

Improvement Plan to reduce Cost Overruns in the Company Inversiones Vallmenti & Deyli E.I.R.L.

Carlos Ponte¹, Rosa Salazar¹ and Teodoro Geldres-Marchena² Master's Industrial Engineering

¹Students of Industrial Engineering of Universidad Privada del Norte, Peru, n00284364@upn.pe, n00141069@upn.pe

²Industrial Engineering Professor at the Universidad Privada del Norte, Peru, teodoro.geldres@upn.pe

Abstract - The general objective of this research work is to determine to what extent the improvement plan reduces the high costs in the footwear manufacturing company DEYLI Y VALLMENTI E.I.R.L. It presents a non-experimental design methodology; On the other hand, alternative solutions are proposed in relation to engineering standards, with the execution of five tools that are the implementation of policies based on the Deming Cycle, Kardex system, improvement actions based on IPERC, Heijunka planning program and 5S methodology. The results indicate that the Deming Cycle tool gives us a benefit of S/ 9,880.20, the Kardex has a benefit of S/ 52,266.95, the IPERC achieves a benefit of S/ 3,745.00, the Heijunka brings with it a benefit of S/ 5,405.64 and the 5S tool gives us a benefit of S/ 10,880. an IRR of 44% and a C/B of S/2.78 generating greater profitability for the Deyli and Vallmenti Investment Company, reducing costs incurred due to operational problems.

Keywords-- Kardex System, IPERC, Heijunka Planning Program, 5S Methodology, Promodel, Monte Carlo, cost management, operational optimization.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Plan de Mejora para reducir los Sobrecostos en la Empresa Inversiones Vallmenti & Deyli E.I.R.L

Carlos Ponte¹, Rosa Salazar¹ and Teodoro Geldres-Marchena² Master's Industrial Engineering²

¹Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, n00284364@upn.pe,
n00141069@upn.pe

²Ingeniero Industrial, profesor de la Universidad Privada del Norte, Perú, teodoro.geldres@upn.pe

Resumen– *El objetivo general de este trabajo de investigación es determinar en qué medida el plan de mejora reduce los altos costos en la empresa fabricante de calzado DEYLI Y VALEMNTI E.I.R.L, presenta una metodología de diseño no experimental; por otro lado, se proponen soluciones alternativas en relación a los estándares de ingeniería, con la ejecución de cinco herramientas que son la implementación de políticas basadas en el Ciclo de Deming, sistema Kardex, acciones de mejora basadas en IPERC, programa de planificación Heijunka y metodología 5S. Los resultados indican que la herramienta Ciclo Deming nos brinda un beneficio de S/ 9,880.20, el Kardex tiene un beneficio de S/ 52,266.95, el IPERC logra un beneficio de S/3,745.00, el Heijunka trae consigo un beneficio de S/5,405.64 y la herramienta 5S nos da un beneficio de S/10,880. una TIR de 44% y un C/B de S/2.78 generando mayor rentabilidad para la empresa de Inversiones Deyli y Vallmenti, reduciendo los costos incurridos por problemas operativos.*

Palabras clave-- *Sistema Kardex, IPERC, Programa de Planificación Heijunka, Metodología 5S, Promodel, Montecarlo, gestión de costos, optimización operativa.*

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, en la última década, la competencia entre las empresas del sector calzado ha aumentado, especialmente durante el periodo de recuperación económica tras la pandemia de COVID-19. Todas las empresas, sean pequeñas, medianas o grandes, buscan posicionarse en el mercado y ganar la preferencia de los clientes. Esto ha llevado a un incremento en la productividad y eficiencia, lo cual impacta directamente en las ventas, ingresos, facturación y utilidades. Este entorno afecta particularmente a las pequeñas, micro y medianas empresas, ya que no tienen la misma capacidad para generar ganancias en grandes cantidades como las grandes empresas con sistemas de gestión implementados. [1]

En este contexto global, incrementar la productividad es una estrategia clave para las empresas, convirtiéndose en un objetivo estratégico esencial. Sin una mayor productividad, es imposible lograr los niveles de competitividad necesarios en el mundo globalizado actual. Por tanto, es crucial implementar herramientas de gestión empresarial e industrial que permitan afrontar con éxito los desafíos. Estos desafíos incluyen la reorganización integral de las tareas en las líneas de producción,

la mejora de la logística y el control de la producción a lo largo de toda la cadena de suministro. Además, es fundamental optimizar el uso del talento humano en tareas de producción y apoyo [2]. Para la industria del calzado se tiene en cuenta normas para asegurar los estándares de seguridad.

