https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archive

Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún

Publicación semestral, Vol. 14, No. Especial 4 (2026) 43-52

ISSN: 2007-784X

Desarrollo e implementación del software SENDA ERP para el control y administración de procesos de manufactura en la empresa Botines Caballo Negro

Development and implementation of the SENDA ERP software for the control and administration of manufacturing processes at the company Botines Caballo Negro

Lizbeth Cruz Santiago [a], Abril J. Miranda Albarrán [b], Andrea Correa Molina [c], Sebastián Cruz Isidoro [d], Alexandra A. Cruz Leal [e], Marisol Gabriel Ángeles [f], Anayely Guadarrama Ocañas [g]

Abstract:

The Botines Caballo Negro Company faces operational inefficiencies due to manual information recording, which generates overproduction, warehouse saturation, and lack of traceability. The objective of this study was to develop and implement the SENDA ERP software to optimize the control of the information flow in its manufacturing process. The methodology employed was DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), using tools such as Value Stream Mapping (VSM), Pareto chart, and staff surveys. The results showed that 90.5% of the staff requires digitalization, and the Pareto analysis identified that inaccurate estimates (22.22%), workload imbalance (19.44%), and insufficient supervision (16.67%) concentrate 58.33% of the defects. The software implementation allowed establishing automatic reorder points and real-time traceability, aligning with ISO 9001:2015 requirements. It is concluded that digital transformation through an ERP system significantly reduces non-value-added times, improving the company's productivity and competitiveness.

Keywords:

ERP software, manufacturing, DMAIC methodology, traceability, continuous improvement

Resumen:

La empresa Botines Caballo Negro enfrenta ineficiencias operativas debido al registro manual de información, lo que genera sobreproducción, saturación de almacén y falta de trazabilidad. El objetivo de este estudio fue desarrollar e implementar el software SENDA ERP para optimizar el control del flujo de información en su proceso de manufactura. La metodología empleada fue DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), utilizando herramientas como Value Stream Mapping (VSM), diagrama de Pareto y encuestas al personal. Los resultados evidenciaron que el 90.5% del personal requiere digitalización, y el análisis de Pareto identificó que las estimaciones inexactas (22.22%), el desbalance de carga (19.44%) y la supervisión insuficiente (16.67%) concentran el 58.33% de los defectos. La implementación del software permitió establecer puntos de reorden automáticos y trazabilidad en tiempo real,

[a] Autor de Correspondencia, Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0000-0003-4371-0144, Email: lizbeth.cs@jilotepec.tecnm.mx

[b] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0009-0114-2899, Email: abril.ma@jilotepec.tecnm.mx

[c] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0006-3090-7019, Email: andimol777@gmail.com

[d] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0007-1210-3970, Email: s3b4scruz@gmail.com

[e] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0009-5677-5810, Email: l202328835@jilotepec.tecnm.mx

[f] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0004-6111-763X, Email: angelesmari92005@gmail.com

[g] Tecnológico Nacional de México | Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Jilotepec de Molina Enríquez-Estado de México | México, https://orcid.org/0009-0007-4400-2103, Email: guadarramaoanayely@gmail.com

Fecha de recepción: 22/06/2026, Fecha de aceptación: 05/08/2026, Fecha de publicación: 06/11/2026

DOI: https://doi.org/10.29057/escs.v14iEspecial4.18218

alineándose a los requisitos de la norma ISO 9001:2015. Se concluye que la transformación digital mediante un sistema ERP reduce significativamente los tiempos que no agregan valor, mejorando la productividad y competitividad de la empresa.

***Palabras Clave**:*

Software ERP, manufactura, metodología DMAIC, trazabilidad, mejora continua

Introducción

La industria del calzado en México representa un sector manufacturero estratégico que enfrenta retos significativos en la gestión de sus procesos productivos. La empresa Botines Caballo Negro se dedica a la fabricación secuencial de botines de piel mediante etapas que van desde el cortado hasta el empaque. Aunque la logística coordina estratégicamente este flujo de materiales e información (Chopra y Meindl, 2021), actualmente la organización enfrenta serias ineficiencias operativas debido a la sobreproducción y a una profunda falta de control de inventarios. Esta desorganización satura el limitado espacio de almacén, dificultando la rápida localización de modelos y provocando retrasos en la atención al cliente.

