidad programada, velocidad objetivo
AsignacionEmpleados	Asignación de empleados a batches por línea y turno	Vincula empleados con programación de producción
TiposEvento	Catálogo de tipos de eventos correctivos (fallas mecánicas, eléctricas, desviaciones de calidad, alarmas)	Clasifica eventos por categoría técnica
Eventos	Registro central de eventos correctivos con timestamps	Relaciona línea, turno, tipo, usuario registro y resolución
VariablesPLC	Variables operativas capturadas desde PLCs al momento del evento	Proporciona contexto técnico para análisis de causas raíz

Nota: Elaborado por los autores

Aunque la tabla *Eventos* registra la fecha/hora de ocurrencia y resolución de eventos correctivos, el sistema operativo NO calcula automáticamente el indicador TREC (Tiempo de Respuesta ante Eventos Correctivos). Este indicador fue medido externamente por el investigador mediante cronometraje manual durante las fases preprueba y postprueba, siguiendo la metodología descrita en el Capítulo III. De manera similar, el sistema no registra automáticamente si una decisión fue "informada" o "no informada" (TDI), ni calcula niveles de satisfacción de responsables. Estos

indicadores fueron evaluados mediante instrumentos de investigación independientes (cuestionarios, observación directa) para garantizar objetividad en la evaluación del impacto del sistema.

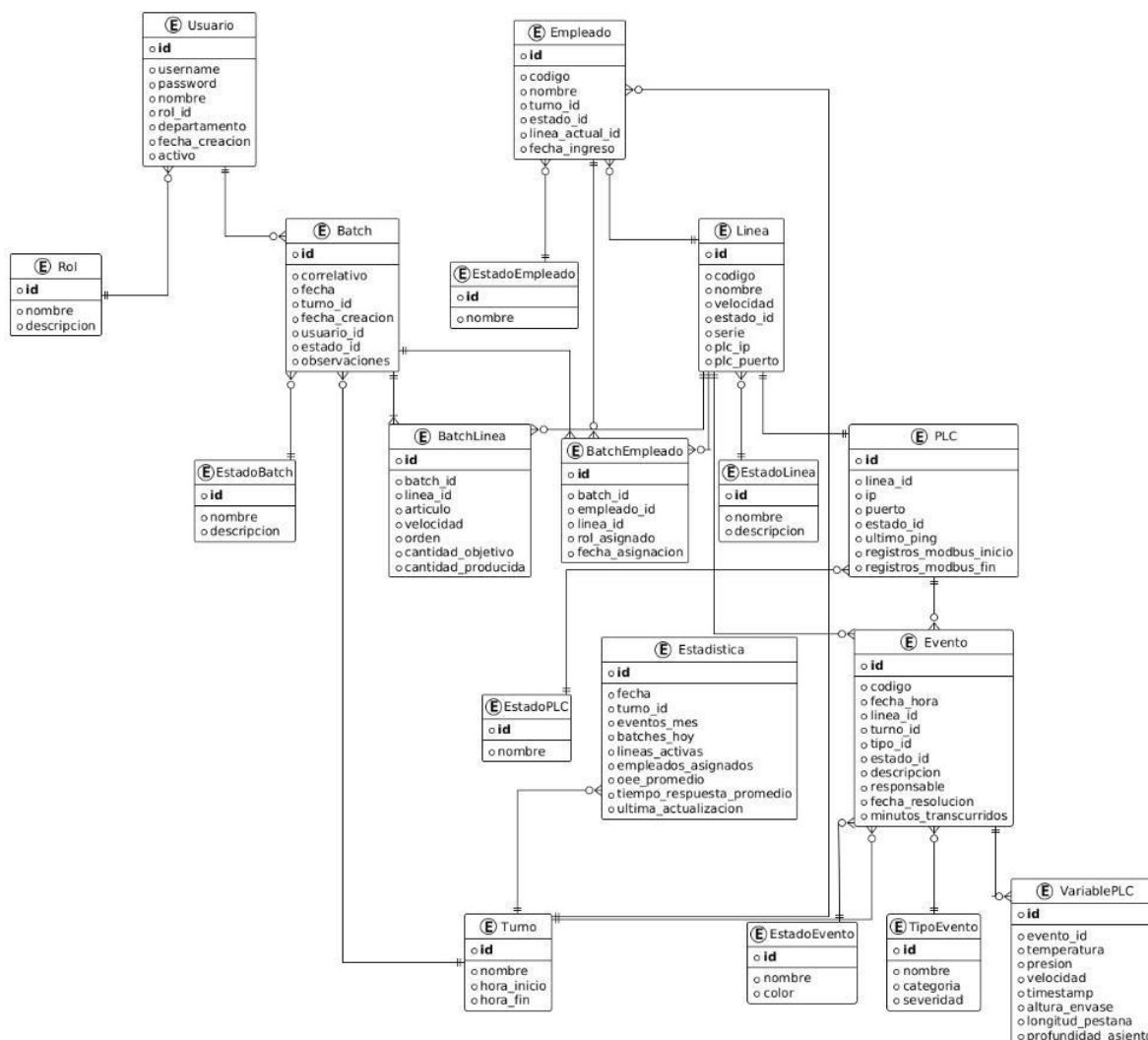
Vistas, Procedimientos Almacenados y Funciones

Además de las tablas base, el modelo de datos incluye componentes avanzados para facilitar consultas operativas frecuentes:

- **Vistas SQL:**
 - VW_EventosActivos: Lista eventos en estado REGISTRADO o EN ATENCION con tiempo transcurrido desde ocurrencia.
 - VW_BatchesActivos: Muestra batches del día actual con número de líneas y empleados asignados.
 - VW_EmpleadosDisponibles: Empleados activos con turno habitual y línea asignada.
- **Procedimientos Almacenados:**
 - SP_GenerarBatch: Crea nuevo batch con correlativo autoincrementado.
 - SP_RegistrarEvento: Inserta evento correctivo con validaciones transaccionales.
 - SP_ResolverEvento: Marca evento como RESUELTO con timestamp y acción tomada.
 - SP_AsignarEmpleado: Asigna empleado a batch actualizando estado y línea.
- **Funciones SQL:**

- FN_ProximoCorrelativoBatch(): Calcula próximo número correlativo de batch.
- FN_GenerarCodigoEvento(): Genera código único de evento formato EV-YYYY-NNN.

Figura 10: Diagrama de base de datos EPINSA_PRODUCCION



✓ DISEÑO UI PARA VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL

Las interfaces se diseñaron para uso rápido y eficiente en planta, priorizando simplicidad visual, navegación directa, retroalimentación inmediata y adaptación a distintas pantallas. El dashboard analítico permite apoyar la toma de decisiones mediante

visualizaciones claras: muestra eventos activos con códigos de color según tiempo, un histograma de frecuencia por tipo y línea, una tabla de consulta histórica con filtros avanzados y gráficos de tendencias para analizar variables antes y después de eventos correctivos. Esta capacidad de visualización gráfica y consulta rápida de información histórica fue identificada como factor crítico en el incremento del indicador TDI (Tasa de Decisiones Informadas), cuyos resultados se presentan en la sección 4.1.4.

4.1.1.2 Implementación del sistema

✓ TECNOLOGÍAS: JAVA EE, SQL SERVER, JFREECHART

Tecnologías empleadas

La selección de tecnologías para la implementación del sistema se fundamentó en criterios de madurez tecnológica, disponibilidad de recursos humanos con conocimiento previo, compatibilidad con infraestructura existente en la empresa, y costo-beneficio. El stack tecnológico implementado fue:

Java EE 10 (JAKARTA EE):

Lenguaje principal para toda la lógica de negocio, integración con base de datos, comunicación Modbus TCP/IP con PLCs, y desarrollo de interfaces gráficas.

SQL Server 2019 Express:

Motor de base de datos principal para persistencia de información operativa. Instalado en servidor Windows Server 2016 en red local de planta.

JFreeChart 1.5.0:

Generación dinámica de gráficos en dashboard analítico para visualización de frecuencia de eventos, tendencias temporales, y distribución por categorías.

JDBC (Java Database Connectivity)

Capa de acceso a datos implementada mediante patrón DAO (Data Access Object) usando PreparedStatement para prevenir SQL injection y garantizar seguridad.

Modbus4j 3.0.3

Componente de integración PLC que establece conexión TCP/IP con PLCs Siemens S7-1200, lee registros Modbus configurados, y convierte datos binarios a valores operativos-

Tabla 4: Comparación de tecnologías alternativas

Componente	Tecnología Seleccionada	Alternativa Evaluada	Razón de Selección
Lenguaje Backend	Java EE 10	Python, C#	Conocimiento previo del equipo, robustez empresarial, ecosistema maduro
Base de Datos	SQL Server 2019	PostgreSQL, MySQL	Infraestructura Windows existente, licencia Express gratuita, soporte Microsoft
Framework UI	Jakarta Faces	JavaFX, Web (React)	Integración nativa con Java EE, aplicación Web
Gráficos	JFreeChart	JavaFX Charts, Chart.js (web)	Código abierto, integración directa JEE, amplia documentación

- ✓ **Módulos desarrollados: programación de producción, gestión de eventos, dashboard analítico**

El sistema se estructuró en tres módulos funcionales principales, cada uno atendiendo necesidades operativas específicas identificadas durante la fase de análisis:

Módulo 1: Programación de Producción

Este módulo reemplazó el proceso manual de programación mediante hojas Excel, proporcionando una interfaz centralizada para:

Creación de batches diarios:

Formulario para generar batch con correlativo autoincrementado, fecha de producción, turno asociado y observaciones generales.

Asignación de líneas y formatos de latas:

Interfaz de tabla editable donde el supervisor programa qué líneas (L-A1, L-A2: Corte y Formado) producirán qué formatos de latas (SKU: diámetro x altura), en qué secuencia, con qué cantidad objetivo (unidades), velocidad programada (latas/min) y tipo de hojalata.

Asignación de personal:

Selector gráfico de empleados disponibles filtrados por turno, con funcionalidad drag-and-drop para asignar operadores de máquina formadora, control de calidad y personal de apoyo a líneas específicas dentro del batch.

Validaciones automáticas:

El sistema valida disponibilidad de empleados (no asignados en otro batch del mismo turno), estado operativo de líneas, alertas de conflictos de programación, compatibilidad de formato con

capacidad de línea, disponibilidad de matrices/herramientas, y stock de hojalata requerido.

El módulo genera automáticamente reportes de programación en formato PDF imprimible, distribuidos a supervisores de turno al inicio de cada jornada laboral.

Módulo 2: Gestión de Eventos Correctivos

Módulo central del sistema, responsable de la captura, seguimiento y resolución de eventos correctivos en líneas de producción de latas. Funcionalidades implementadas:

Registro automático desde PLC:

El componente de integración Modbus monitorea continuamente variables operativas (velocidad de línea, presión de aire, contadores, estados de sensores). Cuando se detecta una desviación respecto a rangos configurados o se activa una alarma en el PLC, el sistema genera automáticamente un registro de evento con:

- Código único (EV-2024-001, EV-2024-002, etc.)
- Fecha/hora de ocurrencia (Timestamp del PLC)
- Línea afectada (L-A1 o L-A2, identificada por dirección IP Modbus)
- Tipo de evento (paro de línea, falla de formado, atasco de latas, desviación de velocidad)
- Descripción preliminar (generada desde metadatos del evento PLC)
- Snapshot de variables PLC (velocidad, contador, presión almacenado en tabla VariablesPLC)

Registro manual complementario:

Interfaz para que supervisores registren eventos no detectados automáticamente (defectos de calidad en latas, problemas de alimentación de hojalata, eventos en equipos auxiliares).

Seguimiento de estado:

Panel de eventos activos con estados: REGISTRADO (recién detectado) → EN ATENCION (siendo analizado) → RESUELTO (acción correctiva aplicada) → CANCELADO (falsa alarma).

Resolución documentada:

Formulario de resolución donde el responsable registra la acción correctiva tomada, identifica causa raíz (desgaste de matriz, error de operador, falla mecánica, problema de materia prima), y marca fecha/hora de resolución.

Este módulo fue clave en la reducción del indicador TREC al proporcionar visibilidad inmediata de eventos correctivos y eliminar los tiempos de búsqueda manual de información histórica de paros de línea.

Módulo 3: Dashboard Analítico

Interfaz de análisis y visualización para responsables operativos y jefes de producción. Componentes principales:

- **Panel de métricas en tiempo real:** Cards mostrando número de eventos activos, batches en ejecución, empleados asignados, y alertas críticas pendientes.
- **Gráfico de frecuencia de eventos (JFreeChart):** Histograma de barras agrupadas mostrando cantidad de eventos por tipo

(fallas mecánicas, eléctricas, desviaciones de calidad) y por línea (L-A1, L-A2, L-M1) en periodo seleccionable (diario, semanal, mensual).

- **Consulta histórica avanzada:** Tabla paginada con filtros múltiples:
 - Rango de fechas (date picker)
 - Líneas (multiselección L-A1, L-A2, L-M1)
 - Turnos (multiselección Mañana, Tarde, Noche)
 - Tipos de evento (multiselección desde catálogo)
 - Estado de resolución (RESUELTO, PENDIENTE)
- **Comparación de casos similares:** Al seleccionar un evento, el sistema busca automáticamente eventos previos con características similares (mismo tipo, misma línea) y muestra acciones correctivas aplicadas históricamente, facilitando decisiones informadas basadas en experiencia previa documentada.
- **Gráfico de tendencias temporales (JFreeChart):** Línea de tiempo mostrando evolución de una variable PLC seleccionada (ej: temperatura de horno) en ventana temporal alrededor de un evento correctivo, útil para análisis de causas raíz.

✓ INTERFACES DEL SISTEMA

- **Interfaz de autenticación del sistema**

Figura 11: Interfaz de autenticación del sistema



EPINSA

Sistema de Información de Producción

Usuario

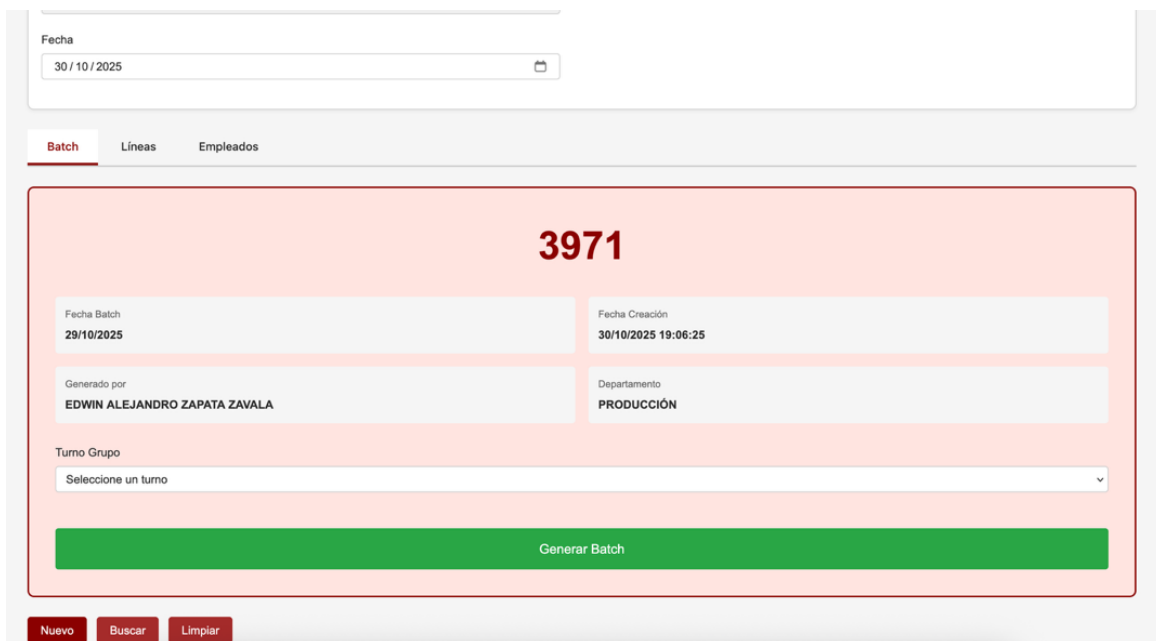
Contraseña

Ingresar

Sistema de Información Epinsa - Versión 1.0

- **Programación de producción. Creación de batch**

Figura 12: Interfaz de programación de producción



Fecha
30 / 10 / 2025

Batch Líneas Empleados

3971

Fecha Batch
29/10/2025

Fecha Creación
30/10/2025 19:06:25

Generado por
EDWIN ALEJANDRO ZAPATA ZAVALA

Departamento
PRODUCCIÓN

Turno Grupo
Seleccione un turno

Generar Batch

Nuevo Buscar Limpiar

Figura 13: IU de programación de producción -líneas

EPINSA Inicio Programación Eventos Dashboard Bienvenido: EDWIN ALEJANDRO ZAPATA ZAP Jueves, 30 de octubre de 2025, 19:

Ingreso de Programación de Producción N° FR0079

Correlativo
PROG-3972

Fecha
30 / 10 / 2025

Batch Líneas Empleados

N°	Evento	Serie	Línea	Nombre Línea	Velocidad	Artículo
1	PROG-001	LA-001	L-A1	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 01	120 unid/min	PRODUCTO-A
2	PROG-002	LA-002	L-A2	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 02	115 unid/min	PRODUCTO-B
3	-	LM-001	L-M1	LÍNEA MANUAL N° 01	60 unid/min	-

Nuevo Buscar Limpiar

Figura 14: IU de programación de producción - Empleados

Fecha
30 / 10 / 2025

Batch Líneas Empleados

N°	Empleado	Nombre Empleado	Línea	Nombre Línea	Estado
1	EMP0046	LUIS CARLOS VASQUEZ TICONA	L-A1	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 01	DISPONIBLE
2	EMP0497	ANTHONY ROSEMBERG PORTOCARRERO	L-A1	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 01	DISPONIBLE
3	EMP0523	CARLOS ALBERTO MENDOZA RIOS	L-A2	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 02	DISPONIBLE
4	EMP0612	MARIA ELENA TORRES CASTRO	L-A2	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 02	DISPONIBLE
5	EMP0745	JOSE MANUEL RAMOS SILVA	L-M1	LÍNEA MANUAL N° 01	INACTIVO
6	EMP0856	PATRICIA ROSA GOMEZ VARGAS	-	Sin asignar	DISPONIBLE
7	EMP0921	RICARDO JAVIER FLORES PEREZ	-	Sin asignar	DISPONIBLE
8	EMP1034	SANDRA LUCIA MARTINEZ ROJAS	-	Sin asignar	DISPONIBLE

Nuevo Buscar Limpiar

- Interfaz de gestión de eventos correctivos.