La especificación internacional ASTM establece los requisitos mínimos de diseño y desempeño para calzado de protección en el lugar de trabajo. Cubre aspectos como resistencia al impacto y compresión en los dedos, protección metatarsiana, propiedades conductoras y disipativas de estática, resistencia a descargas eléctricas, resistencia a perforaciones y cortes por motosierra, e aislamiento dieléctrico. Teniendo en cuenta ello para contratos de compra donde se asegura el cumplimiento de estos estándares mínimos de seguridad. Esta norma internacional fue desarrollada de conformidad con los principios internacionalmente reconocidos sobre normalización establecidos en la Decisión sobre Principios para la Elaboración de Normas, Guías y Recomendaciones Internacionales emitida por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio [3].

Las Normas Internacionales garantizan que los productos y servicios que utiliza a diario sean seguros, fiables y de calidad superior. También guían a las empresas en la adopción de prácticas sostenibles y éticas, ayudando a crear un futuro en el que sus compras no solo rindan de forma excelente, sino que también salvaguarden nuestro planeta. En esencia, las normas combinan a la perfección la calidad con la conciencia, mejorando sus experiencias y elecciones del día a día [4].

Por otro lado, el Perú no ajeno a este crecimiento mundial de las industrias de calzados, las industrias de calzado venían creciendo, en el 2018 se produjeron 57 millones de pares de calzados, pero a partir del 2019, además de la pandemia, las industrias se han visto afectadas por la importación de zapatos provenientes de China y Brasil [5]. Esta situación requiere que la industria nacional eleve sus niveles de competitividad, apoyándose en un aumento de la productividad mediante el uso de herramientas empresariales innovadoras, como las herramientas Lean Manufacturing. Implementar estas metodologías no solo ayudará a optimizar procesos y reducir costos, sino que también permitirá a las empresas adaptarse mejor a las demandas del mercado y mejorar la calidad de sus productos, asegurando así una posición más sólida frente a la competencia.

Ruesta y Salazar [6], En un trabajo de investigación propuesto las herramientas Lean Manufacturing en una empresa

de fabricación de calzados en el Perú, usó 5S, TPM y Kaizen, lo que resultó en una mejora significativa. La productividad de mano de obra aumentó un 49.79%, la productividad de maquinaria mejoró un 21.66%, y la variabilidad de los costos de producción disminuyó. Estas mejoras validaron la hipótesis de que las herramientas Lean Manufacturing aumentan la productividad.

La presente investigación se ejecutó en una empresa perteneciente al rubro de calzados, siendo Deyli Vallmenti, en la ciudad de Trujillo, distrito El Porvenir. La empresa de calzados, ha venido identificando problemas de productividad, asociándolos a los desórdenes, las faltas de controles de cada actividad, el retrabajo, un movimiento innecesario del personal, dificultades para buscar materiales y productos terminados en el almacén, fallas recurrentes en maquinarias, comunicación deficiente entre operadores, escases en gestiones de indicadores, inadecuados manejos de materiales e insumos, planes de mantenimiento deficientes, desmotivación del personal, el ausentismo laboral, y algunos factores que influyen para bajar productividad del proceso de fabricación del calzado, por lo mencionado se llega a la siguiente pregunta. ¿En qué medida la aplicación de un plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa Deyli & Vallmenti E.I.R.L.?

El objetivo general fue Determinar en qué medida un plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa Deyli & Vallmenti E.I.R.L para mejorar la productividad en una empresa de calzados. Los objetivos específicos: Diagnosticar de manera integral el estado situacional de la empresa Deyli & Vallmenti, realizar el costeo inicial de los problemas identificados en la empresa, diseñar un plan de mejora para la empresa, desarrollar las herramientas y acciones de mejora establecidas, simular los resultados finales de la implementación del plan de mejora, determinar la variación de los costos luego de la implementación y simulación, realizar la evaluación económica de la ejecución del plan de mejora.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de la Investigación

Para el presente trabajo de investigación se aplicará un diseño de investigación pre-experimental. Dicho diseño, significa que la variable dependiente debe ser medida con algún instrumento en dos momentos: pre y post-test. Asimismo, cabe mencionar que para el presente proyecto no se considera un grupo testigo. A continuación, detallamos el diseño establecido:

TABLA I
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

O1	X	O2
Pre-test	Propuesta	Post-test

Donde:

O1: Costos antes de la implementación de un plan de mejora.