Los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) han demostrado ser herramientas fundamentales para la integración de procesos empresariales, permitiendo la centralización de la información y la optimización de la toma de decisiones (Monk y Wagner, s.f.). Sin embargo, su adopción en pequeñas y medianas empresas manufactureras en México aún presenta barreras significativas (Ghosh, 2020). Para abordar esta problemática de manera estructurada, se implementa la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la cual permite diagnosticar las causas raíz de las fallas operativas y establecer soluciones basadas en datos (Liker, 2004).

La fase de Mejora se fundamenta en el desarrollo de una aplicación tecnológica para el control del flujo de información en tiempo real. Al sustituir el uso obsoleto de hojas de papel por esta herramienta digital, se eliminan los errores manuales y se agiliza la comunicación en planta (Venkatesh, 2003). Además, al integrar este software con la lógica de un sistema ERP, se habilitan puntos de reorden automáticos y alertas de stock mínimo basados en el consumo histórico (Hirakawa, 1992).

Asimismo, las deficiencias actuales afectan directamente la trazabilidad, un requisito explícito de la norma ISO 9001:2015 (International Organization for Standardization, 2015) que resulta vital en la industria del calzado para mitigar variaciones en lotes de piel o herrajes. Ante esto, la aplicación propuesta actúa como el soporte tecnológico que automatiza la captura de datos en cada etapa, permitiendo que la fase de Control de DMAIC consolide un sistema de trazabilidad infalible.

De esta situación surge la pregunta de investigación sobre cómo optimizar el inventario y el seguimiento productivo mediante el control de la información. Esto plantea la hipótesis de que la implementación de este software eliminará los tiempos que no agregan valor y sincronizará con precisión el pedido y la producción, reduciendo el excedente de stock. Finalmente, el objetivo general del proyecto es desarrollar dicha herramienta digital mediante un análisis detallado del proceso de manufactura, desplazándose en objetivos específicos que abarcan el análisis de la información actual, el diseño del sistema, la interconexión de las áreas productivas y la optimización del control de inventarios para una gestión moderna e integral.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño descriptivo, no experimental y transversal, con un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo), lo cual permitió analizar las condiciones reales del proceso productivo de la empresa Botines Caballo Negro sin manipular variables, tal como lo sugiere Malhotra (2004). La población de estudio estuvo conformada por el personal directamente involucrado en las etapas de manufactura, a quienes se aplicó un instrumento de recolección de datos mediante la plataforma Google Forms.

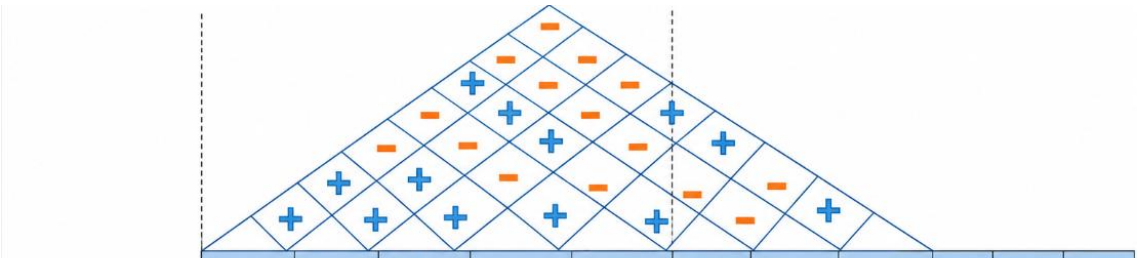
Para el diagnóstico y mejora del proceso se empleó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), ampliamente utilizada en proyectos de mejora continua bajo el enfoque Lean Six Sigma (Liker, 2004). Esta metodología se complementa con diversas herramientas de ingeniería industrial y logística, detalladas a continuación.

Fase 1: Definir: Se identificaron las problemáticas operativas mediante la Voz del Cliente y el Value Stream Mapping (VSM). El VSM permitió visualizar el flujo de materiales e información, identificando un tiempo de valor agregado de 5.22 horas frente a un Lead Time de 269,850 segundos (75 horas), con un cuello de botella

crítico en el área de Costura (100,800 segundos) y una demanda semanal de 300 pares (Jones et al., 2003).