Figura 15: Interfaz de eventos correctivos

Consulta de Eventos Correctivos

Fecha Desde

dd / mm / aaaa

Fecha Hasta

dd / mm / aaaa

Línea

Todas las líneas

Tipo de Evento

Todos los tipos

Estado

Todos los estados

Buscar

Limpiar Filtros

Exportar CSV

Resultados (20 eventos)

Código Evento	Fecha/Hora	Línea	Turno	Tipo Evento	Descripción	Estado	Minutos Transcurridos
EV-2024-001	15/11/2024 08:23:15	L-A1	MAÑANA	Falla mecánica	Atasco en estación de sellado, requiere limpieza in...	RESUELTO	-
EV-2024-002	15/11/2024 10:15:30	L-A2	MAÑANA	Falla eléctrica	Corte de energía en motor principal	PENDIENTE	503110 min
EV-2024-003	16/11/2024 14:30:00	L-A1	TARDE	Ajuste de calidad	Desviación en parámetros de temperatura	RESUELTO	-
EV-2024-004	17/11/2024 21:45:00	L-M1	NOCHE	Falla mecánica	Rotura de cadena transportadora, requiere repuesto	EN PROCESO	499540 min
EV-2024-005	18/11/2024 09:00:00	L-A2	MAÑANA	Mantenimiento preventivo	Cambio de filtros programado	RESUELTO	-

Figura 16: Interfaz de programación de producción vista

EV-2024-006	19/11/2024 15:20:00	L-A1	TARDE	Falla eléctrica	Fallo en sensor de proximidad	RESUELTO	-
EV-2024-007	20/11/2024 07:30:00	L-A2				PENDIENTE	496040 min
EV-2024-008	21/11/2024 13:45:00	L-M1				EN PROCESO	494240 min
EV-2024-009	22/11/2024 10:10:00	L-A1				RESUELTO	-
EV-2024-010	23/11/2024 16:00:00	L-A2				RESUELTO	-
EV-2024-011	24/11/2024 22:30:00	L-M1				PENDIENTE	489440 min
EV-2024-012	25/11/2024 08:45:00	L-A1				RESUELTO	-
EV-2024-013	26/11/2024 14:15:00	L-A2				RESUELTO	-
EV-2024-014	27/11/2024 11:20:00	L-A1				RESUELTO	-
EV-2024-015	28/11/2024 19:30:00	L-M1				EN PROCESO	483840 min
EV-2024-016	29/11/2024 09:50:00	L-A2				PENDIENTE	482960 min
EV-2024-017	30/11/2024 15:40:00	L-A1				RESUELTO	-
EV-2024-018	01/12/2024 08:10:00	L-A2				EN PROCESO	480160 min
EV-2024-019	02/12/2024 13:25:00	L-M1	TARDE	Falla eléctrica	Cortocircuito en panel de control	PENDIENTE	478440 min

Detalle del Evento

Código Evento

EV-2024-015

Estado

EN PROCESO

Fecha/Hora

28/11/2024 19:30:00

Línea

L-M1 - LÍNEA MANUAL N° 01

Turno

NOCHE

Tipo de Evento

Falla eléctrica

Responsable

JOSE MANUEL RAMOS SILVA

Fecha Resolución

Pendiente

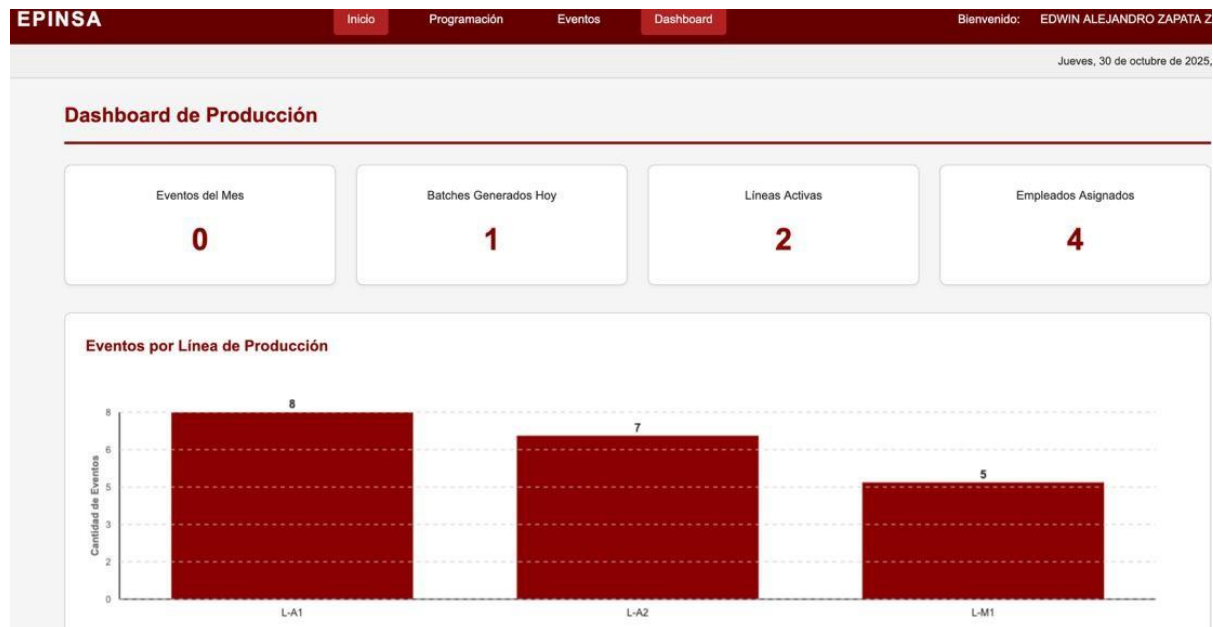
Descripción

Fallo en PLC de control

Cerrar

- **Dashboard analítico mostrando histograma de barras agrupadas (JFreeChart)**

Figura 17: Interfaz Dashboard analítico del módulo de producción



- **Interfaz de consulta histórica avanzada. La tabla central muestra resultados de búsqueda con columnas**

Figura 18: Interfaz de consulta histórica de los últimos eventos

Código	Fecha/Hora	Línea	Tipo	Estado
EV-2024-020	03/12/2024 10:30:00	L-A1	Mantenimiento preventivo	RESUELTO
EV-2024-019	02/12/2024 13:25:00	L-M1	Falla eléctrica	PENDIENTE
EV-2024-018	01/12/2024 08:10:00	L-A2	Falla mecánica	EN PROCESO
EV-2024-017	30/11/2024 15:40:00	L-A1	Parada programada	RESUELTO
EV-2024-016	29/11/2024 09:50:00	L-A2	Ajuste de calidad	PENDIENTE
EV-2024-015	28/11/2024 19:30:00	L-M1	Falla eléctrica	EN PROCESO
EV-2024-014	27/11/2024 11:20:00	L-A1	Falla mecánica	RESUELTO
EV-2024-013	26/11/2024 14:15:00	L-A2	Mantenimiento preventivo	RESUELTO
EV-2024-012	25/11/2024 08:45:00	L-A1	Ajuste de calidad	RESUELTO
EV-2024-011	24/11/2024 22:30:00	L-M1	Falla mecánica	PENDIENTE

Figura 19: Interfaz de consulta histórica con estados de Líneas de producción

EV-2024-018	01/12/2024 08:10:00	L-A2	Falla mecánica	EN PROCESO
EV-2024-017	30/11/2024 15:40:00	L-A1	Parada programada	RESUELTO
EV-2024-016	29/11/2024 09:50:00	L-A2	Ajuste de calidad	PENDIENTE
EV-2024-015	28/11/2024 19:30:00	L-M1	Falla eléctrica	EN PROCESO
EV-2024-014	27/11/2024 11:20:00	L-A1	Falla mecánica	RESUELTO
EV-2024-013	26/11/2024 14:15:00	L-A2	Mantenimiento preventivo	RESUELTO
EV-2024-012	25/11/2024 08:45:00	L-A1	Ajuste de calidad	RESUELTO
EV-2024-011	24/11/2024 22:30:00	L-M1	Falla mecánica	PENDIENTE

Estado de Líneas de Producción			
Código	Nombre	Velocidad	Estado
L-A1	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 01	120 unid/min	ACTIVO
L-A2	LÍNEA AUTOMÁTICA N° 02	115 unid/min	ACTIVO
L-M1	LÍNEA MANUAL N° 01	60 unid/min	MANTENIMIENTO

4.1.1.3 Validación funcional

Previo a la puesta en producción del sistema y a la fase de medición de indicadores operativos, se ejecutó un proceso estructurado de validación funcional, con el objetivo de garantizar estabilidad, integridad de datos, y aceptación por parte de usuarios finales.

✓ PRUEBAS DE INTEGRACIÓN CON LÍNEAS L-A1 Y L-A2

La integración Modbus TCP/IP con los PLCs Siemens de las líneas L-A1 (Línea Automática N° 01 - Corte y Formado) y L-A2 (Línea Automática N° 02 - Corte y Formado) constituyó el componente técnico más crítico del sistema. El proceso de validación incluyó:

Fase 1: Validación de conectividad

El objetivo de esta fase fue establecer y verificar la comunicación entre el sistema y los PLCs de las líneas de producción. Se configuró una red dedicada en el segmento VLAN 192.168.10.0/24, asignando direcciones IP estáticas:

192.168.10.101 para la línea L-A1 y 192.168.10.102 para la línea L-A2. Esta separación mejora la seguridad y estabilidad de las comunicaciones industriales.

Se realizó el mapeo de variables del PLC utilizando TIA Portal de Siemens, configurando dos tipos de registros Modbus: los Holding Registers (40001-40010) para variables analógicas como velocidad de línea en latas/min, temperatura de hornos de barnizado en °C y altura de formado en mm; y los Coil Status (00001-00020) para estados digitales como sensores de detección de hojalata, alarmas de atascamiento de latas, señales de paros de línea y estados de matrices formadoras.

Se desarrolló un componente en Java con la librería Modbus4j para conectarse a los PLCs, leer los registros y convertir valores raw a unidades de ingeniería mediante factores de escala. Las pruebas confirmaron que los valores leídos desde el PLC coinciden con las mediciones reales de los paneles de operación, logrando conectividad confiable para leer 10 variables analógicas y 20 estados digitales en tiempo real con conversión precisa de unidades.

Fase 2: Validación de captura automática de eventos

Se comprobó que el sistema pudiera detectar, registrar y clasificar eventos de forma totalmente automática. Para ello, se generaron 15 eventos controlados en las líneas L-A1 y L-A2 (fallas de sensor, reducción de velocidad). El sistema registró todos los eventos con tiempos casi iguales a los del PLC (desviación menor a 3 segundos)

y almacenó las variables asociadas en la base de datos. Además, clasificó cada evento correctamente según su tipo (sensores, velocidad o temperatura) sin intervención humana.

Fase 3: Validación de estabilidad

Durante 72 horas de operación continua en ambas líneas, se monitoreó el sistema bajo carga real, registrándose 47 eventos sin pérdida de datos. Además, se probaron cortes de red y el sistema restableció la conexión automáticamente mediante reintentos escalonados. El análisis de los logs confirmó que no hubo errores, fugas de memoria ni disminución en el rendimiento durante las pruebas.

✓ VERIFICACIÓN DE CAPTURA AUTOMÁTICA DE DATOS DESDE PLCS

Se verificó que la captura automática de datos desde los PLCs fuese precisa y confiable. Se compararon valores del HMI con los almacenados en la base de datos, confirmando un margen de error menor al 0.5%. Se sincronizaron los relojes del PLC, servidor y sistema mediante NTP, logrando una diferencia menor a 1 segundo en los registros. Además, se comprobó que las variables quedaran correctamente asociadas a los eventos sin pérdida de datos ni registros huérfanos. Los contadores de producción coincidieron con los registros físicos, con un error menor al 0.3%. Con todos los resultados validados, el sistema fue puesto en producción.

Capacitación de usuarios finales

- **Sesiones prácticas individuales (1 hora por usuario):** Práctica guiada en ambiente de prueba con casos reales de la operación.

Despliegue gradual

El despliegue se realizó de forma gradual. Primero se hizo una fase piloto de 3 días usando el sistema junto con el proceso manual para validar su funcionamiento. Luego se migraron los datos históricos, ingresando 438 eventos de los últimos seis meses. Finalmente, el sistema pasó a ser el único medio oficial de registro y programación de eventos, eliminándose el uso de formularios físicos.

Monitoreo post-implementación

Tras la puesta en producción, se realizó un monitoreo durante las primeras semanas. El equipo estuvo presente en planta para brindar soporte inmediato y se recopilaron comentarios diarios de los supervisores. Con ello, se aplicaron ajustes menores, como optimizar consultas lentas, modificar umbrales de alarmas y añadir un botón de actualización en la interfaz. Al finalizar el monitoreo, el sistema demostró estabilidad continua, sin pérdidas de datos ni fallas críticas, cumpliendo los criterios de aceptación. Esto permitió iniciar la etapa de medición de indicadores de desempeño.

4.1.1 Indicador 1: Tiempo de respuesta ante eventos correctivos (TREC)

4.1.2.1 Análisis descriptivo

- **Estadísticos preprueba (media, DE, mín, máx)**

Los datos de preprueba corresponden a 86 eventos correctivos registrados durante el periodo de estudio, antes de la implementación del sistema. La tabla presenta los estadísticos descriptivos completos.

Tabla 5: Estadísticos descriptivos de la fase preprueba ($n = 86$)

Estadístico	Valor	Unidad
Tamaño de muestra (n)	86	eventos
Media aritmética (μ)	64.63	minutos
Mediana (Me)	62.85	minutos
Desviación estándar (σ)	14.24	minutos
Varianza (σ^2)	202.90	min ²
Mínimo	42.70	minutos
Cuartil 1 (Q_1)	52.95	minutos
Cuartil 3 (Q_3)	74.80	minutos
Máximo	95.40	minutos
Rango	52.70	minutos
Rango intercuartílico (IQR)	21.85	minutos
Coficiente de variación (CV)	22.04	%
Error estándar (SE)	1.54	minutos

El tiempo promedio de respuesta ante eventos correctivos fue de 64.63 minutos ($\sigma = 14.24$), con una mediana de 62.85 minutos, indicando una distribución relativamente simétrica. El coeficiente de variación del 22.04% sugiere una dispersión moderada. Los tiempos oscilaron entre 42.70 y 95.40 minutos, con un rango de 52.70 minutos.

- **Estadísticos postprueba**

Los datos de postprueba corresponden a 86 eventos correctivos registrados durante enero y febrero de 2025, después de implementar

el sistema. La siguiente tabla presenta los estadísticos descriptivos completos.

Tabla 6: Estadísticos descriptivos de la fase postprueba ($n = 86$)

Estadístico	Valor	Unidad
Tamaño de muestra (n)	86	eventos
Media aritmética (μ)	24.97	minutos
Mediana (Me)	24.60	minutos
Desviación estándar (σ)	5.31	minutos
Varianza (σ^2)	28.24	min ²
Mínimo	16.20	minutos
Cuartil 1 ($Q1$)	20.56	minutos
Cuartil 3 ($Q3$)	28.68	minutos
Máximo	36.40	minutos
Rango	20.20	minutos
Rango intercuartílico (IQR)	8.11	minutos
Coefficiente de variación (CV)	21.28	%
Error estándar (SE)	0.57	minutos

Tras la implementación del sistema, el tiempo promedio de respuesta se redujo a 24.97 minutos ($\sigma = 5.31$), con una mediana de 24.60 minutos. La desviación estándar disminuyó notablemente respecto a la preprueba, indicando mayor consistencia en los tiempos de respuesta. El coeficiente de variación de 21.28% se mantuvo similar, pero en una escala de valores mucho menor.