X: Implementación de un plan de mejora

O2: Costos después de la implementación de un plan de mejora.

B. Diagnóstico Integral

En la empresa Deyli & Vallmenti, existen diversas problemáticas, las cuales significan una reducción importante en los ingresos de la empresa. Es por ello, que una vez realizadas las visitas de diagnóstico se definieron los problemas que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

TABLA II
PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Problema	Descripción
P1	Fallas en los productos terminados
P2	Sobre costos por compras de urgencia
P3	Accidentes laborales
P4	Incumplimiento de pedidos por producción tardía
P5	Mermas en el inventario de cuero

La empresa Deyli & Vallmenti presenta cinco problemas críticos con datos específicos. Las fallas en los productos terminados tienen un 0.3% de productos defectuosos tipo 1 y tipo 2, con una pérdida monetizada de S/ 10,903.15 cada uno. Los sobrecostos por compras de urgencia incluyen 2000 m² de cuero comprado por S/ 14,000.00, 600 m² de termoplast por S/ 13,920.00, 3432 unidades de huellas de caucho por S/ 12,012.00 y 2784 unidades de plantillas de látex por S/ 13,800.00. Los accidentes laborales han registrado 24 incidentes, con un costo de S/ 4,000.00. El incumplimiento de pedidos por producción tardía, con un 5.2% de horas extras y un 3.8% de pedidos incumplidos, ha causado pérdidas de S/ 701.29 y S/ 5,988.00 respectivamente. Finalmente, las mermas en el inventario de cuero representan un 12%, con un costo de S/ 26,240.96.

C. Alternativa de solución

En base a lo analizado en el proceso productivo de la empresa de fabricación de calzados DEYLI VALMENTI. Se ha planteado tres alternativas de solución por cada problema encontrado. Cada una de ellas está compuesta por diferentes herramientas de ingeniería que se enfocan en solucionar las diversas problemáticas identificadas. En la tabla III se muestran las diferentes alternativas de solución, así como las herramientas que las componen.

TABLA III
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Plan	Problemas	Herramientas
Alternativa 1	P1: Fallas en los productos terminados	AMEF
	P2: Sobre costos por compras de urgencia	ABC
	P3: Accidentes laborables	Método OWAS
	P4: Incumplimiento de pedidos por producción tardía	Just In Time (JIT)
	P5: Mermas en el inventario de cuero	Poka Yoke
		Capacitación
Alternativa 2	P1: Fallas en los productos terminados	Ciclo Deming
	P2: Sobre costos por compras de urgencia	Kardex
	P3: Accidentes laborables	IPERC
	P4: Incumplimiento de pedidos por producción tardía	Heijunka
	P5: Mermas en el inventario de cuero	5s
		Capacitación
Alternativa 3	P1: Fallas en los productos terminados	Sistema De Gestión De Calidad
	P2: Sobre costos por compras de urgencia	MRP
	P3: Accidentes laborables	Sistema De Gestión en SST
	P4: Incumplimiento de pedidos por producción tardía	Análisis De Capacidad Del Proceso
	P5: Mermas en el inventario de cuero	Kaizen
		Capacitación

Alternativa de solución 1: Este plan consiste en la realización de un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) con la finalidad de definir los principales riesgos a los que se enfrentan los procesos de producción para generar productos defectuosos, y a partir del diseño de dicho análisis se determinan acciones de mejora. Asimismo, el método del ABC, acciones de mejora basadas en el método OWAS, la implementación de política del sistema del Justo a Tiempo (JIT), y la herramienta de un Poka Yoke. Su duración es de 8 meses y su inversión total es de S/ 8,756.30.

Alternativa de solución 2: Este plan consiste en la implementación de acciones basadas en el Ciclo de Deming, asimismo la implementación de la herramienta Kardex, acciones basadas en la identificación de pedidos, y evaluación de riesgos (IPERC), aplicación del método Heijunka para la nivelación de la producción y la implementación de la metodología de las 5S. Su duración es de 3 meses y su inversión total es de S/ 3,686.30.

Alternativa de solución 3: Este plan consiste en la implementación de acciones basadas en gestión de calidad, una planificación de requerimientos de material (MRP), implementación de un SG SST, análisis de la capacidad del

proceso y un plan de mejora continua (KAIZEN). El fin es que estas herramientas en conjunto permitan eliminar o minimizar los problemas anteriormente mencionados. Su duración es de 7 meses y su inversión total es de S/ 1,480.00.