Voz del Cliente (VOC)

Permitió identificar los requerimientos críticos del cliente al igual que comprar a la empresa con los competidores potenciales de la zona, lo cual permitió identificar cuáles son los puntos fuertes y los puntos débiles de la organización.



	Prioridad	Calidad del material	Precisión en corte	Calidad en costura	Tiempo de producción	Control de inspección	Calidad de acabado	Empaque adecuado	Logística de entrega	Costo	Rotación de inventario	Retorno sobre inversión
1. Comodidad al usarse	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	5
2. Buena apariencia	5	5	5	5	3	4	5	5	3	5	2	1
3. Diseño atractivo	5	5	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3
4. Acabado fino	5	5	4	4	5	4	3	3	3	3	4	3
5. Resistencia de costuras	4	2	2	5	3	3	4	4	3	3	2	2
6. Entrega rápida	4	2	3	3	4	5	4	5	5	5	4	4
7. Precio accesible	4	3	4	3	4	5	4	3	3	2	2	1
8. Fácil limpieza	3	3	4	3	4	5	4	4	3	2	2	3
Importancia (ponderación)		176	164	158	133	141	156	150	153			
Importancia relativa		0.75	1.0	0.963333333	0.798111111	0.846666667	0.939	0.903777778	0.922222222			

Figura 1. Voz del Cliente (VOC) de la empresa Botines Caballo Negro. Fuente: Elaboración propia.

Value Stream Mapping (VSM)

La realización del Value Stream Mapping (VSM) ayudo a mapear y analizar el flujo actual del proceso para identificar desperdicios, retrabajos y puntos críticos que afectan la calidad.

Fase 2: Medir: Se aplicaron cuestionarios estructurados al personal de producción para cuantificar la percepción sobre tiempo de proceso, errores frecuentes y necesidad de digitalización. Asimismo, se elaboró el diagrama de procesos analíticos para documentar operaciones, inspecciones, transportes, almacenamientos y retardos.