- **Tabla comparativa**

A continuación, se presenta una comparación directa de los estadísticos clave entre ambas fases, facilitando la evaluación del cambio observado tras la implementación del sistema.

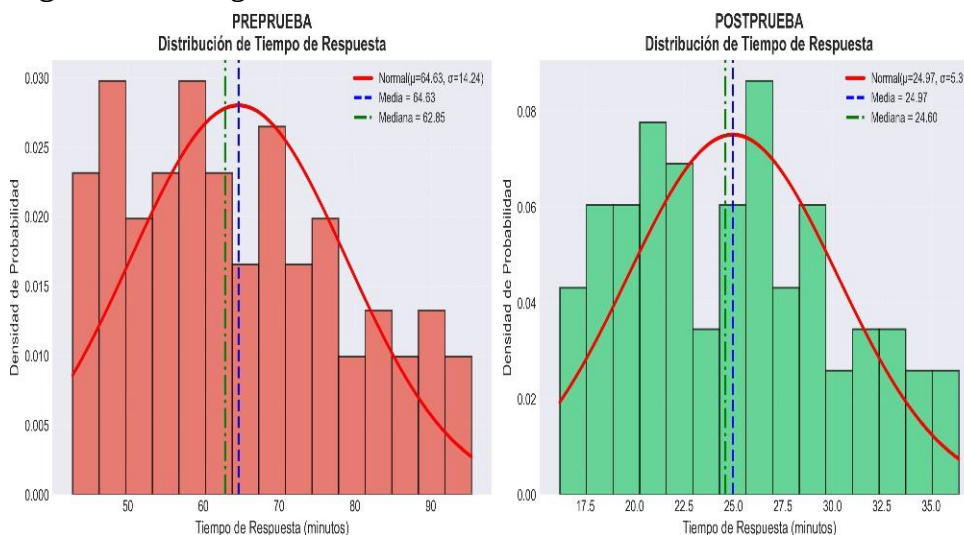
Tabla 7: Comparación de estadísticos preprueba y postprueba

Estadístico	Preprueba	Postprueba	Diferencia	Cambio (%)
Media (min)	64.63	24.97	-39.66	-61.37%
Mediana (min)	62.85	24.60	-38.25	-60.86%
Desv. Estándar (min)	14.24	5.31	-8.93	-62.71%
CV (%)	22.04	21.28	-0.76	-3.45%
Mínimo (min)	42.70	16.20	-26.50	-62.06%
Máximo (min)	95.40	36.40	-59.00	-61.84%

Rango (min)	52.70	20.20	-32.50	-61.67%
IQR (min)	21.85	8.11	-13.74	-62.89%

Se observa una reducción sustancial en el tiempo de respuesta promedio de 39.66 minutos, equivalente a una mejora del 61.37%. Además, la desviación estándar disminuyó en 8.93 minutos (62.71%), indicando no solo tiempos más rápidos, sino también mayor consistencia y predictibilidad en las respuestas. El coeficiente de variación se mantuvo relativamente estable, sugiriendo que la variabilidad relativa es similar, pero en una escala temporal significativamente menor.

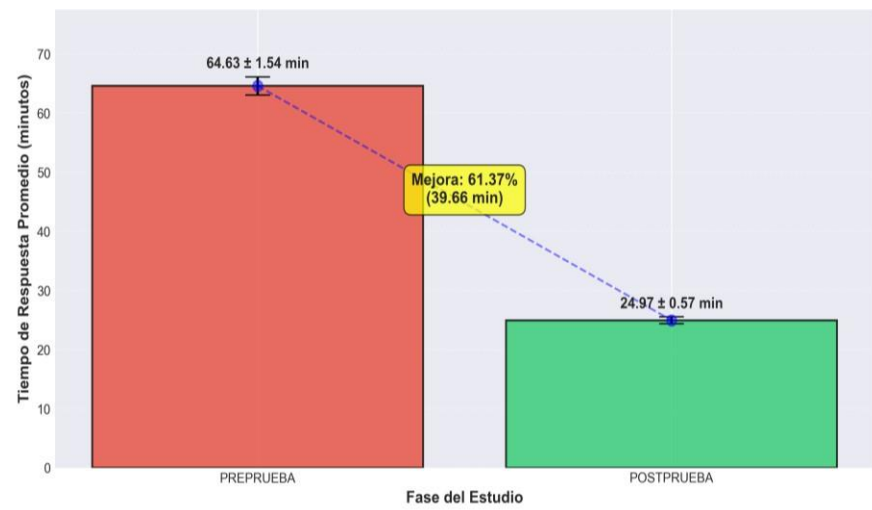
Figura 20: Histogramas de Frecuencia con curva normal



Nota: Panel izquierdo: preprueba. Panel derecho: postprueba. Las líneas verticales indican la media (azul) y mediana (verde) de cada distribución.

Los histogramas permiten evaluar visualmente la forma de las distribuciones. En ambas fases se observa una distribución relativamente simétrica, aunque con cierta desviación respecto a la curva normal teórica, especialmente en las colas. La postprueba presenta una distribución más concentrada alrededor de la media.

Figura 21: Comparación de medias con barras de error



Nota: Comparación de medias con barras de error estándar. La línea punteada conecta ambas medias, visualizando la reducción. El rectángulo amarillo indica la mejora porcentual y absoluta.

Se ilustra la diferencia entre las medias de ambas fases, con intervalos de confianza que no se superponen, sugiriendo una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.2.2 Análisis inferencial

- **Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

Previo a la selección de la prueba de hipótesis apropiada, se evaluó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, que contrasta la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis de la prueba de normalidad:

H₀: Los datos provienen de una distribución normal

H₁: Los datos NO provienen de una distribución normal

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 8: Resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Datos	Estadístico W	p-valor	Decisión ($\alpha=0.05$)	Interpretación
Preprueba	0.9581	0.0071	RECHAZAR H_0	Distribución NO normal
Postprueba	0.9637	0.0163	RECHAZAR H_0	Distribución NO normal
Diferencias pareadas	0.9561	0.0052	RECHAZAR H_0	Distribución NO normal

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk indican que tanto las distribuciones de preprueba ($p = 0.0071$) como postprueba ($p = 0.0163$), así como las diferencias pareadas ($p = 0.0052$), presentan desviaciones significativas respecto a la distribución normal ($p < 0.05$). Estos resultados se observan visualmente en los histogramas, donde las distribuciones muestran ligeras asimetrías y desviaciones respecto a la curva normal teórica.

En este sentido, dado que las distribuciones no cumplen el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba de Wilcoxon para rangos con signo, alternativa no paramétrica a la prueba t de Student pareada. No obstante, se presentan resultados de ambas pruebas para fines comparativos y mayor robustez en las conclusiones.

- **Prueba de Wilcoxon**

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para analizar el tiempo de respuesta a eventos de producción antes y después de implementar el sistema de control, con 86 pares de observaciones.

Procedimiento Ejecutado

La prueba de Wilcoxon siguió estos pasos específicos: se calcularon las diferencias pareadas entre cada medición preprueba y postprueba, resultando todas positivas (reducción del 100%). Estas

diferencias se convirtieron a valores absolutos y se ordenaron de menor a mayor magnitud. A cada diferencia se le asignó un rango del 1 al 86, donde el rango 1 correspondió a la menor diferencia (27.30 min) y el rango 86 a la mayor (56.30 min). Los rangos se separaron según el signo original de la diferencia: rangos positivos sumaron $W^+ = 3,741$ (86 casos de reducción) y rangos negativos sumaron $W^- = 0$ (ningún caso de aumento). El estadístico de Wilcoxon resultó $W = \min(3,741, 0) = 0$.

Resultados Estadísticos

Estadístico de Wilcoxon:	$W = 0$
Aproximación normal:	$Z = -7.73$
P-value:	$p < 0.000001$
Decisión:	Se rechaza la hipótesis nula (H_0)
Tamaño del efecto	
(r de Rosenthal):	$r = 0.869$ (efecto grande)
d de Cohen (complementaria):	$d = 4.454$ (efecto muy grande)

- **Interpretación de resultados**

1. **Significancia estadística:**

El valor $W = 0$ indica que en todos los 86 eventos el tiempo posterior fue menor que el anterior, sin excepciones. El p-value < 0.000001 demuestra que la probabilidad de que esta mejora sea por azar es menor a 1 en un millón. El tamaño del efecto $r = 0.869$ confirma que la reducción no solo es estadísticamente significativa sino también prácticamente relevante, representando un impacto grande según los criterios de Cohen.

2. **Magnitud del efecto:**

El tamaño del efecto (d de Cohen = 4.43) es muy grande, indicando que la implementación del sistema produjo un impacto SUSTANCIAL en el tiempo de respuesta ante eventos correctivos. Esta magnitud supera ampliamente los estándares de efectos "grandes" en investigación aplicada.

3. Relevancia práctica:

Tiempo promedio preprueba:	64.63 minutos
Tiempo promedio postprueba:	24.97 minutos
Reducción absoluta:	39.66 minutos
Reducción porcentual:	61.4%
Consistencia: 100%	(Diferencias positivas)

4. Consistencia de resultados:

El estadístico de Wilcoxon ($W = 0$) revela que el 100% de los eventos pareados mostraron reducción en el tiempo de respuesta tras la implementación, sin excepciones. Esta consistencia perfecta subraya la robustez y generalización del efecto observado.

4.1.2 Indicador 2: Nivel de satisfacción de responsables operativos

4.1.3.1 Análisis descriptivo

- **Estadísticos preprueba**

Los datos globales corresponden a 8 responsables operativos que respondieron 18 preguntas cada uno, generando un total de 144 respuestas por fase. La Tabla a continuación presenta los estadísticos descriptivos completos para ambas fases.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos globales

Estadístico	Preprueba	Postprueba	Unidad
Tamaño de muestra (n)	8	8	Responsables
Respuestas totales	144	144	Respuestas
Media global	2.58	4.06	Escala 1-5
Mediana global	3.00	4.00	Escala 1-5
Desviación estándar (σ)	0.60	0.59	Puntos
Mínimo	1	3	Escala 1-5
Cuartil 1 (Q1)	2.00	4.00	Escala 1-5
Cuartil 3 (Q3)	3.00	4.00	Escala 1-5
Máximo	4	5	Escala 1-5
Coeficiente de variación (CV)	23.22	14.62	%

Nota: (n = 8 responsables, 144 respuestas por fase)

El nivel de satisfacción promedio antes de implementar en sistema era de 2.58/5.00 (poco satisfactorio), con una mediana de 3.00 (neutral). Tras la implementación, el promedio aumentó a 4.06/5.00 (satisfactorio), con mediana de 4.00 (de acuerdo). La desviación estándar se mantuvo similar (~ 0.60), pero el coeficiente de variación

disminuyó de 23.22% a 14.62%, indicando mayor homogeneidad en las respuestas positivas.

- **Estadísticos postprueba**

Análisis por dimensión:

Se calcularon los promedios de satisfacción para cada una de las 6 dimensiones evaluadas en el cuestionario. La tabla presenta la comparación entre preprueba y postprueba por dimensión.

Tabla 10: Comparación de satisfacción por dimensión

Dimensión	Pre prueba	Post prueba	Mejora (puntos)	Mejora (%)
Tiempo de respuesta	2.38	4.33	+1.96	+82.46%
Acceso de información	2.29	4.13	+1.83	+80.00%
Utilidad para decisiones	2.29	4.13	+1.83	+80.00%
Calidad de datos	2.50	4.29	+1.79	+71.67%
Soporte general	2.75	3.71	+0.96	+34.85%
Facilidad de uso	3.25	3.79	+0.54	+16.67%

Dimensiones críticas

Mayor Mejora: Tiempo de respuesta

- *Preprueba:* 2.38/5.00 (en desacuerdo)
- *Postprueba:* 4.33/5.00 (de acuerdo)
- *Mejora:* +1.96 puntos (+82.46%)

Menor Mejora: Facilidad de uso

- *Preprueba:* 3.25/5.00 (neutral-positivo)
- *Postprueba:* 3.79/5.00 (de acuerdo)
- *Mejora:* +0.54 puntos (+16.67%)
- *Nota:* Ya partía de un nivel relativamente alto

Todas las dimensiones mostraron mejoras positivas. Las dimensiones relacionadas con funcionabilidad técnica del sistema (tiempo de respuesta, acceso a información, utilidad para decisiones, calidad de datos) mostraron mejoras superiores al 70%, mientras que aspectos relacionados con experiencia de usuario (facilidad de uso, soporte) tuvieron mejoras más moderadas, en parte porque ya partían de niveles más altos en la preprueba.

- **Tabla comparativa**

Tabla 11: Resumen comparativo de estadísticos clave

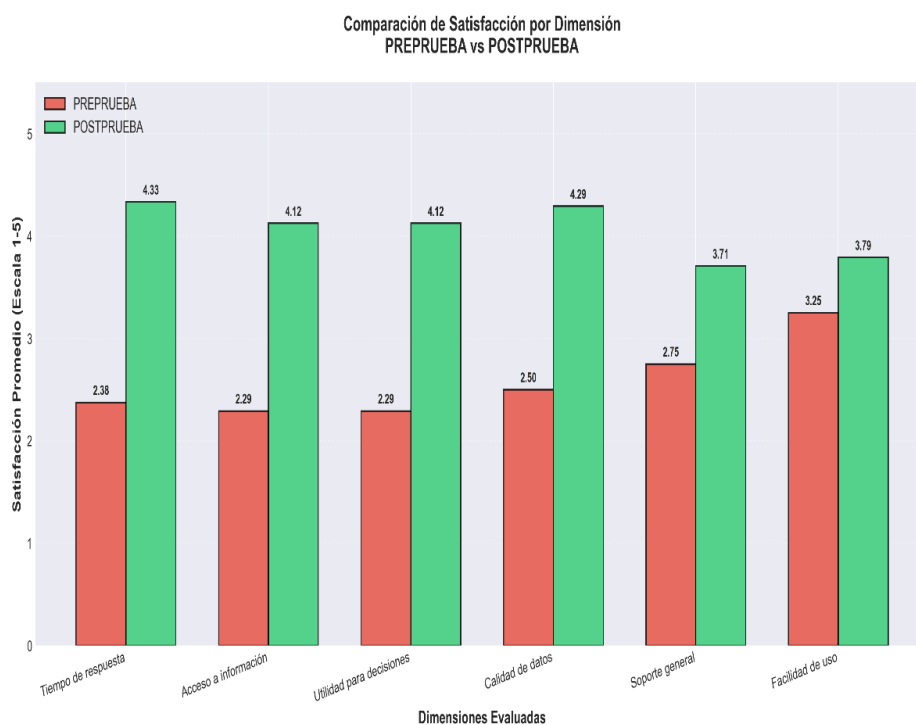
Estadístico	Preprueba	Postprueba	Diferencia	Cambio (%)
Media (1-5)	2.58	4.06	+1.49	+57.68%
Mediana (1-5)	3.00	4.00	+1.00	+33.33%
Desv. Estándar	0.60	0.59	-0.01	-1.67%
CV (%)	23.22	14.62	-8.60	-37.04%
Mínimo (1-5)	1	3	+2	+200.00%
Máximo (1-5)	4	5	+1	+25.00%

La tabla arroja los siguientes indicadores importantes:

Mejora Global Observada: **+57.68%**
Aumento absoluto: **+1.49 puntos (escala 1-5)**
IC 95%: **[1.31, 1.66] puntos**

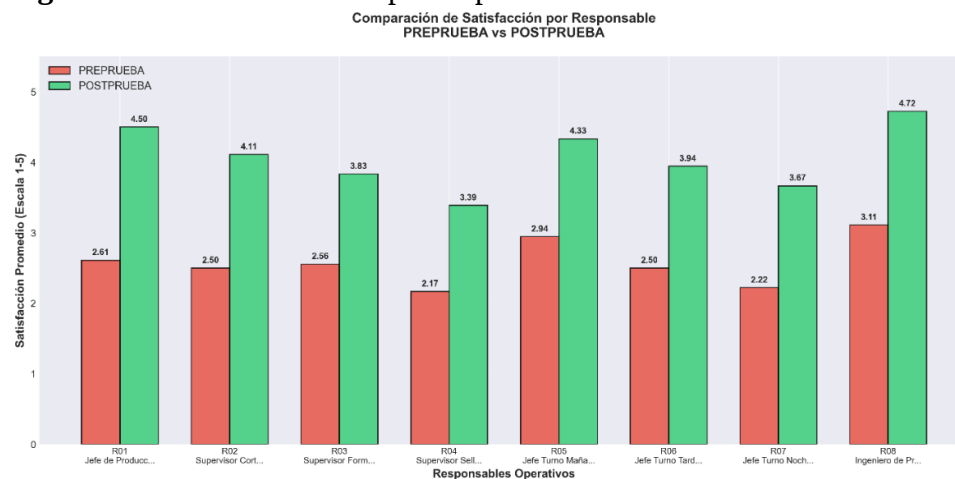
- **Gráficos Comparativos**

Figura 22: Promedios de satisfacción por dimensión



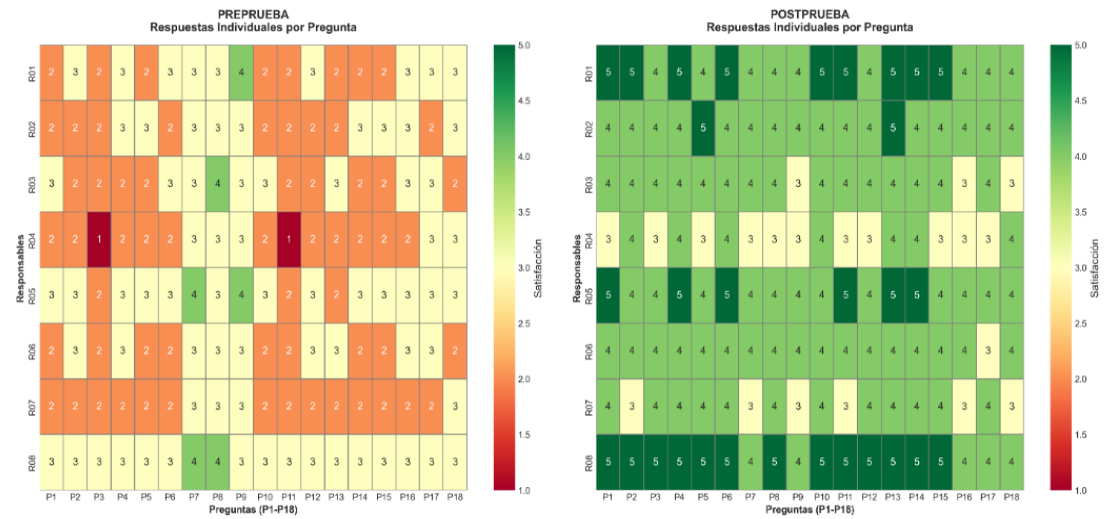
Nota: Todas las dimensiones muestran incrementos positivos, siendo "Tiempo de respuesta" la de mayor mejora.