D. Selección de la alternativa

A continuación, se procede a realizar un análisis para cada una de las alternativas con una calificación del 1 al 5 donde el 1 es puntaje más bajo y 5 el puntaje más alto, según los criterios técnicos y las restricciones realistas que ha comunicado la empresa, dichos resultados se muestra en la siguiente tabla:

TABLA IV
ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN LOS PLANES

Criterios técnicos	Plan Alt	Plan Alt	Plan Alt
	1	2	3
Eficiencia	2	5	3
Flexibilidad:	4	2	1
Ética y Sostenibilidad:	3	5	2
Mejora continua:	3	2	4
Seguridad y salud:	1	1	1
Total	13	15	11

Se observa un puntaje total de 13 para la alternativa 1, un puntaje de 15 para la alternativa 2 y 11 puntos para la alternativa 3, donde la segunda alternativa lleva cierta ventaja debido a cumplir en mayor medida los criterios técnicos identificados. De la misma manera se evaluará si el plan cumple con las restricciones realistas:

TABLA V
ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES REALISTAS SEGÚN LOS PLANES

Restricciones realistas	Plan Alt 1	Plan Alt 2	Plan Alt 3
Tiempo (6 meses):		X	
Económico (s/ 8000):		X	X
Recursos Humanos (26 trabajadores):		X	X
Política de la empresa	X	X	X
Tecnología:	X	X	X
Calidad:	X	X	X
Total	4	6	5

Los planes alternativos 1 y 3 no cumplen con todas las restricciones presentadas por la empresa, mientras que el plan alternativo 2 cumple con todas las restricciones dadas para poder efectuar el proyecto dentro de la empresa.

E. Diseño de la alternativa seleccionada

A continuación, se muestra el diseño de la alternativa seleccionada, el cual incluye las herramientas de 5'S, Ciclo de Deming, el Kardex, las acciones de mejora basadas en el IPERC y el HEIJUNKA.