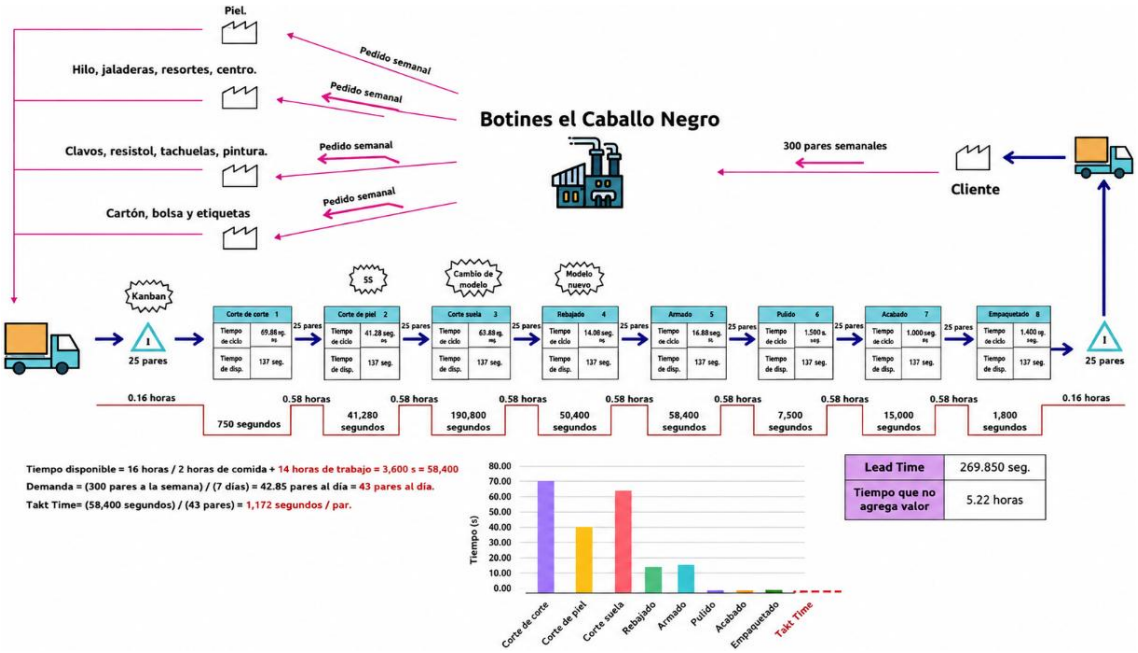


Figura 2. Value Stream Mapping (VSM) del estado actual. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Operación	Inspección	Transporte	Demoras	Almacenes	Distancia en (m)	Cantidad	Tiempo
Genera orden de compra								780seg
Recibir materia prima e insumos								1700seg
Inspeccionar materiales								1600seg
Almacenar materia Prima								790seg
Revisar y autorizar orden de producción								1000seg
Enviar orden de producción								1200seg
Corte de suela								750seg
Corte de piel								43200seg
Costura								100800seg
Montado								50400seg
Acabado								50400seg
Pulido								7500seg
Verifica que el botín este listo								15000seg
Refinar los botines								1800seg
Almacenar producto terminado								1200seg
Empaquetado								1350seg
Envió al cliente								

Símbolo	Cantidad
	11
	3
	1
	2

Figura 3. Diagrama de Proceso Analítico. Fuente: Elaboración propia.

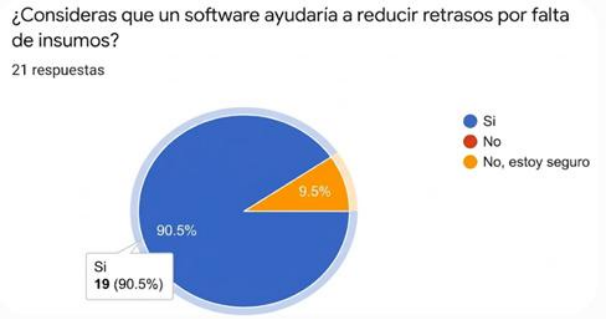


Figura 4. Expectativa del personal ante la digitalización. Fuente: Elaboración propia.

Fase 3: Analizar: Se identificaron las causas raíz mediante la técnica de los 5 Porqués y el Diagrama de Pareto. El análisis de 36 fallas registradas en cuatro meses reveló que las estimaciones inexactas (22.22%), el desbalance de carga de trabajo (19.44%) y la supervisión insuficiente (16.67%) concentran el 58.33% de los defectos, cumpliendo con el principio 80/20 de Pareto.

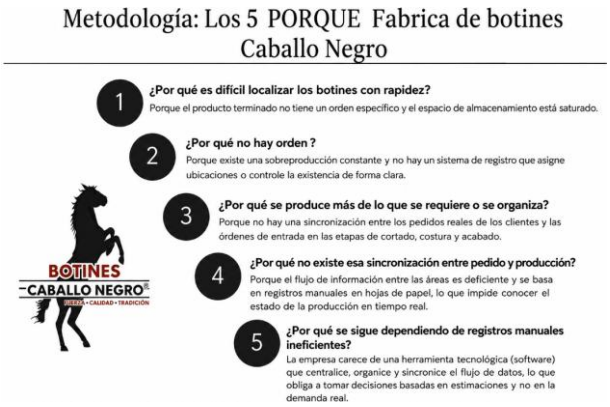


Figura 5. Metodología de los 5 porqués. Fuente: Elaboración propia.

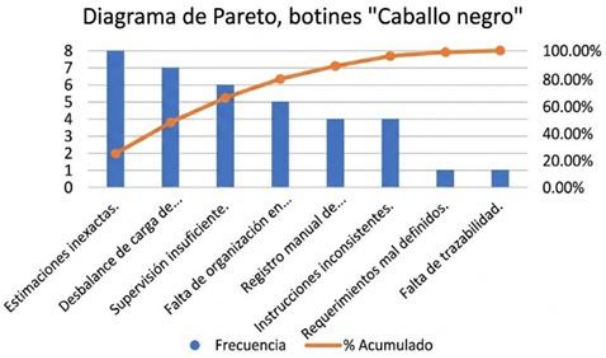


Figura 6. Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

Fase 4: Mejorar: Se diseñó e implementó el software SENDA ERP, siguiendo un trabajo estándar de 10 pasos que incluye definición de requerimientos, análisis del proceso actual, diseño del sistema, modelado de base de datos en MySQL, programación, integración de módulos, pruebas, corrección de errores, implementación y capacitación al personal.