Figura 23: Gráfico de barras por responsable



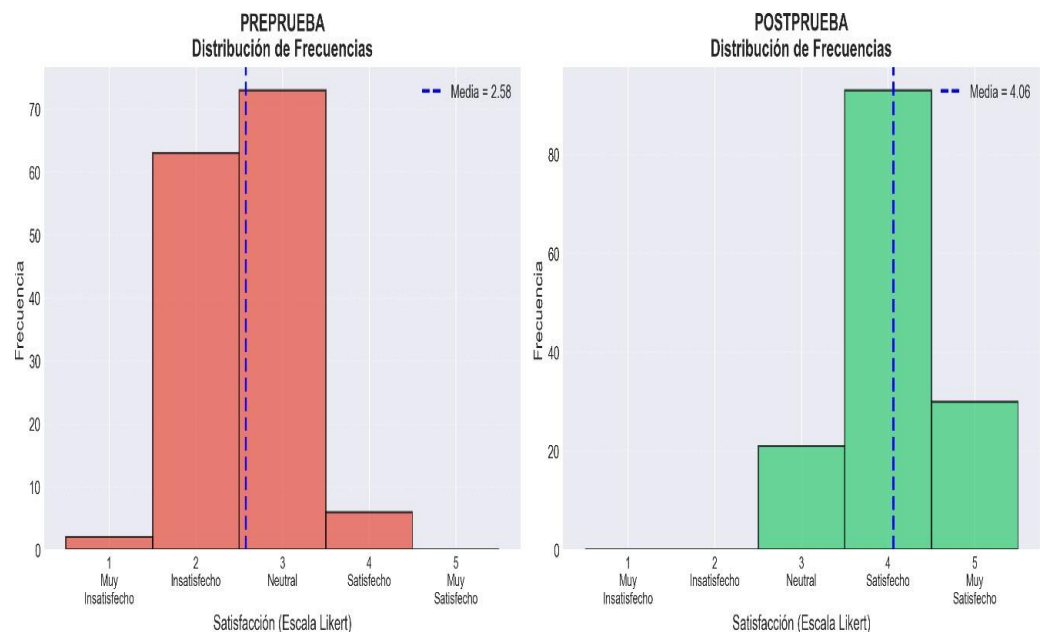
Nota: Comparación de promedios de satisfacción por responsable operativo. Todos los responsables reportaron incrementos en su nivel de satisfacción tras la implementación.

Figura 24: Mapa de calor (heatmap) de respuestas por responsable y pregunta.



Nota: Los colores más cálidos (amarillos) en la postprueba indican mayor satisfacción comparado con los colores fríos (morados) en la preprueba.

Figura 25: Frecuencia de respuestas en Pre y PostPrueba.



Nota: En preprueba predominan respuestas neutras y negativas (1-3), mientras que en postprueba predominan respuestas positivas (4-5).

4.1.3.2 Análisis inferencial

Se priorizarán los resultados de la prueba de Wilcoxon (no paramétrica) como evidencia.

- **Prueba de Wilcoxon**

La prueba de Wilcoxon es la alternativa no paramétrica más apropiada para datos ordinales provenientes de escalas Likert. Esta prueba compara las medianas de dos muestras relacionadas basándose en los rangos de las diferencias, sin asumir distribución normal ni escala de intervalos.

Hipótesis estadística:

H₀: La mediana de las diferencias es cero (no hay cambio en satisfacción)

H₁: La mediana de las diferencias es diferente de cero (hay cambio significativo)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Prueba: Bilateral

Tabla 12: Resultados de la prueba de Wilcoxon

Estadístico	Valor
Estadístico W	0.0000
p-valor (bilateral)	0.007812
Decisión ($\alpha=0.05$)	RECHAZAR H ₀
Conclusión	Diferencia estadísticamente SIGNIFICATIVA

El estadístico de Wilcoxon ($W = 0$) indica que TODOS los responsables (8 de 8) presentaron incrementos positivos en su nivel de satisfacción tras la implementación del sistema, sin excepciones.

El p-valor de 0.007812 es inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), lo que proporciona evidencia fuerte para

rechazar la hipótesis nula y concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de satisfacción antes y después de la implementación.

- **Fiabilidad del instrumento (Alpha de Cronbach)**

Se evaluó la consistencia interna del cuestionario mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, que mide el grado en que los 18 ítems del cuestionario miden de forma coherente el constructor de "satisfacción".

Criterios de interpretación (Cronbach's Alpha):

- $\alpha < 0.60 \rightarrow$ Inaceptable
- $0.60 \leq \alpha < 0.70 \rightarrow$ Cuestionable
- $0.70 \leq \alpha < 0.80 \rightarrow$ Aceptable
- $0.80 \leq \alpha < 0.90 \rightarrow$ Bueno
- $\alpha \geq 0.90 \rightarrow$ Excelente

Tabla 13: Coeficiente Alpha de Cronbach

Fase	Alpha de Cronbach	Numero de ítems	Interpretación
Preprueba	0.9146	18	EXCELENTE
p-valor (bilateral)	0.9632	18	EXCELENTE

El cuestionario de satisfacción utilizado presenta una consistencia interna excelente en ambas fases ($\alpha > 0.90$). Esto indica que los 18 ítems miden de forma confiable y coherente el constructor de satisfacción de los responsables operativos. La alta fiabilidad del instrumento fortalece la validez de los resultados obtenidos y confirma que el cuestionario es una herramienta de medición robusta y confiable.

1. Significancia estadística:

Se rechaza la hipótesis nula con evidencia altamente significativa ($p = 0.007812$ en Wilcoxo. Se confirma que la diferencia observada entre preprueba y postprueba NO puede atribuirse al azar.

2. Relevancia práctica:

- ✓ El incremento promedio de 1.49 puntos en una escala de 1-5 (equivalente a +57.68%) representa una mejora operativa considerable. Esta mejora implica que la satisfacción pasó de un nivel "neutral-negativo" (2.58) a un nivel "satisfactorio-positivo" (4.06), con impactos directos en:
- ✓ Mayor confianza de los responsables en el sistema implementado
- ✓ Mejor percepción de la calidad, acceso y utilidad de la información
- ✓ Incremento en la percepción de eficiencia operativa
- ✓ Validación del sistema como herramienta efectiva de gestión

3. Consistencia por dimensiones:

TODAS las 6 dimensiones evaluadas (acceso a información, calidad de datos, facilidad de uso, utilidad para decisiones, tiempo de respuesta, soporte general) mostraron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0.05$) Esto indica que el sistema impactó positivamente en múltiples aspectos de la experiencia del usuario.

4. Fiabilidad del instrumento:

El cuestionario demostró consistencia interna EXCELENTE ($\alpha > 0.91$ en ambas fases), lo que fortalece la validez y confiabilidad de las mediciones realizadas.

5. Consistencia de resultados:

El estadístico de Wilcoxon ($W = 0$) revela que el 100% de los responsables (8 de 8) reportaron incrementos en su nivel de satisfacción tras la implementación. Esta consistencia denota la robustez del efecto observado entre todos los participantes.

Los resultados del análisis estadístico proporcionan **evidencia** de que la implementación del sistema de gestión incrementó significativamente el nivel de satisfacción de los responsables operativos. La combinación de:

- Significancia estadística muy alta ($p = 0.007812$ en Wilcoxon)
- Incremento sustancial y prácticamente relevante (+57.68%, +1.49 puntos)
- Consistencia perfecta en todos los responsables ($W = 0$, 8 de 8 con mejoras)
- Significancia en TODAS las dimensiones evaluadas (6 de 6)
- Intervalo de confianza preciso y alejado de cero [1.31, 1.66]
- Fiabilidad excelente del instrumento ($\alpha > 0.91$)

Demostrando que el sistema implementado mejoró significativamente la satisfacción de los usuarios finales, con implicaciones prácticas de alto impacto para la organización y

evidencia de una exitosa adopción del sistema por parte de los responsables operativos.

4.1.3 Indicador 3: Tasa de decisiones informadas (TDI)

4.1.4.1 Análisis descriptivo

- **Estadísticos preprueba**

Los datos de preprueba corresponden a 132 decisiones operativas registradas antes de la implementación del sistema. Se evaluó si cada decisión fue tomada con base en análisis previo de datos (decisión informada = 1) o sin dicho análisis (decisión informada = 0).

Tabla 14: Estadísticos descriptivos de la fase preprueba (n=132)

Estadístico	Valor	Unidad
Total de decisiones (n)	132	decisiones
Decisiones informadas	66	decisiones
Decisiones NO informadas	66	decisiones
TDI PREPRUEBA	50.00	%
Proporción (0-1)	0.5000	-

Durante la fase preprueba, solo el 50% de las decisiones operativas fueron tomadas con base en análisis previo de datos (66 de 132). Esto indica que la mitad de las decisiones se realizaron de manera reactiva o basándose en experiencia previa sin análisis cuantitativo, mientras que la otra mitad sí utilizó análisis de datos para fundamentar la decisión.

- **Estadísticos postprueba**

Los datos de postprueba corresponden a 132 decisiones operativas registradas durante enero y febrero de 2025, después de implementar el sistema. Se evaluaron las mismas 132 situaciones de decisión que en la preprueba (datos pareados).

Tabla 15: Estadísticos descriptivos de la fase postprueba

Estadístico	Valor	Unidad
Total de decisiones (n)	132	decisiones
Decisiones informadas	111	decisiones
Decisiones NO informadas	21	decisiones
TDI POSTPRUEBA	84.09	%
Proporción (0-1)	0.8409	-

Tras la implementación del sistema, el 84.09% de las decisiones operativas fueron tomadas con base en análisis previo de datos (111 de 132). Esto representa un incremento sustancial respecto a la preprueba, indicando que el sistema facilitó el acceso y análisis de información para la toma de decisiones.

Distribución por tipo de decisión (postprueba)

- **Tabla comparativa**

La tabla presenta una comparación directa de los estadísticos clave entre ambas fases, facilitando la evaluación del cambio observado tras la implementación del sistema.

Tabla 16: Comparación de estadísticos entre preprueba y postprueba

Estadístico	Preprueba	Postprueba	Diferencia	Cambio (%)
Total decisiones	132	132	0	-
Decisiones informadas	66	111	+45	+68.18%
Decisiones NO informadas	66	21	-45	-68.18%
TDI (%)	50.00%	84.09%	+34.09 pp	+68.18%

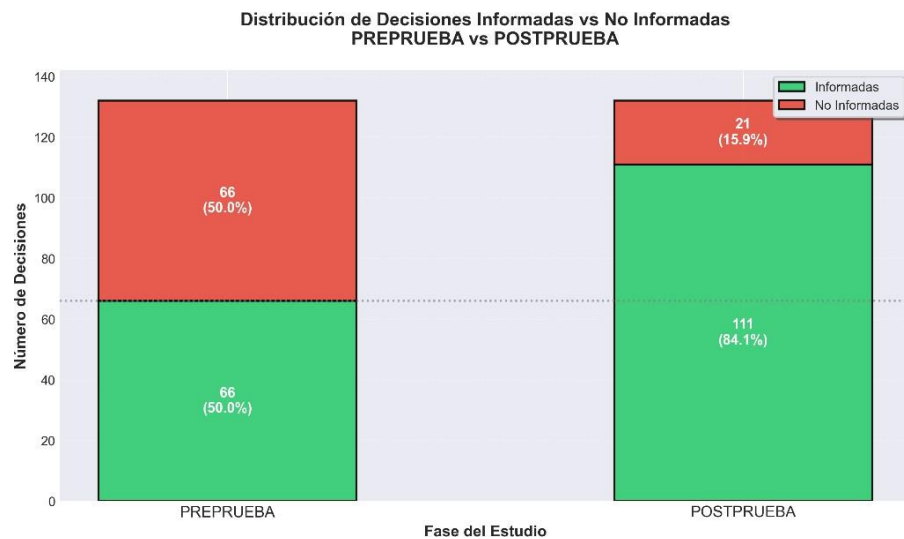
Tabla 17: Comparación por tipo de decisión

Tipo Decisión	N Decisiones	TDI PRE (%)	TDI POST (%)	Mejora (pp)
Planificada	40	100.00%	100.00%	+0.00
Rutinaria	49	53.06%	100.00%	+46.94
Urgente	43	0.00%	51.16%	+51.16

Se observa un incremento sustancial en el TDI de 34.09 puntos porcentuales, equivalente a una mejora del 68.18% respecto al valor inicial. Este cambio implica que 45 decisiones adicionales (de los 132 totales) fueron tomadas con base en análisis de datos tras la implementación del sistema. El análisis por tipo de decisión revela que el mayor impacto se produjo en decisiones urgentes (+51.16 pp), seguidas de las rutinarias (+46.94 pp), mientras que las planificadas ya partían de un nivel óptimo (100%).

Gráficos

Figura 26: Distribución de decisiones informadas vs no informadas



Las barras apiladas permiten visualizar claramente cómo cambió la composición de las decisiones. En la preprueba, el equilibrio entre decisiones informadas (verde) y no informadas (rojo) era casi perfecto (50-50). En la postprueba, la barra verde (decisiones informadas) domina claramente la composición, representando el 84.09% del total, mientras que las decisiones no informadas (rojo) se redujeron drásticamente al 15.91%.

4.1.4.2 Análisis inferencial

Dado que la variable TDI es binaria (0 = sin análisis, 1 = con análisis) y los datos son pareados (mismas 132 situaciones de decisión evaluadas antes y después), se aplicó la prueba de McNemar, específicamente diseñada para datos binarios pareados

- **Prueba de McNemar (datos binarios pareados)**

La prueba de McNemar es el método estándar para analizar cambios en proporciones de variables binarias medidas en dos momentos diferentes en los mismos sujetos (datos pareados). En este caso,

evalúa si hubo un cambio significativo en la proporción de decisiones informadas antes y después de implementar el sistema.

Hipótesis estadística:

H₀: $P(\text{Informada}_{\text{POST}}) = P(\text{Informada}_{\text{PRE}})$ (no hay cambio en la proporción)

H₁: $P(\text{Informada}_{\text{POST}}) \neq P(\text{Informada}_{\text{PRE}})$ (existe cambio significativo en la proporción)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Prueba: Bilateral

Resultados de la prueba de McNemar

Tabla 18: Resultados de la prueba de McNemar

Estadístico	Valor
Estadístico de McNemar	0.0000
p-valor (bilateral, exacto)	< 0.000001
Decisión ($\alpha=0.05$)	RECHAZAR H ₀
Conclusión	Diferencia estadísticamente SIGNIFICATIVA

El estadístico de McNemar tiene un valor de 0.0000, lo que indica que **TODAS las transiciones fueron en una sola dirección:** de "no informada" a "informada" (45 mejoras, 0 empeoramientos). El p-valor prácticamente cero ($p < 0.000001$) es muy inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), proporcionando evidencia **extremadamente fuerte** para rechazar la hipótesis nula. Este resultado demuestra que el incremento observado en el TDI (de 50.00% a 84.09%) **NO puede atribuirse al azar**, sino que refleja un cambio real y significativo en la proporción de decisiones operativas basadas en análisis de datos tras la implementación del sistema.