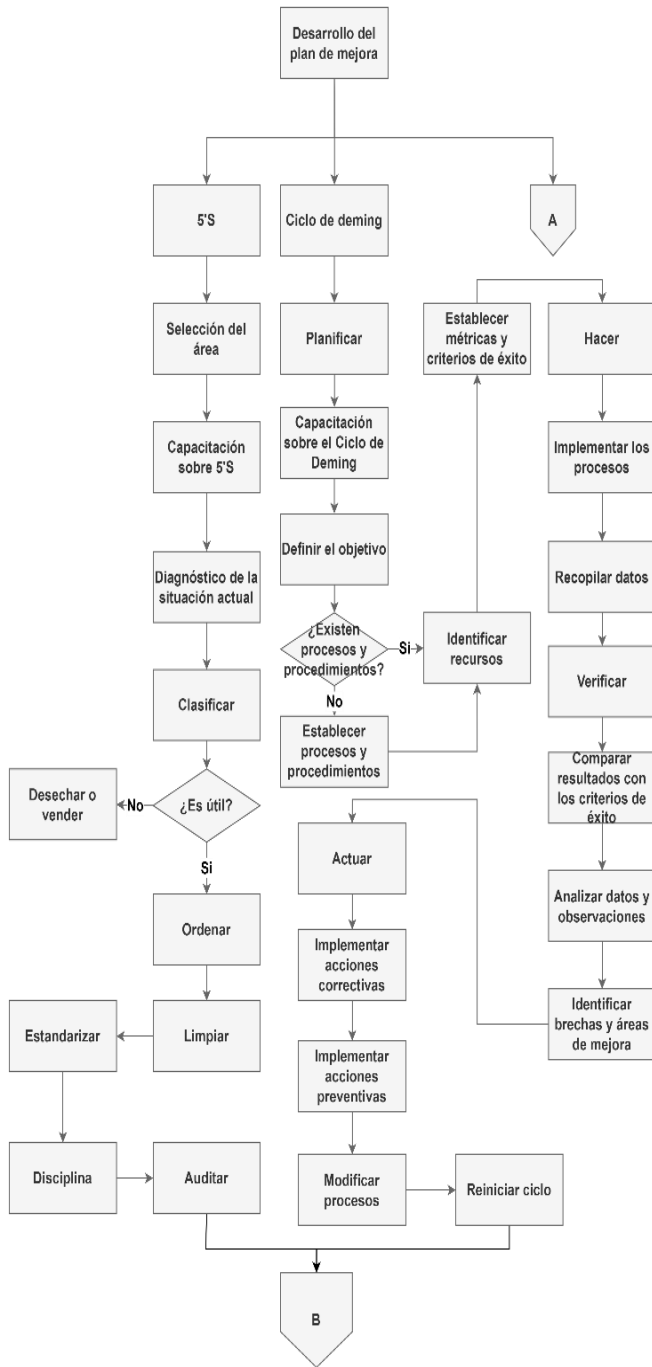


Fig. 1 Flujoograma del diseño de la alternativa seleccionada - A

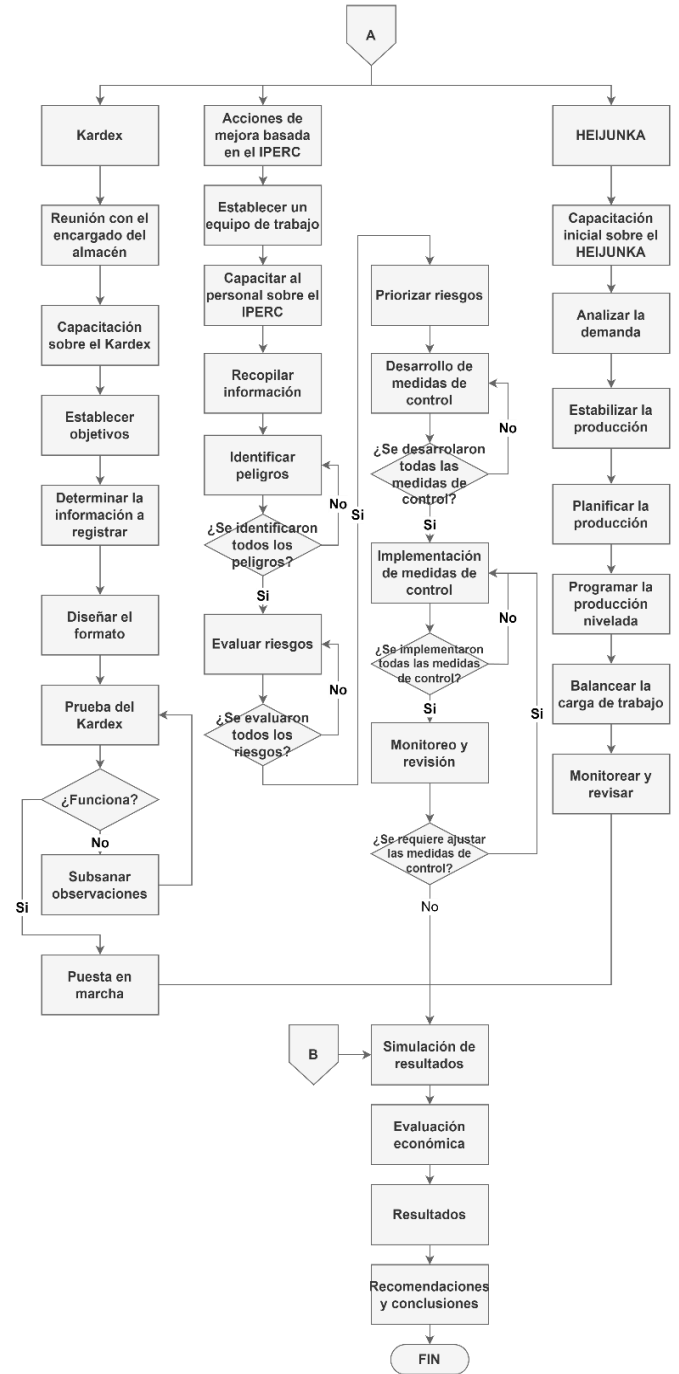


Fig. 2 Flujoograma del diseño de la alternativa seleccionada - B

F. Identificación de Estándares de Ingeniería

En la tabla siguiente se indican y describen los principales estándares identificados con sus respectivas fuentes y además se priorizan 9 estándares que cumplen con las necesidades del estudio y mantienen una alta relación con la realidad de la empresa. En la tabla VI se muestra un resumen de los estándares seleccionados.