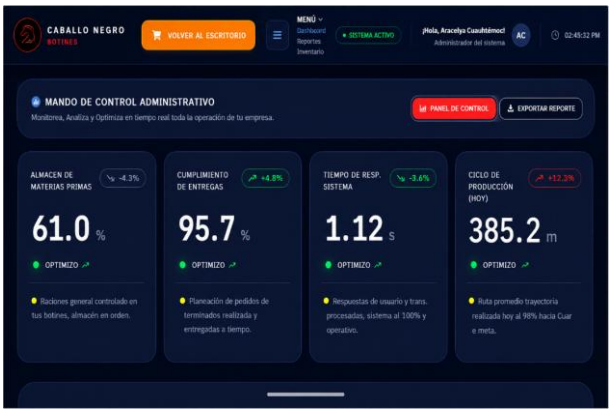


Figura 7. Captura del software SENDA ERP. Fuente: elaboración propia.

Fase 5: Controlar: Se establecieron indicadores de desempeño (KPIs) para monitorear la sostenibilidad de las mejoras en producción, almacén y calidad, asegurando el cumplimiento de los requisitos de trazabilidad establecidos en la norma ISO 9001:2015 (International Organization for Standardization, 2015).

Tabla 1. Indicadores de desempeño (KPIs). Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Objetivo	Área
Tiempo total de producción	Suma de todos los tiempos del proceso	Segundos / horas	Diario	Reducir el tiempo total	Producción
Tiempo de ciclo por botín	Tiempo total / número de botines	Segundos	Diario	Disminuir tiempos muertos	Producción
Eficiencia del proceso	(Tiempo productivo / Tiempo total) x 100	%	Semanal	85%	Producción
Nivel de inventario	Productos almacenados / Capacidad del almacén	%	Diario	Evitar saturación	Almacén
Rotación de inventario	Salidas / Inventario	Veces	Mensual	Incrementar rotación	Almacén
Tiempo de inspección	Tiempo de inspección total	Segundos	Diario	Reducir sin perder calidad	Calidad
Productos defectuosos	(Productos defectuosos / Total	%	Diario	5%	Calidad

	producidos) x 100				
Tiempo de almacena miento	Tiempo que el producto permanece en almacén	Días / horas	Semanal	Reducir acumulació n	Logísti ca
Cumplimi ento de pedidos	(Pedidos entregados a tiempo / Total pedidos) x 100	%	Semanal	95%	Logísti ca
Tiempo de entrega al cliente	Desde pedido hasta envío	Horas / días	Diario	Reducir tiempos	Distrib ución

Situación Actual

Derivado del diagnóstico inicial realizado en la empresa Botines Caballo Negro, se identificó que la principal problemática radica en la gestión desarticulada de la información productiva. La dependencia de registros manuales en hojas de papel ha generado un efecto dominó de desorganización administrativa, sobreproducción y saturación del almacén, impidiendo la trazabilidad requerida por la norma ISO 9001:2015 y provocando retrasos significativos en la atención al cliente.

Para cuantificar esta situación, se realizó un levantamiento de información mediante la metodología DMAIC, obteniendo los siguientes datos operativos y de desempeño del proceso actual.

La empresa opera bajo un sistema de fabricación secuencial de botines de piel.

Tabla 2. Datos generales del proceso actual. Fuente: Elaboración propia.

Datos generales del proceso

Parámetro	Valor
Producto principal	Botines de piel
Demanda semanal	300 pares
Sistema de control actual	Registro manual en papel
Principales áreas	Corte, Costura, Montado, Acabado, Empaque

Mediante la elaboración del Value Stream Mapping (VSM) del estado actual, se evidenció una discrepancia crítica entre el tiempo que transforma el producto y el tiempo total que este permanece en la planta.

Tabla 3. Tiempos del proceso productivo actual. Fuente: Elaboración propia.