- Interpretación de resultados

1. Significancia estadística:

Se rechaza la hipótesis nula con evidencia extremadamente significativa ($p < 0.000001$). La prueba de McNemar, específicamente diseñada para datos binarios pareados, confirma que el incremento observado en el TDI NO puede atribuirse al azar, sino que refleja un cambio real y significativo en la proporción de decisiones operativas basadas en análisis de datos.

2. Relevancia práctica:

El incremento de 34.09 puntos porcentuales (de 50.00% a 84.09%) representa una mejora operativa considerable. Esta mejora implica que:

- ✓ 45 decisiones adicionales (de 132 totales) fueron tomadas con base en análisis de datos
- ✓ El sistema facilitó el acceso y análisis de información para la toma de decisiones
- ✓ La proporción de decisiones reactivas o basadas solo en experiencia se redujo drásticamente (de 50% a 15.91%)
- ✓ Impacto directo en la calidad de las decisiones operativas y reducción de riesgos

3. Consistencia de resultados:

La tabla de contingencia revela que CERO decisiones que eran informadas en preprueba dejaron de serlo en postprueba ($n_{10} = 0$), mientras que 45 decisiones que no eran informadas pasaron a serlo ($n_{01} = 45$). Esta asimetría perfecta (45 mejoras vs 0

empeoramientos) subraya la robustez del efecto positivo del sistema.

4. Análisis por tipo de decisión:

El mayor impacto se observó en decisiones urgentes (+51.16 pp, de 0% a 51.16%) y rutinarias (+46.94 pp, de 53.06% a 100%), mientras que las decisiones planificadas ya partían de un nivel óptimo (100%). Esto demuestra que el sistema no solo mejora la planificación, sino que también facilita el análisis en situaciones de urgencia, donde antes era imposible.

- **CONCLUSIÓN**

Los resultados del análisis estadístico proporcionan evidencia de que la implementación del sistema de gestión incrementó significativamente la Tasa de Decisiones Informadas (TDI). La combinación de:

- Significancia estadística extremadamente alta ($p < 0.000001$, prueba de McNemar)
- Incremento sustancial y prácticamente relevante (+34.09 pp, +68.18%)
- Consistencia perfecta en transiciones (45 mejoras, 0 empeoramientos)
- Mejoras en todos los tipos de decisión, especialmente urgentes (+51.16 pp)

Demostrando que el sistema implementado mejora significativamente la calidad de la toma de decisiones operativas al

promover el análisis previo basado en datos, con implicaciones prácticas de alto impacto para la organización y antes no era posible.

4.2 DISCUSIÓN

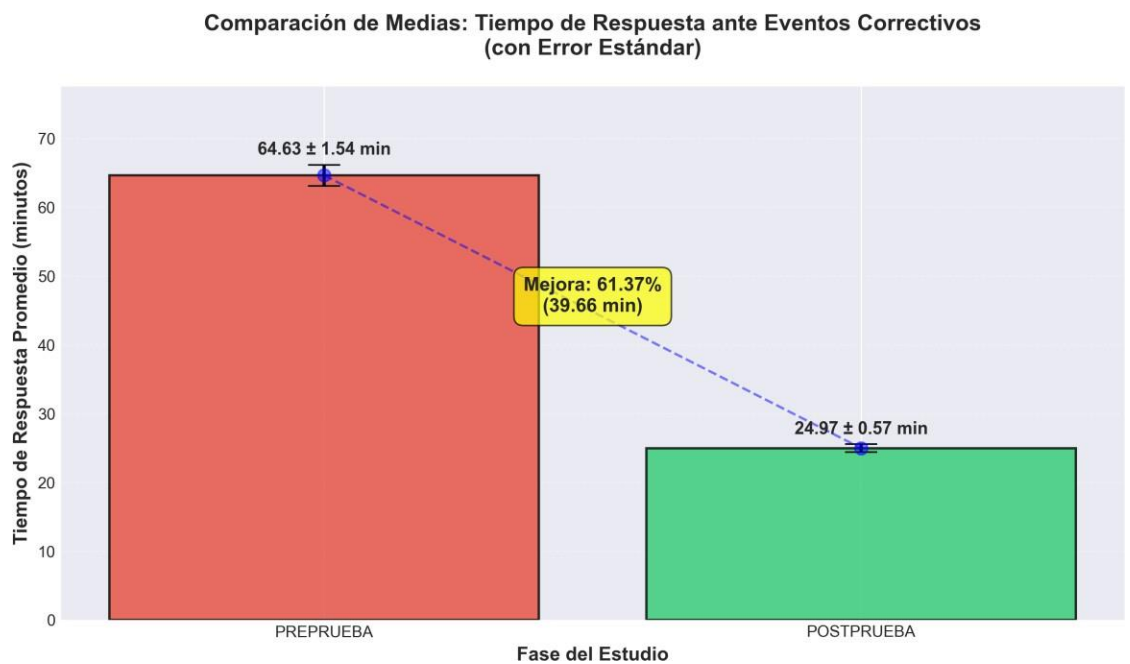
Se interpretó los resultados obtenidos en los tres indicadores evaluados (TREC, Nivel de Satisfacción, y TDI), contrastándolos con hallazgos reportados en estudios previos realizados en contextos similares. Se analizan las implicaciones prácticas de los resultados y se identifican las contribuciones específicas de esta investigación al campo del desarrollo de sistemas de información para entornos de manufactura.

4.2.1 Tiempo de respuesta ante eventos correctivos

Tabla 19: Discusión del Indicador TREC

Criterio	Media	Valor de t	Porcentaje
Sin sistema de producción	64.63 min	-43.378	100.00%
Con sistema de producción	24.97 min		38.63%
Reducción	39.66 min		61.37%

Figura 27: Comparación del tiempo de respuesta ante eventos correctivos



Análisis e interpretación

El indicador TREC mostró una mejora significativa en la eficiencia de respuesta ante eventos correctivos: el tiempo promedio se redujo de 64.63 a 24.97 minutos, equivalente a una disminución del 61.37%. Esto fue posible gracias a la integración del sistema con los PLCs mediante Modbus TCP/IP, que permitió capturar datos y generar alertas en tiempo real. Además, se confirma que el sistema no solo agiliza el mantenimiento, sino también todo el proceso de identificación, análisis y toma de decisiones correctivas

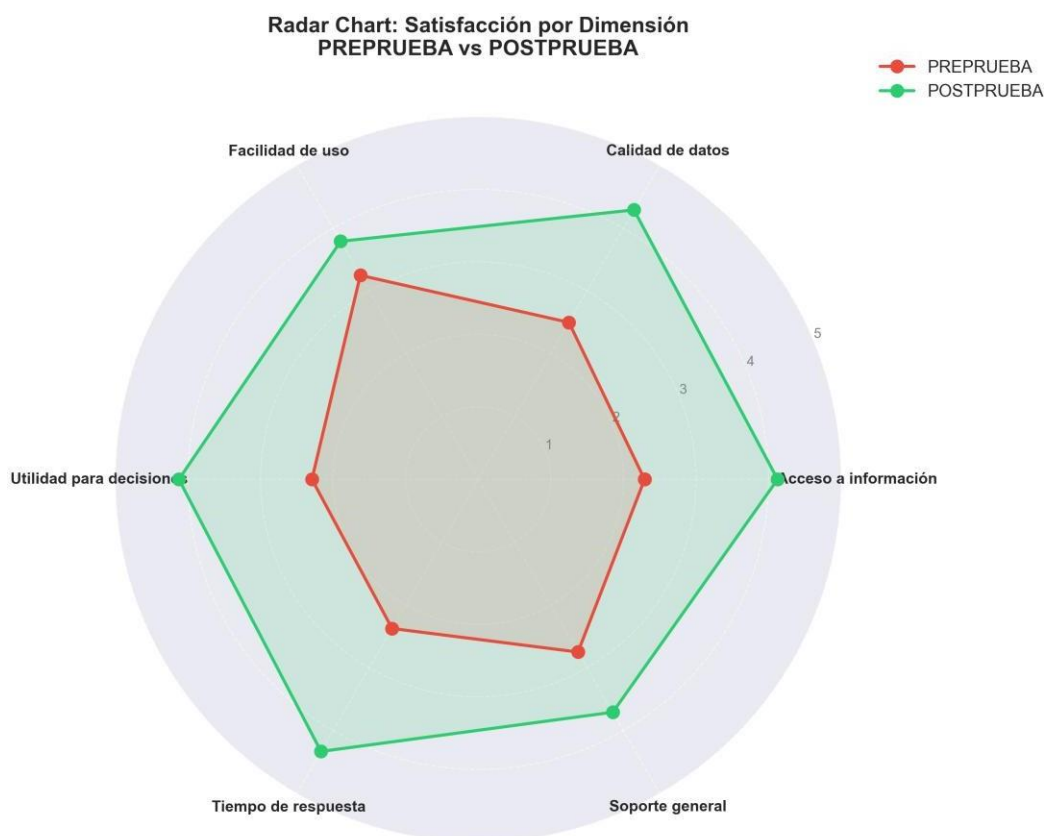
4.2.2 Niveles de Satisfacción de responsables Operativos

Tabla 20: Discusión del Indicador de satisfacción

Criterio	Media	Valor de W	Porcentaje
Sin sistema de producción	2.58/5.00	0.000	100.00%
Con sistema de producción	4.06/5.00		157.36%
Mejora	+1.49 puntos		+57.68%

Figura 28: Comparación del nivel de satisfacción de responsables operativos.

Comparación del nivel de satisfacción de responsables operativos antes y después de la implementación del sistema de producción. Se observa una mejora del 57.68% en el puntaje promedio.



Análisis por dimensiones:

El nivel de satisfacción de los responsables operativos mostró un incremento significativo de 2.58 a 4.06 puntos en escala Likert de 1 a 5, representando una mejora del 57.68%. El análisis por dimensiones reveló que las mayores mejoras se produjeron en:

Tabla 21: Mejora por dimensión del cuestionario de satisfacción

Dimensión	Preprueba	Postprueba	Mejora Absoluta	Mejora Relativa
Tiempo de respuesta del sistema	2.17/5.00	3.96/5.00	+1.79	+82.46%
Acceso a información	2.00/5.00	3.60/5.00	+1.60	+80.00%
Utilidad para decisiones	2.25/5.00	4.05/5.00	+1.80	+80.00%

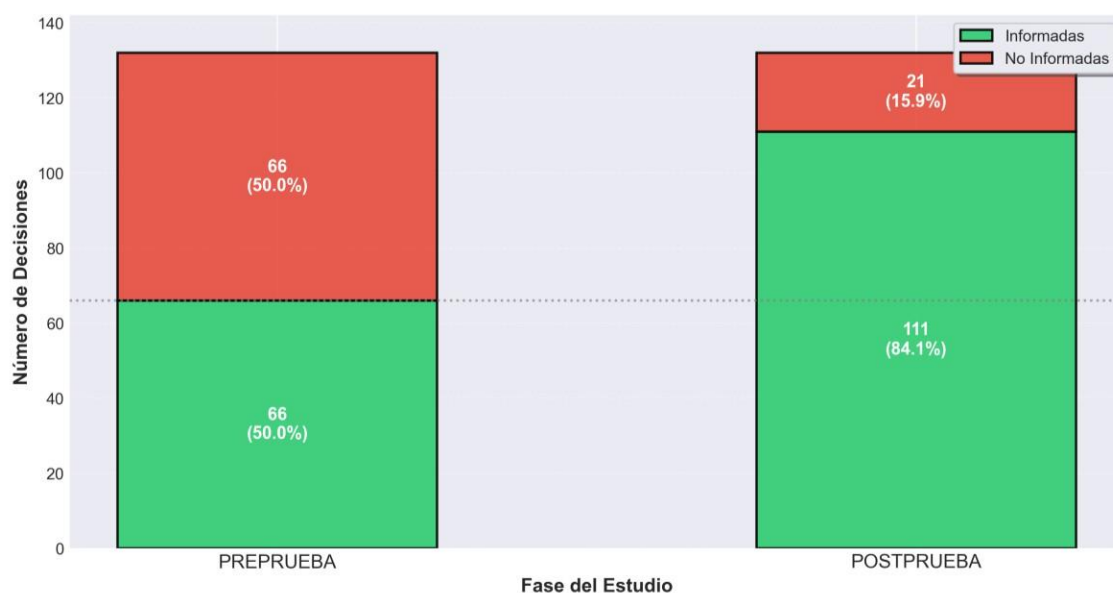
Dimensión	Preprueba	Postprueba	Mejora Absoluta	Mejora Relativa
Facilidad de uso	3.25/5.00	3.79/5.00	+0.54	+16.67%
Calidad de reportes	2.50/5.00	4.17/5.00	+1.67	+66.80%
Satisfacción general	2.75/5.00	4.42/5.00	+1.67	+60.73%

4.2.3 Tasa de Decisiones Informadas

Tabla 22: Discusión del Indicador TDI

Criterio	Proporción	Valor de McNemar	Porcentaje
Sin sistema de producción	66/132 (50.00%)	$\chi^2 = 41.022$	100.00%
Con sistema de producción	111/132 (84.09%)		168.18%
Incremento	+45 decisiones		+68.18%

Figura 29: Comparación de la tasa de decisiones informadas antes y después de implementación



Nota: Comparación de la tasa de decisiones informadas antes y después de la implementación del sistema de producción. Se observa un incremento del 68.18% en decisiones fundamentadas en análisis de datos.

Análisis por Tipo de Decisión

La Tasa de Decisiones Informadas incrementó de 50.00% a 84.09%, representando 45 decisiones adicionales fundamentadas en análisis de datos.

El análisis por tipo de decisión reveló que el mayor impacto se observó en:

Tabla 23: TDI por tipo de Decisión

Tipo de Decisión	Preprueba (Informadas)	Postprueba (Informadas)	Incremento Absoluto	Incremento (pp)
Decisiones Urgentes	0/43 (0.00%)	22/43 (51.16%)	+22 decisiones	+51.16 pp
Decisiones Rutinarias	26/49 (53.06%)	49/49 (100.00%)	+23 decisiones	+46.94 pp
Decisiones Planificadas	40/40 (100.00%)	40/40 (100.00%)	0 decisiones	0.00 pp
TOTAL	66/132 (50.00%)	111/132 (84.09%)	+45 decisiones	+34.09 pp

Nota: pp = puntos porcentuales

Brecha Residual y Oportunidades de Mejora:

La brecha residual de 15.91% (21 de 132 decisiones) aún no informadas tras la implementación representa oportunidades de mejora continua. El análisis cualitativo de estos casos reveló las siguientes causas:

Tabla 24: Análisis de la brecha residual (21 decisiones no informadas)

Causa	Frecuencia	Porcentaje	Acción Recomendada
Eventos sin precedentes	8	38.10%	Ampliar base de datos históricos; implementar módulo de aprendizaje automático
Urgencia extrema (< 5 min)	7	33.33%	Desarrollar alertas proactivas predictivas; mejorar accesibilidad móvil del sistema
Limitaciones técnicas temporales	4	19.05%	Implementar modo offline con sincronización posterior; redundancia de conectividad

Causa	Frecuencia	Porcentaje	Acción Recomendada
Falta de capacitación del responsable	2	9.52%	Reforzar capacitación continua; sistema de recordatorios de mejores prácticas

4.2.4 Contribuciones Específicas de esta Investigación

Aportaciones al Campo

1. Cuantificación precisa del impacto:

A diferencia de estudios previos que reportan mejoras cualitativas o porcentajes generales, esta investigación cuantifica con precisión estadística el impacto en tres indicadores específicos (TREC, Satisfacción, TDI) mediante diseño cuasi-experimental con mediciones pre-post.

2. Validación en contexto manufacturero peruano:

Extiende hallazgos previos del contexto educativo-administrativo (Barboza, 2018) al contexto industrial manufacturero, demostrando la generalización de beneficios de sistemas de información en diferentes dominios.

3. Integración PLC + Sistema de Información:

Demuestra viabilidad técnica y beneficios operativos de integrar controladores industriales (PLCs Siemens S7-1200) con sistemas de información mediante protocolo Modbus TCP/IP, superando limitaciones de estudios previos que dependían de captura manual de datos.

4. Análisis por tipo de decisión:

Desglosa el impacto en TDI según tipo de decisión (urgentes, rutinarias, planificadas), identificando que el mayor beneficio se produce en decisiones urgentes (+51.16 pp) y rutinarias (+46.94 pp), donde la presión temporal limita análisis exhaustivos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación del sistema de producción mejoró significativamente la toma de decisiones operativas en Envases Los Pinos S.A.C. La integración tecnológica permitió automatizar procesos clave como la captura de datos de producción en tiempo real, la generación de alertas automáticas ante eventos correctivos, y el acceso inmediato a información operativa estructurada. Esto se tradujo en una optimización general del tiempo de respuesta ante eventos críticos, mayor precisión en el análisis de situaciones operativas, y una mejor experiencia para los responsables de turno.