TABLA VI
ESTÁNDARES SELECCIONADOS

Item	Estándar
1	Norma ISO 9001:2015. Capítulo 8. Operaciones
2	Norma ISO 9001:2015. Capítulo 6. Planificación
3	Norma ISO 9001:2015. Capítulo 10. Mejora
4	ISO 45001:2018
5	Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19001:2012 Norma DECAP
6	PCAS-2018 (2018)
7	Norma Técnica Peruana (NTP) 241.001
8	Norma Técnica Peruana (NTP) 399.010:2014 "Equipos de protección personal (EPP) - Requisitos generales"
9	Decreto Legislativo N° 1304

Estos estándares tuvieron implicancia en el diseño de ingeniería según se detalla en la tabla VII que se presenta a continuación:

TABLA VII
APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE INGENIERÍA

Herramienta	Aplicación
Ciclo De Deming	En el desarrollo de las distintas etapas de las etapas del ciclo de Deming, aplicó la norma ISO 9001:2015, Capítulo 6 "Planificación": en el establecimiento de metas específicas y medibles para reducir fallas. Capítulo 10 "Mejora": mediante la implementación de controles de calidad pequeños en cada etapa del proceso. Ello sostenido en formato e registro de fallas, formato de auditoría interna y registros de capacitación de personal. Asimismo, se consideró lo estipulado en NTP 241.022:2007 sobre los lineamientos de calidad en la producción de calzado.
Kardex	Norma ISO 9001:2015, Capítulo 9 "Evaluación de desempeño": se consideró la incorporación de un procedimiento documentado para la recepción, almacenamiento asegurando así un control de la producción, mediante la incorporación de una casilla en los formatos Kardex para asegurar la verificación. Capítulo 10 "Mejora": incorporando auditorías internas y revisiones periódicas del producto.

IPERC

Norma ISO 45000:2018: específicamente la cláusula 7.5; cláusula 10.2; cláusula 9.1. A partir de lo cual se incorporó un formato de registro de accidentes e incidentes laborales detallando la naturaleza de estos para su registro.
Norma DECAP PCAS-2018: a partir de lo cual se ha considerado: Implementar un manual sobre el uso de los equipos de protección personal (EPPS) y establecer una guía sobre la aplicación de las acciones de mejora en la empresa. Y la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.010:2014: de la cual se extrajeron las especificaciones técnicas para la adquisición de EPPS.

Heijunka

Norma ISO 9001:2015. Capítulo 8."Operaciones": Implementación de un sistema de control de producción basado en demanda, mediante la incorporación de tarjetas Kanban que permitan gestionar y visualizar el flujo de trabajo. Añadimos el análisis de la demanda. Norma ISO 9001:2015. Capítulo 6. "Planificación", cláusula 6.2 y 6.3: Planificamos detalladamente la producción para balancear la carga de trabajo. Asimismo, se consideró aplicar la metodología SMART para la definición de los objetivos. Decreto Legislativo N° 1304: Sobre el etiquetado y verificación de los reglamentos alineado a la producción.

5S

Norma ISO 9001:2015. Capítulo 10. "Mejora: Establecimiento de un sistema de mejora continua. Se añadió una capacitación previa a la implementación. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19001:2012: Se aplicaron auditorías internas y externas para asegurar el cumplimiento de los ítems considerados según la metodología de las 5S. Norma Técnica Peruana (NTP) 241.001: Se organizó y estandarizó el área de trabajo, en base a los lineamientos que se describen en la norma técnica para la producción de calzado para dama.

Para implementar las mejoras en nuestro trabajo se consideraron las siguientes herramientas de mejora en nuestra alternativa de solución como son el ciclo de Deming, acciones de mejora basadas en IPERC, Kardex, nivelación de la demanda a través de Heijunka, metodología 5S y por último las capacitaciones para la implementación de dicha alternativa de solución en el transcurso del tiempo.

G. Formulación y cálculo de indicadores

TABLA VIII
DESCRIPCIÓN DE MATRIZ DE INDICADORES.