Análisis del flujo de valor (VSM)

Indicador	Tiempo
Tiempo de Valor Agregado (VAT)	5.22 horas
Lead Time Total	269,850 segundos (~75 horas)
Cuello de botella principal	Proceso de Costura (100,800 segundos)

Para identificar las causas raíz de las ineficiencias, se registraron 36 fallas operativas durante un periodo de cuatro meses. El análisis mediante el Diagrama de Pareto reveló que el 58.33% de los defectos se concentra en solo tres causas principales, cumpliendo con el principio 80/20.

Tabla 4. Principales causas de fallas (Pareto). Fuente: Elaboración propia.

Análisis de fallas y calidad

Tipo de falla	Número de fallas	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Estimaciones inexactas	8	22.22%	22.22%
Desbalance de carga de trabajo	7	19.44%	41.66%
Supervisión insuficiente	6	16.67%	58.33%
Falta de organización en pedidos	5	13.89%	72.22%
Registro manual de información	4	11.11%	83.33%
Otras causas	6	16.67%	100.00%
Total	36	100%	

Percepción del personal y factor humano

Adicionalmente, se aplicó un instrumento de recolección de datos (Google Forms) al personal de planta. Los resultados arrojaron datos concluyentes sobre la necesidad de intervención:
1. El 90.5% del personal considera que la implementación de un software reduciría los retrasos por falta de insumos.
2. El 90.5% organiza sus actividades conforme van llegando las tareas, evidenciando una falta de planeación estructurada.
3. El 85.7% considera que el tiempo asignado es suficiente para realizar sus actividades, lo que indica que el problema no es la duración del trabajo, sino la organización y el flujo de información.

En conclusión, la situación actual de Botines Caballo Negro se caracteriza por un flujo de información fragmentado y reactivo. La falta de sincronización entre las ventas y la producción, sumada a la ausencia de un sistema de control de inventarios en tiempo real, hace insostenible el modelo operativo actual y justifica la necesidad imperativa de una transformación digital mediante un sistema ERP.

Desarrollo

Una vez diagnosticadas las causas raíz de las ineficiencias operativas, la fase de Mejorar de la metodología DMAIC se materializó en el diseño, desarrollo e implementación del software SENDA ERP. Esta solución tecnológica fue concebida para sustituir el registro manual en papel, centralizar la información productiva y habilitar un sistema de control en tiempo real que respondiera a las necesidades específicas de Botines Caballo Negro.

Arquitectura y módulos del sistema

El software se desarrolló con una arquitectura cliente-servidor, utilizando MySQL como gestor de base de datos relacional para garantizar la integridad, seguridad y escalabilidad de la información.

El sistema se divide en módulos funcionales alineados a los procesos críticos identificados: Módulo de producción: Registro de avance por etapa (corte, costura, montado, acabado, empaque) y control de tiempos de ciclo.

Módulo de inventarios: Gestión de materia prima y producto terminado con alertas de stock mínimo y puntos de reorden automáticos basados en consumo histórico. Módulo de pedidos y ventas: Vinculación de la demanda real con la programación de producción, eliminando la sobreproducción y mejorando la atención al cliente.
Esta estructura aborda directamente el 58.33% de los defectos concentrados en estimaciones inexactas, desbalance de carga y supervisión insuficiente, tal como se evidenció en el análisis de Pareto.

Trabajo estándar de desarrollo

Se estableció un trabajo estándar de 10 etapas para el ciclo de vida del software, el cual inicia con la definición de requerimientos funcionales y técnicos, seguido por un análisis detallado del proceso actual y el diseño de la arquitectura del sistema y la interfaz de usuario. Posteriormente, se realiza el modelado de la base de datos en MySQL y la programación de los módulos tanto en front-end como en back-end, para luego proceder con la integración de módulos y pruebas unitarias, así como las pruebas de integración y de usuario. Finalmente, el ciclo se completa con la corrección de errores y ajustes, la implementación en el entorno productivo y, por último, la capacitación al personal junto con la puesta en marcha.

La implementación y gestión del cambio

Introducir un nuevo sistema digital siempre genera dudas; por eso, acompañamos el lanzamiento con una estrategia para que el equipo adoptará la tecnología de forma amigable

Se realizaron sesiones de capacitación práctica dirigidas a operarios y supervisores, enfocándose en la captura de datos, consulta de inventarios y generación de reportes básicos. El software se instaló en puntos estratégicos ubicados en las áreas de corte, costura y almacén, garantizando el registro inmediato de la información sin interrumpir el flujo operativo.