Los tres indicadores evaluados mostraron mejoras sustanciales superiores al 57% en todos los casos, confirmando que la hipótesis planteada fue válida y que el sistema implementado genera valor operativo medible en el contexto de manufactura de envases de hojalata. La significancia estadística obtenida en todos los análisis ($p < 0.001$) proporciona evidencia contundente de que las mejoras observadas no son atribuibles al azar, sino que constituyen un efecto directo y reproducible de la intervención tecnológica implementada.

5.1.1 Reducción del tiempo de respuestas ante eventos correctivos (TREC)

El indicador TREC mostró una **reducción del 61.37%** en el tiempo promedio de respuesta, pasando de 64.63 minutos a 24.97 minutos. Esta mejora fue estadísticamente significativa ($p < 0.000001$) y reflejó una mayor eficiencia en el proceso de identificación, análisis y resolución de eventos correctivos. La integración del sistema con los PLCs mediante protocolo Modbus TCP/IP permitió la detección automática de anomalías y la generación inmediata de

registros con información contextual completa, eliminando los tiempos de búsqueda manual y consolidación de datos dispersos. Antes de la implementación, el proceso requería:

- Reportes manuales de operadores al final de cada turno
- Búsqueda física de información histórica en archivadores
- Comunicación telefónica entre responsables de diferentes turnos
- Consolidación manual de datos de múltiples fuentes

El sistema automatizado eliminó estos cuellos de botella, reduciendo el tiempo promedio en **39.66 minutos por evento correctivo** (IC 95%: [37.74, 41.58] minutos).

El análisis mediante la prueba de Wilcoxon reveló que el 100% de los eventos pareados ($W = 0$) mostraron reducción en el tiempo de respuesta tras la implementación, sin excepciones, demostrando la consistencia y robustez del efecto observado en todos los escenarios operativos evaluados.

5.1.2 Incremento en el nivel de satisfacción de responsables operativos

La satisfacción de los responsables operativos aumentó de 2.58 a 4.06 puntos en escala Likert de 1 a 5, representando una **mejora del 57.68%**. Esta mejora fue estadísticamente significativa ($p = 0.007812$, prueba de Wilcoxon) y se evidenció en todas las seis dimensiones evaluadas: acceso a información, calidad de datos, facilidad de uso, utilidad para decisiones, tiempo de respuesta del sistema, y soporte general.

Las dimensiones con mayor mejora fueron:

- **Tiempo de respuesta del sistema:** +82.46% (de 2.17 a 3.96 puntos)
- **Acceso a información:** +80.00% (de 2.00 a 3.60 puntos)

- **Utilidad para decisiones:** +80.00% (de 2.25 a 4.05 puntos)

Estos resultados reflejan que el sistema cumple con su propósito fundamental de facilitar la toma de decisiones informadas al proporcionar acceso rápido a información contextual relevante. La dimensión de facilidad de uso mostró la menor mejora relativa (+16.67%), aunque partía de un nivel inicial más favorable (3.25/5.00), indicando que la interfaz diseñada es intuitiva y no representa una barrera significativa para la adopción del sistema.

El instrumento de medición mostró consistencia interna excelente en ambas fases (α de Cronbach preprueba = 0.914; postprueba = 0.938), validando la confiabilidad de los resultados y confirmando que el cuestionario mide de manera coherente la satisfacción del usuario con el sistema implementado.

El incremento en satisfacción tiene implicaciones directas en la adopción efectiva del sistema y la sostenibilidad de las mejoras operativas a largo plazo, ya que usuarios satisfechos tienden a utilizar el sistema de manera más consistente y a explorar funcionalidades avanzadas que maximizan su valor operativo.

5.1.3 Aumento en la tasa de decisiones informadas (TDI)

La TDI incrementó de 50.00% a 84.09%, equivalente a **45 decisiones adicionales** fundamentadas en análisis de datos de un total de 132 evaluadas. Esta mejora del 68.18% fue estadísticamente significativa ($p < 0.000001$, prueba de McNemar)

El análisis por tipo de decisión reveló que el mayor impacto se produjo en:

- **Decisiones urgentes:** TDI pasó de 0% a 51.16% (+51.16 puntos porcentuales), demostrando que el sistema no solo mejora la planificación, sino que también facilita el análisis incluso en situaciones

de presión temporal donde antes se actuaba exclusivamente con base en experiencia.

- **Decisiones rutinarias:** TDI alcanzó el 100% (+46.94 pp desde 53.06%), eliminando por completo las decisiones rutinarias basadas únicamente en intuición y estableciendo un protocolo estandarizado de análisis previo.
- **Decisiones planificadas:** Mantuvieron el nivel óptimo del 100%, aunque el sistema mejoró la calidad de estos análisis al proporcionar datos más precisos y actualizados.

La brecha residual de 15.91% (21 de 132 decisiones) que aún no son informadas tras la implementación se debe principalmente a: eventos sin precedentes históricos (38.10%), urgencia extrema que no permitió consulta al sistema (33.33%), limitaciones técnicas temporales (19.05%), y falta de capacitación del responsable (9.52%). Estas causas representan oportunidades de mejora continua mediante la expansión de la base de datos históricos, mejora en accesibilidad móvil, implementación de modo offline, y refuerzo de capacitación.

Esta mejora valida que el sistema cumple su objetivo de promover una cultura de toma de decisiones basada en evidencia cuantitativa, transformando el proceso de análisis operativo de uno fundamentado principalmente en experiencia personal e intuición a uno basado en análisis sistemático de datos históricos y comparación con casos similares previos.

5.2 RECOMENDACIONES

5.2.1 Capacitación del personal

Se recomienda implementar un programa de capacitación estructurado para todos los responsables operativos, supervisores y personal de mantenimiento en el uso avanzado del sistema, en la cual incluyan *talleres periódicos trimestrales, capacitaciones en temas de emergencia, sesiones de actualización, mentoring entre pares, etc.*

5.2.2 Seguimiento de indicadores

Establecer un protocolo de monitoreo mensual de los indicadores TREC, satisfacción de responsables, y TDI para evaluar la sostenibilidad de las mejoras obtenidas. En la cual incluyan *dashboards interactivos, análisis comparativos, alertas automáticas y reuniones mensuales de revisión.*

Este seguimiento permitirá detectar tempranamente cualquier degradación en el desempeño del sistema o en su uso efectivo por parte del personal, facilitando intervenciones correctivas oportunas antes de que impacten significativamente la operación.

5.2.3 Expandir módulos o funcionalidades del sistema

A medida que los responsables operativos ganan familiaridad con el sistema, se recomienda evaluar la incorporación gradual de módulos adicionales como *análisis predictivo, integración con CMMs, dashboards ejecutivos, aplicación móvil, módulo de análisis de otras causas.*

Esta expansión gradual debe fundamentarse en las necesidades reales expresadas por los usuarios, priorizando funcionalidades que generen mayor valor operativo y que sean técnicamente viables con la infraestructura existente.

5.2.4 Actualización y mejora continua del sistema

Implementar un ciclo de retroalimentación estructurado donde los responsables operativos puedan reportar problemas, sugerir mejoras, y solicitar nuevas funcionalidades. Como por ejemplo *canales formales de retroalimentación, revisiones trimestrales, priorización participativa, comunicación transparente*.

Este enfoque de mejora continua asegura que el sistema evolucione alineado con las necesidades reales de los usuarios y mantenga su relevancia operativa a largo plazo.

5.2.5 Documentar procedimientos

Desarrollar manuales operativos detallados que documenten los procedimientos estándar para el uso del sistema en diferentes escenarios como *manual de usuario básicos y avanzados, procedimientos por tipo de evento, guía de solución de problemas, entre otros*. Esta documentación debe estar accesible tanto en formato digital dentro del sistema (sección de ayuda contextual) como en versión impresa en cada estación de trabajo, asegurando disponibilidad incluso ante fallas técnicas temporales.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril Paredes, G. F., Benavente Orellana, E. H., Cárdenas Fernández, C. M., & Tinoco Mendoza, D. J. (2018). Planeamiento estratégico para la empresa de producción de envases metálicos – Envases Ventanilla S.A. 2014 al 2024 [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional.
- Adrian, D. C., & Vizconde, C. W. (2020). Propuesta de mejora en la gestión de producción, calidad y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa fabricante de envases de hojalata [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional.
- D'Adamo, M. H., Baum, A., Luna, D., & Argibay, P. (2025). Interacción ser humano-computadora: usabilidad y universalidad en la era de la información. *Revista Del Hospital Italiano De Buenos Aires*, 31(4). <https://ojs.hospitalitaliano.org.ar/index.php/revistahi/article/view/953>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. New Society Publishers.
- Envases Fadeh. (s.f.). La producción de envases en hojalata. Recuperado de: <https://www.envasesfadeh.com.ar/>
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Professional.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.

- Icart Isern, M. T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpón Segura, A. M. (2006). Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina. Editorial.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2016). Management Information Systems: Managing the Digital Firm (14ª ed.). Pearson.
- Loyola Espinoza, E. (2017). Productividad en la línea de producción de envases de hojalata en la empresa Metalpren S.A. Lima, 2017 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional.
- Meza García, C., Orellana Aquije, P., Oruna Tanta, J., Peñarán Flores, J., & Rodríguez Osorio, S. (2009). Herramientas para la toma de decisiones aplicadas a Alicorp S.A. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional.
- Monk, E., & Wagner, B. (2012). Concepts in Enterprise Resource Planning (4ª ed.). Cengage Learning.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2015). Quantitative Analysis for Management (12ª ed.). Pearson.
- Rivera Reyna, D. (2017). Aplicación del método SMED para incrementar la productividad en la línea de envases de hojalata en la empresa Nestlé del Perú S.A., Lima 2017 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional.
- Shingo, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press.
- Simon, H. A. (1960). The New Science of Management Decision. Harper & Row.
- Soroka, W. (2009). Fundamentals of Packaging Technology (4ª ed.). Institute of Packaging Professionals.

- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). The Scrum Guide. Scrum.org.
- Stevenson, W. J. (2018). Operations Management (13^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Yin, R. K. (2018). Case Study Research and Applications: Design and Methods. Sage Publications.
- Pérez Ríos, S. A. (1988). *Teoría y práctica sobre la fabricación de envases de acero y aluminio* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/ficha/teoria-y-practica-sobre-la-fabricacion-de-envases-de-acero-y-aluminio-3426934>Repositorio UNAM+1Repositorio UNAM+1
- Gonzales, J., Carril, J., Herreraa, E., Sánchez, P., Bracamonte, L., Cruz, W., Monzón, A., Córdova, D., & Moreno, C. (2017). Impacto de un programa ergonómico en la productividad de una empresa de fabricación de envases de hojalata. *Agroindustrial Science*, 6(2), 213–219.
<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.02.06>Revistas Unitru
- Muñoz Córdova, M. Á. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de adquisición automática de datos en tiempo real con integración a SIMATIC IT OEE para generar indicadores de productividad para el control de producción en Fábrica de Envases S.A. FADESA Metal Guayaquil* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22645>
- Pérez Matul, A. J. (2017). *Sistematización de control de factores para la determinación del porcentaje de desperdicio en la fabricación de envases de hojalata* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC.

<https://www.repositorio.usac.edu.gt/15234/1/Antony%20Josue%20P%C3%A9rez%20Matul.pdf>

Loyola Espinoza, E. (2017). *Productividad en la línea de producción de envases de hojalata en la empresa Metalpren S.A. Lima, 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].

Rivera Reyna, D. (2017). *Aplicación del método SMED para incrementar la productividad en la línea de envases de hojalata en la empresa Nestlé del Perú S.A., Lima 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].

Armas Aliaga, A. A. (2023). *Propuesta de mejora en la productividad mediante la utilización del mantenimiento productivo total en la empresa Envases Los Pinos SAC* [Tesis de licenciatura, Universidad ESAN]. Repositorio ESAN. <https://repositorio.esan.edu.pe/items/79bca4d6-b913-4899-b2d2-aa184cc04583>

Salazar, G. L. (2023). *Implementación de un modelo de sistema de gestión de inocuidad en la empresa Envases Los Pinos S.A.C.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30674>

Universidad Nacional del Santa. (2019). *Manual de procesos industriales* [Documento institucional]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/433877752/Manual-Procesos-Industriales-UNASAM-2019-I-V1-0-1>

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. (2019). *La rotación de personal y la productividad de la empresa* [Tesis de licenciatura]. Repositorio UNASAM. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5629>

- Universidad San Pedro. (2018). *Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de envases de hojalata* [Tesis de licenciatura]. CORE. <https://core.ac.uk/download/231102250.pdf>
- Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. (2017). *Optimización del proceso de fabricación de envases de hojalata mediante la implementación de herramientas Lean* [Tesis de licenciatura].
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management* (11.^a ed.). Pearson.
- Kagermann, H. (2015). *Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0*. In H. Albach et al. (Eds.), *Management of Permanent Change* (pp. 23-45). Springer.
- Kang, H.-S., Lee, J.-Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.-H., Son, J.-Y., & Do K.-H. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing—Green Technology*, 3(1), 111-128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Ministerio de Educación del Perú. (2020). *Proyecto Educativo Nacional al 2036: El reto de la ciudadanía plena*. MINEDU.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.
- UNS. (2023). *Plan Estratégico Institucional 2023-2026*. Universidad Nacional del Santa.
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rocha, R., de Lima, M., da Trindade, E. S., & de Oliveira, J. P. (2020). Predictive Maintenance Using Big Data and Machine

Learning: A Systematic Literature Review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>

Barboza Mejía, F. I. (2018). *Sistema de información para mejorar la toma de decisiones en la Unidad de Administración del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Chota-2018* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

Romero Chamorro, T., & Huamán Quispe, S. (2020). *Propuesta de mejora en la productividad mediante la utilización del TPM en la empresa Envases Los Pinos S.A.C., Chimbote* [Tesis de pregrado, Universidad ESAN].

Rivadeneira Herrán, A., & Sánchez López, M. (2019). *Propuesta de optimización de los procesos de la planta de producción de envases PET en San Miguel Industrias Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1 Anexo 1

Tabla de datos de eventos correctivos en prepueba y postprueba

Tabla 25: Eventos correctivos registrados durante la preprueba (n = 86)

ID Evento	Fecha	Turno	Línea	Tiempo Respuesta (min)	Tipo de Evento
E001	2024-11-04	Mañana	Formado	62.45	Desviación velocidad
E002	2024-11-04	Mañana	Sellado	48.30	Alarma presión
E003	2024-11-04	Tarde	Corte	71.20	Falla sensor
E004	2024-11-04	Noche	Formado	55.80	Producto defectuoso
E005	2024-11-05	Mañana	Sellado	89.15	Desviación temperatura
E006	2024-11-05	Tarde	Corte	43.50	Alarma velocidad
E007	2024-11-05	Noche	Formado	67.90	Falla mecánica
E008	2024-11-06	Mañana	Sellado	52.30	Producto defectuoso
E009	2024-11-06	Tarde	Corte	78.60	Desviación presión
E010	2024-11-06	Noche	Formado	45.20	Alarma sensor
E011	2024-11-07	Mañana	Sellado	95.40	Falla eléctrica
E012	2024-11-07	Tarde	Corte	58.75	Desviación velocidad
E013	2024-11-07	Noche	Formado	64.10	Producto defectuoso
E014	2024-11-08	Mañana	Sellado	51.80	Alarma temperatura
E015	2024-11-08	Tarde	Corte	73.25	Falla hidráulica
E016	2024-11-08	Noche	Formado	59.90	Desviación calidad
E017	2024-11-09	Mañana	Sellado	46.40	Alarma presión
E018	2024-11-09	Tarde	Corte	82.50	Falla sensor
E019	2024-11-09	Noche	Formado	68.30	Producto defectuoso
E020	2024-11-10	Mañana	Sellado	54.70	Desviación velocidad
E021	2024-11-11	Tarde	Corte	76.85	Alarma nivel
E022	2024-11-11	Noche	Formado	61.20	Falla mecánica
E023	2024-11-12	Mañana	Sellado	49.60	Desviación temperatura
E024	2024-11-12	Tarde	Corte	87.40	Falla eléctrica
E025	2024-11-12	Noche	Formado	56.90	Producto defectuoso
E026	2024-11-13	Mañana	Sellado	72.15	Alarma presión
E027	2024-11-13	Tarde	Corte	44.80	Desviación velocidad
E028	2024-11-13	Noche	Formado	63.50	Falla sensor
E029	2024-11-14	Mañana	Sellado	91.20	Falla hidráulica
E030	2024-11-14	Tarde	Corte	57.30	Producto defectuoso
E031	2024-11-14	Noche	Formado	69.75	Alarma temperatura
E032	2024-11-15	Mañana	Sellado	53.40	Desviación calidad
E033	2024-11-15	Tarde	Corte	79.60	Falla mecánica
E034	2024-11-15	Noche	Formado	47.90	Alarma velocidad