Herramienta	Problemas	Nombre del indicador	Fórmula	Cálculo del indicador	Monetización
CICLO DEMING	Fallas en los productos terminados	% de productos defectuosos tipo 1	(Número de productos defectuosos tipo 1 / Número de productos producidos)* 100%	0.30%	S/ 10,903.15
		% de productos defectuosos tipo 2	(Número de productos defectuosos tipo 2 / Número de productos producidos)* 100%	0.30%	S/ 10,903.15
KARDEX	Sobre costos por compras de urgencia	Mt2 de cuero comprado con urgencia	Mt2 de cuero comprado con urgencia	2000 mt2	S/ 14,000.00
		Mt2 de termoplast comprado con urgencia	Mt2 de termoplast comprado con urgencia	600 mt2	S/ 13,920.00
		Und de huellas de caucho comprado con urgencia	Und de huellas de caucho comprado con urgencia	3432 und	S/ 12,012.00
		Und de plantillas de latex comprado con urgencia	Und de plantillas de latex comprado con urgencia	2784 und	S/ 13,800.00
IPERC	Accidentes laborales	Número de accidentes laborales	Número de accidentes laborales	24	S/ 4,000.00
HEIJUNKA	Incumplimiento de pedidos por producción tardía	% horas extra mensuales	(Horas extras mensuales/Total de horas trabajadas)* 100	5.20%	S/ 701.29
		% de pedidos incumplidos	(Número de pedidos incumplidos/ Número total de pedidos)* 100 %	3.80%	S/ 5,988.00
5S	Mermas en el inventario de cuero	% de merma de cuero	(m2 de cuero dañado / m2 de cuero comprado)* 100%	12%	S/ 26,240.96

Para abordar el problema de fallas en los productos terminados, se utilizan dos indicadores: % de productos defectuosos tipo 1 y % de productos defectuosos tipo 2. Los defectos de tipo 1 se calculan dividiendo el número de productos defectuosos tipo 1 por el número total de productos producidos y multiplicando por 100, lo que da como resultado un 0.3%. Este tipo de defectos tiene una monetización de S/

10,903.15. Los defectos de tipo 2, que se calculan de manera similar, también tienen un 0.3% de productos defectuosos y una monetización de S/ 10,903.15. La implementación del Ciclo Deming (PDCA) puede ayudar a reducir estos defectos, mejorando la calidad de los productos.

Para abordar el problema de sobrecostos por compras de urgencia, se utilizan varios indicadores:

Mt2 de cuero comprado con urgencia: 2000 m² con una monetización de S/ 14,000.00.

Mt2 de termoplast comprado con urgencia: 600 m² con una monetización de S/ 13,920.00.

Und de huellas de caucho comprado con urgencia: 3432 unidades con una monetización de S/ 12,012.00.

Und de plantillas de látex comprado con urgencia: 2784 unidades con una monetización de S/ 13,800.00.

El indicador Número de accidentes laborales cuantifica el total, de accidentes laborales ocurridos en un período determinado. En el caso de Vallmenti & Deyli E.I.R.L, se registraron 24 accidentes laborales, con una monetización de S/ 4,000.00. Los accidentes laborales pueden variar desde lesiones menores hasta incidentes graves. Este indicador refleja la necesidad de mejorar las medidas de seguridad, la capacitación y las condiciones laborales para reducir estos incidentes y sus costos asociados.

Para abordar este problema, se consideran dos indicadores:

% de horas extras mensuales: Se calcula dividiendo las horas extras mensuales entre el total de horas trabajadas y multiplicando por 100, resultando en un 5.2%. La monetización de este indicador es de S/ 701.29.

% de pedidos incumplidos: Se calcula dividiendo el número de pedidos incumplidos entre el número total de pedidos y multiplicando por 100, resultando en un 3.8%, con una monetización de S/ 5,988.00.

El indicador % de merma de cuero mide la cantidad de cuero que se pierde o se daña durante el proceso de producción en comparación con la cantidad total de cuero comprado. Utilizando la fórmula (m² de cuero dañado / m² de cuero comprado) * 100, el cálculo del indicador resulta en un 12%. Este porcentaje de merma se traduce en una monetización de S/ 26,240.96. Este indicador refleja ineficiencias en el manejo del cuero, subrayando la necesidad de implementar mejores prácticas de manejo y almacenamiento del inventario para reducir estos costos.

H. Elección de modelos de simulación

Para el desarrollo correcto de la simulación se realizaron comparaciones entre diferentes simuladores que permitieron comprobar que los resultados obtenidos apoyan al beneficio de la empresa. Para la simulación se proponen 4 simuladores: ProModel, Montecarlo, Cristal Ball y Flexsim.