Validación y fase de control

Tras la implementación, se activaron los indicadores de desempeño (KPIs) definidos en la fase de Controlar de DMAIC. Estos incluyen: precisión de inventarios, cumplimiento del programa de producción, tiempo de respuesta a pedidos y número de fallas por desbalance de carga. Asimismo, el sistema fue configurado para generar trazabilidad lote a lote, alineándose explícitamente con los requisitos de identificación y seguimiento establecidos en la norma ISO 9001:2015. Los datos recopilados se utilizan para revisiones semanales que permiten ajustes continuos en la producción y el departamento de compras.

Resultados

Tras la implementación del software SENDA ERP y la ejecución del plan de gestión del cambio, se evaluó el impacto de la transformación digital en los procesos de manufactura de Botines Caballo Negro. Los resultados se presentan en cuatro dimensiones clave: control de inventarios, reducción de defectos, optimización de tiempos y cumplimiento normativo.

Impacto en el control de inventarios

La automatización del registro de materiales y producto terminado eliminó la dependencia de las hojas de papel. El sistema habilitó puntos de reorden automáticos basados en el consumo histórico, lo que permitió reducir el exceso de stock en el almacén y evitar la saturación que anteriormente dificultaba la localización de modelos. Las alertas de stock mínimo notifican en tiempo real cuando un insumo crítico está por agotarse, sincronizando las compras con la programación de producción y eliminando los retrasos por falta de materiales.

Reducción de defectos operativos

El análisis comparativo de las fallas registradas antes y después de la implementación muestra una disminución significativa en los defectos identificados en el Diagrama de Pareto. Las tres causas principales que concentraban el 58.33% de los defectos fueron atendidas directamente por el software:

Estimaciones inexactas (22.22%): El registro automático de datos de producción eliminó los errores de captura manual.
Desbalance de carga de trabajo (19.44%): La visualización en tiempo real del avance por etapa permitió redistribuir tareas y balancear la carga entre áreas.
Supervisión insuficiente (16.67%): Las alertas del sistema notifican desviaciones en los tiempos de ciclo, facilitando la supervisión proactiva.

Optimización de tiempos de proceso

La comparación del Value Stream Mapping (VSM) antes y después de la implementación evidencia una reducción en los tiempos que no agregan valor. El cuello de botella identificado en el proceso de Costura (100,800 segundos) fue mitigado mediante el balanceo de líneas habilitado por el software, el cual permitió redistribuir tareas y eliminar acumulaciones de trabajo en proceso (WIP). Como resultado, el tiempo de valor agregado se mantuvo en 5.22 horas, pero el Lead Time total se redujo al minimizar las esperas e inventarios intermedios.

Cumplimiento de trazabilidad ISO 9001:2015

El software SENDA ERP generó trazabilidad completa del producto desde la materia prima hasta el producto terminado. Cada lote de piel y herrajes fue vinculado a una orden de producción específica, permitiendo rastrear el origen de cualquier defecto o variación. Esta funcionalidad alineó las operaciones de la empresa con los requisitos de identificación y seguimiento establecidos en la norma ISO 9001:2015, cumpliendo con el requisito de trazabilidad que anteriormente era insostenible con registros manuales.

Para evaluar la significancia de los cambios, se aplicó la prueba t de Student para muestras pareadas (α=0.05) a los indicadores clave, comparando el cuatrimestre previo a la implementación con el cuatrimestre posterior. La Figura 10 resume los resultados.