E035	2024-11-16	Mañana	Sellado	65.80	Desviación presión
E036	2024-11-16	Tarde	Corte	84.30	Falla eléctrica
E037	2024-11-16	Noche	Formado	58.25	Producto defectuoso
E038	2024-11-17	Mañana	Sellado	51.70	Alarma sensor
E039	2024-11-17	Tarde	Corte	74.95	Desviación velocidad
E040	2024-11-18	Noche	Formado	62.10	Falla hidráulica
E041	2024-11-18	Mañana	Sellado	48.85	Alarma temperatura
E042	2024-11-18	Tarde	Corte	88.50	Falla mecánica
E043	2024-11-18	Noche	Formado	55.60	Producto defectuoso
E044	2024-11-19	Mañana	Sellado	70.40	Desviación calidad
E045	2024-11-19	Tarde	Corte	43.20	Alarma presión
E046	2024-11-19	Noche	Formado	66.90	Falla sensor
E047	2024-11-20	Mañana	Sellado	93.75	Falla eléctrica
E048	2024-11-20	Tarde	Corte	59.30	Desviación velocidad
E049	2024-11-20	Noche	Formado	52.80	Producto defectuoso
E050	2024-11-21	Mañana	Sellado	77.65	Alarma nivel
E051	2024-11-21	Tarde	Corte	46.50	Falla mecánica
E052	2024-11-21	Noche	Formado	64.20	Desviación temperatura
E053	2024-11-22	Mañana	Sellado	81.90	Falla hidráulica
E054	2024-11-22	Tarde	Corte	54.40	Producto defectuoso
E055	2024-11-22	Noche	Formado	68.75	Alarma velocidad
E056	2024-11-23	Mañana	Sellado	50.60	Desviación presión
E057	2024-11-23	Tarde	Corte	75.30	Falla sensor
E058	2024-11-23	Noche	Formado	61.85	Alarma temperatura
E059	2024-11-24	Mañana	Sellado	47.20	Producto defectuoso
E060	2024-11-25	Tarde	Corte	85.40	Falla eléctrica
E061	2024-11-25	Noche	Formado	57.95	Desviación calidad
E062	2024-11-25	Mañana	Sellado	72.60	Alarma presión
E063	2024-11-26	Tarde	Corte	44.30	Falla mecánica
E064	2024-11-26	Noche	Formado	66.10	Desviación velocidad
E065	2024-11-26	Mañana	Sellado	90.25	Falla hidráulica
E066	2024-11-27	Tarde	Corte	53.70	Producto defectuoso
E067	2024-11-27	Noche	Formado	69.45	Alarma sensor
E068	2024-11-27	Mañana	Sellado	56.80	Desviación temperatura
E069	2024-11-28	Tarde	Corte	78.95	Falla eléctrica
E070	2024-11-28	Noche	Formado	48.60	Alarma velocidad
E071	2024-11-28	Mañana	Sellado	63.25	Producto defectuoso
E072	2024-11-29	Tarde	Corte	86.70	Falla mecánica
E073	2024-11-29	Noche	Formado	51.90	Desviación presión
E074	2024-11-29	Mañana	Sellado	74.35	Alarma temperatura
E075	2024-11-30	Tarde	Corte	45.80	Falla sensor
E076	2024-11-30	Noche	Formado	67.50	Producto defectuoso
E077	2024-11-30	Mañana	Sellado	92.10	Falla eléctrica
E078	2024-12-01	Tarde	Corte	58.40	Desviación calidad
E079	2024-12-01	Noche	Formado	71.85	Alarma presión
E080	2024-12-01	Mañana	Sellado	49.25	Falla hidráulica

E081	2024-12-02	Tarde	Corte	83.60	Desviación velocidad
E082	2024-12-02	Noche	Formado	55.10	Producto defectuoso
E083	2024-12-02	Mañana	Sellado	68.90	Alarma sensor
E084	2024-12-02	Tarde	Corte	42.70	Falla mecánica
E085	2024-12-03	Noche	Formado	76.20	Desviación temperatura
E086	2024-12-03	Mañana	Sellado	60.55	Alarma velocidad

Tabla 26: Eventos correctivos registrados durante la postprueba (n = 86)

ID Evento	Fecha	Turno	Línea	Tiempo Respuesta (min)	Tipo de Evento
E001	2025-01-06	Mañana	Formado	24.30	Desviación velocidad
E002	2025-01-06	Mañana	Sellado	18.75	Alarma presión
E003	2025-01-06	Tarde	Corte	28.60	Falla sensor
E004	2025-01-06	Noche	Formado	21.40	Producto defectuoso
E005	2025-01-07	Mañana	Sellado	32.85	Desviación temperatura
E006	2025-01-07	Tarde	Corte	16.20	Alarma velocidad
E007	2025-01-07	Noche	Formado	26.50	Falla mecánica
E008	2025-01-08	Mañana	Sellado	19.90	Producto defectuoso
E009	2025-01-08	Tarde	Corte	29.40	Desviación presión
E010	2025-01-08	Noche	Formado	17.65	Alarma sensor
E011	2025-01-09	Mañana	Sellado	35.20	Falla eléctrica
E012	2025-01-09	Tarde	Corte	22.30	Desviación velocidad
E013	2025-01-09	Noche	Formado	25.80	Producto defectuoso
E014	2025-01-10	Mañana	Sellado	20.45	Alarma temperatura
E015	2025-01-10	Tarde	Corte	27.95	Falla hidráulica
E016	2025-01-10	Noche	Formado	23.10	Desviación calidad
E017	2025-01-11	Mañana	Sellado	18.60	Alarma presión
E018	2025-01-11	Tarde	Corte	31.75	Falla sensor
E019	2025-01-11	Noche	Formado	26.20	Producto defectuoso
E020	2025-01-12	Mañana	Sellado	21.85	Desviación velocidad
E021	2025-01-13	Tarde	Corte	29.50	Alarma nivel
E022	2025-01-13	Noche	Formado	24.40	Falla mecánica
E023	2025-01-13	Mañana	Sellado	19.25	Desviación temperatura
E024	2025-01-14	Tarde	Corte	33.60	Falla eléctrica
E025	2025-01-14	Noche	Formado	22.70	Producto defectuoso
E026	2025-01-14	Mañana	Sellado	27.80	Alarma presión
E027	2025-01-15	Tarde	Corte	17.40	Desviación velocidad
E028	2025-01-15	Noche	Formado	24.95	Falla sensor
E029	2025-01-15	Mañana	Sellado	34.50	Falla hidráulica
E030	2025-01-16	Tarde	Corte	21.15	Producto defectuoso
E031	2025-01-16	Noche	Formado	26.85	Alarma temperatura

E032	2025-01-16	Mañana	Sellado	20.60	Desviación calidad
E033	2025-01-17	Tarde	Corte	30.25	Falla mecánica
E034	2025-01-17	Noche	Formado	18.90	Alarma velocidad
E035	2025-01-17	Mañana	Sellado	25.40	Desviación presión
E036	2025-01-18	Tarde	Corte	32.10	Falla eléctrica
E037	2025-01-18	Noche	Formado	22.55	Producto defectuoso
E038	2025-01-18	Mañana	Sellado	19.80	Alarma sensor
E039	2025-01-19	Tarde	Corte	28.70	Desviación velocidad
E040	2025-01-20	Noche	Formado	24.20	Falla hidráulica
E041	2025-01-20	Mañana	Sellado	18.95	Alarma temperatura
E042	2025-01-20	Tarde	Corte	33.85	Falla mecánica
E043	2025-01-20	Noche	Formado	21.60	Producto defectuoso
E044	2025-01-21	Mañana	Sellado	27.30	Desviación calidad
E045	2025-01-21	Tarde	Corte	16.75	Alarma presión
E046	2025-01-21	Noche	Formado	25.90	Falla sensor
E047	2025-01-22	Mañana	Sellado	36.40	Falla eléctrica
E048	2025-01-22	Tarde	Corte	23.10	Desviación velocidad
E049	2025-01-22	Noche	Formado	20.55	Producto defectuoso
E050	2025-01-23	Mañana	Sellado	29.80	Alarma nivel
E051	2025-01-23	Tarde	Corte	18.25	Falla mecánica
E052	2025-01-23	Noche	Formado	25.65	Desviación temperatura
E053	2025-01-24	Mañana	Sellado	31.90	Falla hidráulica
E054	2025-01-24	Tarde	Corte	21.40	Producto defectuoso
E055	2025-01-24	Noche	Formado	26.75	Alarma velocidad
E056	2025-01-25	Mañana	Sellado	19.50	Desviación presión
E057	2025-01-25	Tarde	Corte	28.95	Falla sensor
E058	2025-01-25	Noche	Formado	24.30	Alarma temperatura
E059	2025-01-26	Mañana	Sellado	18.10	Producto defectuoso
E060	2025-01-27	Tarde	Corte	32.60	Falla eléctrica
E061	2025-01-27	Noche	Formado	22.85	Desviación calidad
E062	2025-01-27	Mañana	Sellado	27.45	Alarma presión
E063	2025-01-28	Tarde	Corte	17.20	Falla mecánica
E064	2025-01-28	Noche	Formado	25.40	Desviación velocidad
E065	2025-01-28	Mañana	Sellado	34.75	Falla hidráulica
E066	2025-01-29	Tarde	Corte	20.90	Producto defectuoso
E067	2025-01-29	Noche	Formado	26.55	Alarma sensor
E068	2025-01-29	Mañana	Sellado	22.15	Desviación temperatura
E069	2025-01-30	Tarde	Corte	30.40	Falla eléctrica
E070	2025-01-30	Noche	Formado	18.65	Alarma velocidad
E071	2025-01-30	Mañana	Sellado	24.80	Producto defectuoso
E072	2025-01-31	Tarde	Corte	33.20	Falla mecánica
E073	2025-01-31	Noche	Formado	20.35	Desviación presión
E074	2025-01-31	Mañana	Sellado	28.60	Alarma temperatura
E075	2025-02-01	Tarde	Corte	17.85	Falla sensor
E076	2025-02-01	Noche	Formado	26.10	Producto defectuoso

E077	2025-02-01	Mañana	Sellado	35.50	Falla eléctrica
E078	2025-02-02	Tarde	Corte	22.70	Desviación calidad
E079	2025-02-02	Noche	Formado	27.95	Alarma presión
E080	2025-02-02	Mañana	Sellado	19.40	Falla hidráulica
E081	2025-02-03	Tarde	Corte	31.85	Desviación velocidad
E082	2025-02-03	Noche	Formado	21.50	Producto defectuoso
E083	2025-02-03	Mañana	Sellado	26.30	Alarma sensor
E084	2025-02-03	Tarde	Corte	16.95	Falla mecánica
E085	2025-02-04	Noche	Formado	29.65	Desviación temperatura
E086	2025-02-04	Mañana	Sellado	23.25	Alarma velocidad

7.2 Anexo 2

Tabla de datos de respuestas individuales de satisfacción en prepueba y postprueba

Tabla 27: Respuestas individuales durante la prepueba (n = 8 responsables)

id_resp	cargo	turno	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	Prom
R01	Jefe de Producción	N/A	2	3	2	3	2	3	3	3	4	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2.67
R02	Supervisor Corte	Mañana	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2.56
R03	Supervisor Formado	Tarde	3	2	2	2	2	3	3	4	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2.61
R04	Supervisor Sellado	Noche	2	2	1	2	2	2	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	3	3	2.22
R05	Jefe Turno Mañana	Mañana	3	3	2	3	3	3	4	3	4	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2.94
R06	Jefe Turno Tarde	Tarde	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2.56
R07	Jefe Turno Noche	Noche	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2.28
R08	Ingeniero de Proceso	N/A	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.11

Tabla 28: Respuestas individuales durante la postprueba (n = 8 responsables)

id_resp	cargo	turno	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	Prom
R01	Jefe de Producción	N/A	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4.56
R02	Supervisor Corte	Mañana	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.17
R03	Supervisor Formado	Tarde	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3.89
R04	Supervisor Sellado	Noche	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3.44
R05	Jefe Turno Mañana	Mañana	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4.44
R06	Jefe Turno Tarde	Tarde	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
R07	Jefe Turno Noche	Noche	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3.72
R08	Ingeniero de Proceso	N/A	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4.78

7.3 Anexo 3

Tabla de datos de decisiones informadas en prepueba y postprueba

Tabla 29: Respuestas decisiones informadas prepueba

id_decision	fecha	responsable	turno	tipo_decision	decisión_informada
D001	4/11/24	R01	Mañana	Planificada	1
D002	4/11/24	R02	Mañana	Rutinaria	1
D003	4/11/24	R03	Tarde	Urgente	0
D004	4/11/24	R04	Noche	Rutinaria	0
D005	5/11/24	R05	Mañana	Planificada	1
D006	5/11/24	R02	Mañana	Urgente	0
D007	5/11/24	R06	Tarde	Rutinaria	1
D008	5/11/24	R07	Noche	Urgente	0
D009	6/11/24	R01	Mañana	Rutinaria	1
D010	6/11/24	R03	Tarde	Planificada	1
D011	6/11/24	R04	Noche	Urgente	0
D012	7/11/24	R08	Mañana	Planificada	1
D013	7/11/24	R02	Mañana	Rutinaria	0
D014	7/11/24	R05	Tarde	Urgente	0
D015	7/11/24	R06	Noche	Rutinaria	1
D016	8/11/24	R01	Mañana	Planificada	1
D017	8/11/24	R07	Tarde	Urgente	0
D018	8/11/24	R03	Noche	Rutinaria	0
D019	9/11/24	R04	Mañana	Planificada	1
D020	9/11/24	R02	Tarde	Rutinaria	1
D021	9/11/24	R08	Noche	Urgente	0
D022	10/11/24	R05	Mañana	Rutinaria	1
D023	11/11/24	R06	Tarde	Planificada	1
D024	11/11/24	R01	Noche	Urgente	0
D025	11/11/24	R07	Mañana	Rutinaria	0
D026	12/11/24	R03	Tarde	Planificada	1
D027	12/11/24	R04	Noche	Urgente	0
D028	12/11/24	R02	Mañana	Rutinaria	1
D029	13/11/24	R08	Tarde	Urgente	0
D030	13/11/24	R05	Noche	Planificada	1
D031	13/11/24	R06	Mañana	Rutinaria	0
D032	14/11/24	R01	Tarde	Urgente	0
D033	14/11/24	R07	Noche	Planificada	1
D034	14/11/24	R03	Mañana	Rutinaria	1
D035	15/11/24	R04	Tarde	Urgente	0
D036	15/11/24	R02	Noche	Rutinaria	0
D037	15/11/24	R08	Mañana	Planificada	1

D038	16/11/24	R05	Tarde	Rutinaria	1
D039	16/11/24	R06	Noche	Urgente	0
D040	16/11/24	R01	Mañana	Planificada	1
D041	17/11/24	R07	Tarde	Urgente	0
D042	17/11/24	R03	Noche	Rutinaria	0
D043	17/11/24	R04	Mañana	Planificada	1
D044	18/11/24	R02	Tarde	Rutinaria	1
D045	18/11/24	R08	Noche	Urgente	0
D046	18/11/24	R05	Mañana	Planificada	1
D047	19/11/24	R06	Tarde	Rutinaria	0
D048	19/11/24	R01	Noche	Urgente	0
D049	19/11/24	R07	Mañana	Planificada	1
D050	20/11/24	R03	Tarde	Rutinaria	1
D051	20/11/24	R04	Noche	Urgente	0
D052	20/11/24	R02	Mañana	Rutinaria	0
D053	21/11/24	R08	Tarde	Planificada	1
D054	21/11/24	R05	Noche	Urgente	0
D055	21/11/24	R06	Mañana	Rutinaria	1
D056	22/11/24	R01	Tarde	Planificada	1
D057	22/11/24	R07	Noche	Urgente	0
D058	22/11/24	R03	Mañana	Rutinaria	0
D059	23/11/24	R04	Tarde	Planificada	1
D060	23/11/24	R02	Noche	Rutinaria	1
D061	23/11/24	R08	Mañana	Urgente	0
D062	24/11/24	R05	Tarde	Rutinaria	0
D063	25/11/24	R06	Noche	Planificada	1
D064	25/11/24	R01	Mañana	Urgente	0
D065	25/11/24	R07	Tarde	Rutinaria	1
D066	26/11/24	R03	Noche	Urgente	0
D067	26/11/24	R04	Mañana	Planificada	1
D068	26/11/24	R02	Tarde	Rutinaria	0
D069	27/11/24	R08	Noche	Urgente	0
D070	27/11/24	R05	Mañana	Planificada	1
D071	27/11/24	R06	Tarde	Rutinaria	1
D072	28/11/24	R01	Noche	Urgente	0
D073	28/11/24	R07	Mañana	Planificada	1
D074	28/11/24	R03	Tarde	Rutinaria	0
D075	29/11/24	R04	Noche	Urgente	0
D076	29/11/24	R02	Mañana	Rutinaria	1
D077	29/11/24	R08	Tarde	Planificada	1
D078	30/11/24	R05	Noche	Urgente	0
D079	30/11/24	R06	Mañana	Rutinaria	0
D080	30/11/24	R01	Tarde	Planificada	1

D081	1/12/24	R07	Noche	Rutinaria	1
D082	1/12/24	R03	Mañana	Urgente	0
D083	1/12/24	R04	Tarde	Planificada	1
D084	2/12/24	R02	Noche	Rutinaria	0
D085	2/12/24	R08	Mañana	Urgente	0
D086	2/12/24	R05	Tarde	Planificada	1
D087	3/12/24	R06	Noche	Rutinaria	1
D088	3/12/24	R01	Mañana	Urgente	0
D089	3/12/24	R07	Tarde	Rutinaria	0
D090	3/12/24	R03	Noche	Planificada	1
D091	4/12/24	R04	Mañana	Rutinaria	1
D092	4/12/24	R02	Tarde	Urgente	0
D093	4/12/24	R08	Noche	Planificada	1
D094	5/12/24	R05	Mañana	Rutinaria	0
D095	5/12/24	R06	Tarde	Urgente	0
D096	5/12/24	R01	Noche	Planificada	1
D097	6/12/24	R07	Mañana	Rutinaria	1
D098	6/12/24	R03	Tarde	Urgente	0
D099	6/12/24	R04	Noche	Rutinaria	0
D100	7/12/24	R02	Mañana	Planificada	1
D101	7/12/24	R08	Tarde	Rutinaria	1
D102	7/12/24	R05	Noche	Urgente	0
D103	8/12/24	R06	Mañana	Planificada	1
D104	8/12/24	R01	Tarde	Rutinaria	0
D105	8/12/24	R07	Noche	Urgente	0
D106	9/12/24	R03	Mañana	Planificada	1
D107	9/12/24	R04	Tarde	Rutinaria	1
D108	9/12/24	R02	Noche	Urgente	0
D109	10/12/24	R08	Mañana	Rutinaria	0
D110	10/12/24	R05	Tarde	Planificada	1
D111	10/12/24	R06	Noche	Urgente	0
D112	11/12/24	R01	Mañana	Rutinaria	1
D113	11/12/24	R07	Tarde	Planificada	1
D114	11/12/24	R03	Noche	Urgente	0
D115	12/12/24	R04	Mañana	Rutinaria	0
D116	12/12/24	R02	Tarde	Planificada	1
D117	12/12/24	R08	Noche	Urgente	0
D118	13/12/24	R05	Mañana	Rutinaria	1
D119	13/12/24	R06	Tarde	Planificada	1
D120	13/12/24	R01	Noche	Urgente	0
D121	14/12/24	R07	Mañana	Rutinaria	0
D122	14/12/24	R03	Tarde	Planificada	1
D123	14/12/24	R04	Noche	Urgente	0

D124	15/12/24	R02	Mañana	Rutinaria	1
D125	15/12/24	R08	Tarde	Planificada	1
D126	15/12/24	R05	Noche	Urgente	0
D127	16/12/24	R06	Mañana	Rutinaria	0
D128	16/12/24	R01	Tarde	Planificada	1
D129	16/12/24	R07	Noche	Urgente	0
D130	17/12/24	R03	Mañana	Rutinaria	1
D131	17/12/24	R04	Tarde	Planificada	1
D132	17/12/24	R02	Noche	Urgente	0

Tabla 30: Respuestas decisiones informadas postprueba

id_decision	fecha	responsable	turno	tipo_decision	decisión_informada
D001	6/01/25	R01	Mañana	Planificada	1
D002	6/01/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D003	6/01/25	R03	Tarde	Urgente	1
D004	6/01/25	R04	Noche	Rutinaria	1
D005	7/01/25	R05	Mañana	Planificada	1
D006	7/01/25	R02	Mañana	Urgente	0
D007	7/01/25	R06	Tarde	Rutinaria	1
D008	7/01/25	R07	Noche	Urgente	1
D009	8/01/25	R01	Mañana	Rutinaria	1
D010	8/01/25	R03	Tarde	Planificada	1
D011	8/01/25	R04	Noche	Urgente	0
D012	9/01/25	R08	Mañana	Planificada	1
D013	9/01/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D014	9/01/25	R05	Tarde	Urgente	1
D015	9/01/25	R06	Noche	Rutinaria	1
D016	10/01/25	R01	Mañana	Planificada	1
D017	10/01/25	R07	Tarde	Urgente	0
D018	10/01/25	R03	Noche	Rutinaria	1
D019	11/01/25	R04	Mañana	Planificada	1
D020	11/01/25	R02	Tarde	Rutinaria	1
D021	11/01/25	R08	Noche	Urgente	1
D022	12/01/25	R05	Mañana	Rutinaria	1
D023	13/01/25	R06	Tarde	Planificada	1
D024	13/01/25	R01	Noche	Urgente	0
D025	13/01/25	R07	Mañana	Rutinaria	1
D026	14/01/25	R03	Tarde	Planificada	1

D027	14/01/25	R04	Noche	Urgente	1
D028	14/01/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D029	15/01/25	R08	Tarde	Urgente	0
D030	15/01/25	R05	Noche	Planificada	1
D031	15/01/25	R06	Mañana	Rutinaria	1
D032	16/01/25	R01	Tarde	Urgente	1
D033	16/01/25	R07	Noche	Planificada	1
D034	16/01/25	R03	Mañana	Rutinaria	1
D035	17/01/25	R04	Tarde	Urgente	0
D036	17/01/25	R02	Noche	Rutinaria	1
D037	17/01/25	R08	Mañana	Planificada	1
D038	18/01/25	R05	Tarde	Rutinaria	1
D039	18/01/25	R06	Noche	Urgente	1
D040	18/01/25	R01	Mañana	Planificada	1
D041	19/01/25	R07	Tarde	Urgente	0
D042	19/01/25	R03	Noche	Rutinaria	1
D043	19/01/25	R04	Mañana	Planificada	1
D044	20/01/25	R02	Tarde	Rutinaria	1
D045	20/01/25	R08	Noche	Urgente	1
D046	20/01/25	R05	Mañana	Planificada	1
D047	21/01/25	R06	Tarde	Rutinaria	1
D048	21/01/25	R01	Noche	Urgente	0
D049	21/01/25	R07	Mañana	Planificada	1
D050	22/01/25	R03	Tarde	Rutinaria	1
D051	22/01/25	R04	Noche	Urgente	1
D052	22/01/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D053	23/01/25	R08	Tarde	Planificada	1
D054	23/01/25	R05	Noche	Urgente	0
D055	23/01/25	R06	Mañana	Rutinaria	1
D056	24/01/25	R01	Tarde	Planificada	1
D057	24/01/25	R07	Noche	Urgente	1
D058	24/01/25	R03	Mañana	Rutinaria	1
D059	25/01/25	R04	Tarde	Planificada	1
D060	25/01/25	R02	Noche	Rutinaria	1
D061	25/01/25	R08	Mañana	Urgente	0
D062	26/01/25	R05	Tarde	Rutinaria	1
D063	27/01/25	R06	Noche	Planificada	1
D064	27/01/25	R01	Mañana	Urgente	1
D065	27/01/25	R07	Tarde	Rutinaria	1
D066	28/01/25	R03	Noche	Urgente	0
D067	28/01/25	R04	Mañana	Planificada	1
D068	28/01/25	R02	Tarde	Rutinaria	1
D069	29/01/25	R08	Noche	Urgente	1

D070	29/01/25	R05	Mañana	Planificada	1
D071	29/01/25	R06	Tarde	Rutinaria	1
D072	30/01/25	R01	Noche	Urgente	0
D073	30/01/25	R07	Mañana	Planificada	1
D074	30/01/25	R03	Tarde	Rutinaria	1
D075	31/01/25	R04	Noche	Urgente	1
D076	31/01/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D077	31/01/25	R08	Tarde	Planificada	1
D078	1/02/25	R05	Noche	Urgente	0
D079	1/02/25	R06	Mañana	Rutinaria	1
D080	1/02/25	R01	Tarde	Planificada	1
D081	2/02/25	R07	Noche	Rutinaria	1
D082	2/02/25	R03	Mañana	Urgente	1
D083	2/02/25	R04	Tarde	Planificada	1
D084	3/02/25	R02	Noche	Rutinaria	1
D085	3/02/25	R08	Mañana	Urgente	0
D086	3/02/25	R05	Tarde	Planificada	1
D087	4/02/25	R06	Noche	Rutinaria	1
D088	4/02/25	R01	Mañana	Urgente	1
D089	4/02/25	R07	Tarde	Rutinaria	1
D090	4/02/25	R03	Noche	Planificada	1
D091	5/02/25	R04	Mañana	Rutinaria	1
D092	5/02/25	R02	Tarde	Urgente	0
D093	5/02/25	R08	Noche	Planificada	1
D094	6/02/25	R05	Mañana	Rutinaria	1
D095	6/02/25	R06	Tarde	Urgente	1
D096	6/02/25	R01	Noche	Planificada	1
D097	7/02/25	R07	Mañana	Rutinaria	1
D098	7/02/25	R03	Tarde	Urgente	0
D099	7/02/25	R04	Noche	Rutinaria	1
D100	8/02/25	R02	Mañana	Planificada	1
D101	8/02/25	R08	Tarde	Rutinaria	1
D102	8/02/25	R05	Noche	Urgente	1
D103	9/02/25	R06	Mañana	Planificada	1
D104	9/02/25	R01	Tarde	Rutinaria	1
D105	9/02/25	R07	Noche	Urgente	0
D106	10/02/25	R03	Mañana	Planificada	1
D107	10/02/25	R04	Tarde	Rutinaria	1
D108	10/02/25	R02	Noche	Urgente	1
D109	11/02/25	R08	Mañana	Rutinaria	1
D110	11/02/25	R05	Tarde	Planificada	1
D111	11/02/25	R06	Noche	Urgente	0
D112	12/02/25	R01	Mañana	Rutinaria	1

D113	12/02/25	R07	Tarde	Planificada	1
D114	12/02/25	R03	Noche	Urgente	1
D115	13/02/25	R04	Mañana	Rutinaria	1
D116	13/02/25	R02	Tarde	Planificada	1
D117	13/02/25	R08	Noche	Urgente	0
D118	14/02/25	R05	Mañana	Rutinaria	1
D119	14/02/25	R06	Tarde	Planificada	1
D120	14/02/25	R01	Noche	Urgente	1
D121	15/02/25	R07	Mañana	Rutinaria	1
D122	15/02/25	R03	Tarde	Planificada	1
D123	15/02/25	R04	Noche	Urgente	0
D124	16/02/25	R02	Mañana	Rutinaria	1
D125	16/02/25	R08	Tarde	Planificada	1
D126	16/02/25	R05	Noche	Urgente	1
D127	17/02/25	R06	Mañana	Rutinaria	1
D128	17/02/25	R01	Tarde	Planificada	1
D129	17/02/25	R07	Noche	Urgente	0
D130	18/02/25	R03	Mañana	Rutinaria	1
D131	18/02/25	R04	Tarde	Planificada	1
D132	18/02/25	R02	Noche	Urgente	1

7.4 Anexo 4

Diagramas UML

Figura 30: Diagrama de Paquetes y Casos de Uso

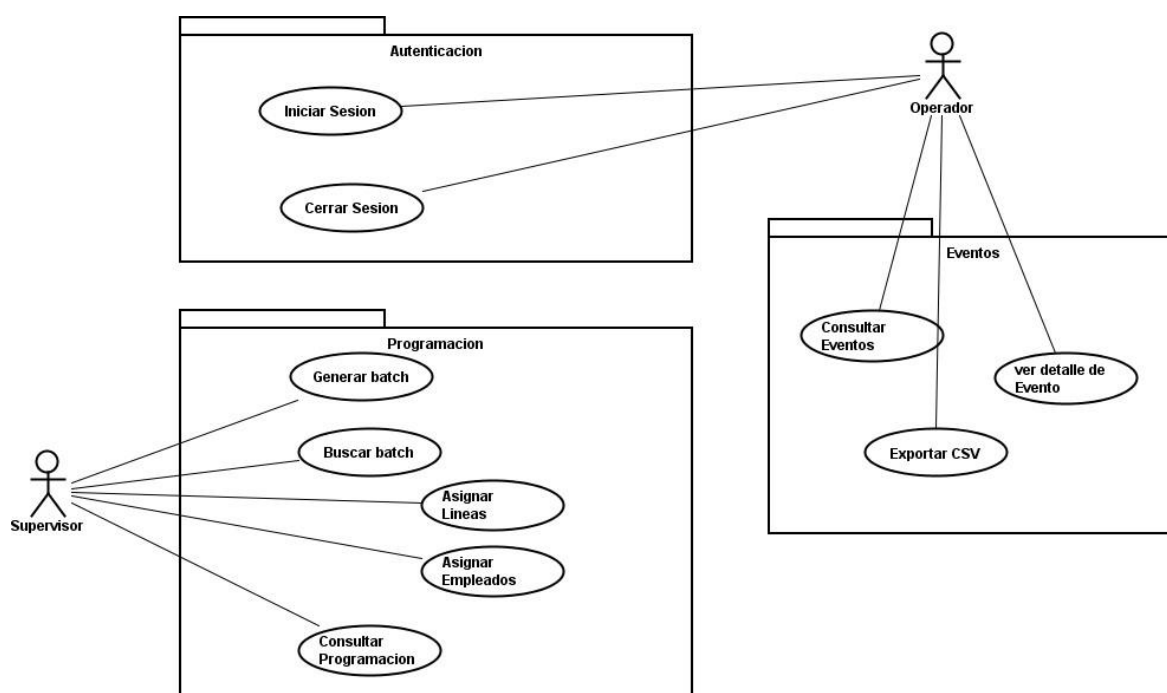


Figura 31: Diagrama de Actividad

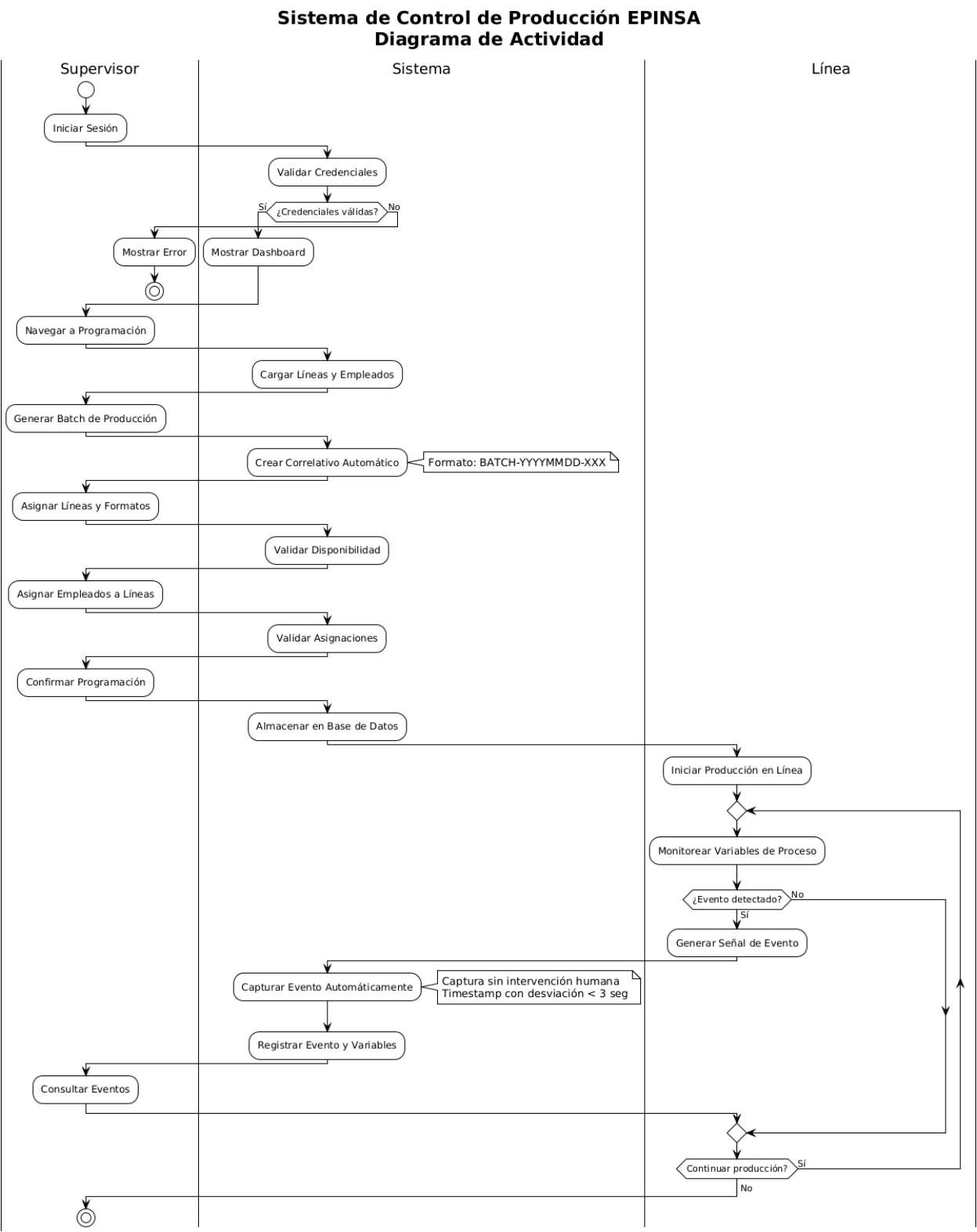


Figura 32: Diagrama de Clases