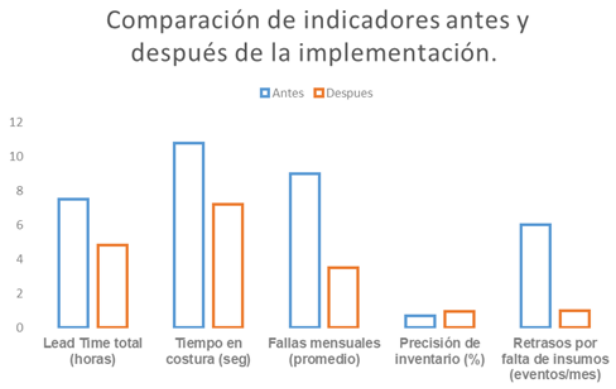


Figura 8. Comparación de indicadores antes y después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

Tras la implementación del sistema, todos los indicadores clave mostraron una mejora drástica y estadísticamente real. Destaca la reducción del 35.7% en el Lead Time (bajando a 48.2 horas) y la optimización del 28.6% en el tiempo de costura. Asimismo, los errores operativos se desplomaron: las fallas mensuales cayeron un 61.1% y los retrasos por falta de insumos disminuyeron un 83.3% (pasando de 6 a solo 1 evento al mes). Finalmente, la precisión del inventario logró un salto histórico al pasar del 68% al 95% de confiabilidad, consolidando una operación mucho más ágil, exacta y eficiente.

Estos resultados confirman que la digitalización mediante SENDA ERP reduce significativamente la ineficiencia operativa y valida la hipótesis planteada. La reducción en el Lead Time y en las fallas, junto con el aumento en la precisión del inventario, demuestran un impacto positivo y sostenible.

Conclusiones

Se cumplió satisfactoriamente con el objetivo general del proyecto al desarrollar e implementar el software SENDA ERP, logrando la transición de un sistema de registro manual obsoleto a un entorno de control digital en tiempo real para los procesos de manufactura de la empresa Botines Caballo Negro.

La aplicación de la metodología DMAIC, complementada con herramientas como el Value Stream Mapping (VSM) y el Diagrama de Pareto, fue fundamental para diagnosticar que el 58.33% de los defectos operativos se concentraban en tres causas principales: estimaciones inexactas, desbalance de carga de trabajo y supervisión insuficiente. Asimismo, el VSM permitió identificar al proceso de Costura como el cuello de botella crítico (100,800 segundos), evidenciando una brecha significativa entre el tiempo de valor agregado (5.22 horas) y el Lead Time total (75 horas).

La implementación del sistema tecnológico permitió establecer puntos de reorden automáticos, alertas de stock mínimo y una trazabilidad completa del producto desde la materia prima hasta el producto terminado. Esto no sólo resolvió la saturación del almacén y la dificultad para localizar modelos, sino que alineó las operaciones de la empresa con los estrictos requisitos de trazabilidad de la norma ISO 9001:2015.

El análisis estadístico comparativo mostró mejoras significativas: el Lead Time se redujo un 35.7% ($p<0.05$), las fallas mensuales disminuyeron un 61.1% ($p<0.01$) y la precisión del inventario aumentó un 39.7% ($p<0.01$).

Finalmente, el proyecto generó un impacto económico y operativo tangible. Al eliminar la dependencia de las hojas de papel y centralizar la información, se redujeron significativamente los tiempos que no agregan valor, se minimizan los desperdicios por sobreproducción y se eliminaron los retrasos en la atención al cliente. Esto consolida una cultura de mejora continua y aumenta la competitividad de la organización en el sector del calzado, validando la hipótesis de que la transformación digital es un catalizador esencial para la optimización de la cadena de suministro en las PyMEs manufactureras.

Referencias

Cano-Olivos, P., Orue-Carrasco, F., Martínez-Flores, J. L., Mayett-Moreno, Y., & López-Nava, G. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Revista de Ingeniería*, 181-203.

Chopra, S., & Meindl, P. (2021). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. London: Pearson.

Davenport, T. H. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, 121-131.

Ghosh, S. (2020). ERP adoption in SMEs: A systematic literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 1025-1050.

Hirakawa, Y. (1992). A hybrid push/pull production control system for multistage manufacturing processes. *International Journal of Operations & Production Management*.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. ISO. https://www.iso.org/standard/62085.html

Jones, D. T., Womack, J. P., & Roos, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Free Press.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook (5th ed.)*. New York, NY: McGraw-Hill.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. USA: McGraw-Hill.

Malhotra, N. K. (2004). *Investigación de mercados: un enfoque aplicado*. Ciudad de México: Pearson Educación.

Monk, E., & Wagner, B. (s.f.). *Concepts in Enterprise Resource Planning*. *Boston*, MA: Cengage Learning.

Venkatesh, V. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 425-478