TABLA IX
ELECCIÓN DE SIMULADOR

Alternativa de solución	Definición	Requiere	Casos de simulación	Tipo de accesibilidad
ProModel	ProModel es un simulador de animación y optimización que permite simular cualquier tipo de sistemas de fabricación, logística, servicios, call center, etc. Promodel es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque te permite hacerlo.	Una PC o Laptop Adquisición del programa ProModel.	Puedes simular call centers, servicio al cliente, bandas de transporte, ensamble, corte, fundición, etc.	Versión gratuita
Monte Carlo - Crystall Ball	El objetivo principal de la simulación de Montecarlo es intentar imitar el comportamiento de variables reales para, en la medida de lo posible, analizar o predecir cómo van a evolucionar.	Una PC o Laptop Adquisición de la extensión en Microsoft Excel.	La simulación consiste en repetir o duplicar las características y comportamientos de un sistema real.	Acceso a Microsoft Office
Flexim	Es un software para la simulación de eventos discreto, que permite analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.	Una PC o Laptop Adquisición del programa Flexim.	La simulación puede utilizarse para modelar y analizar sistemas.	Versión gratuita

A continuación, se presenta el flujograma de la simulación en el software de ProModel:

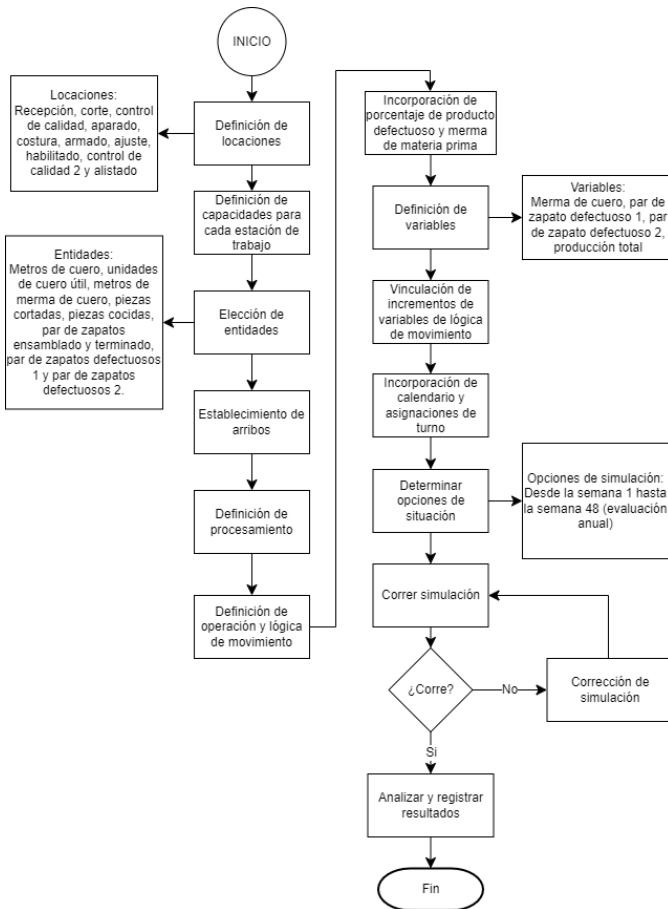


Fig. 3. Flujograma de simulación Promodel

La simulación en ProModel también nos permitió determinar los indicadores de pares de zapatos defectuosos tipo 1 y tipo 2 tras la implementación de un plan de mejora. Para medir esta cantidad, se utilizó la locación "control de calidad 2", como parte del plan de mejora basado en la política del Ciclo de Deming. En la lógica de movimiento, se relacionaron las variables "par de zapatos defectuoso tipo 1" y "par de zapatos defectuoso tipo 2", que incrementaban y descontaban la producción total. Se estableció un porcentaje de defectos del 0.15% para ambos tipos de defectos. En un período de evaluación de 12 meses (junio 2024 - mayo 2025), se calculó un total de 116 pares de zapatos defectuosos tipo 1 y 123 pares de zapatos defectuosos tipo 2, lo que representa una notable mejora en comparación con la cantidad de producto defectuoso inicialmente presente en la empresa.

I Ejecución de la simulación

Para la definición de los indicadores de compra de cuero de urgencia en la empresa de calzado, se utilizó el software Crystal Ball en Excel, el cual permite establecer distribuciones de demanda diaria basadas en una distribución normal con parámetros definidos, así como probabilidades de compra urgente, de número de accidentes, de horas extras y de incumplimiento de pedidos. Se realizó una simulación inicial configurando los parámetros de demanda promedio mensual, desviación estándar y la probabilidad de compra urgente, de número de accidentes, de horas extras y de incumplimiento de pedidos replicando las condiciones de operación de la empresa. La simulación se realizó para verificar que el modelo se ajustase a los valores históricos de la empresa, y luego se realizaron iteraciones para analizar diferentes escenarios.

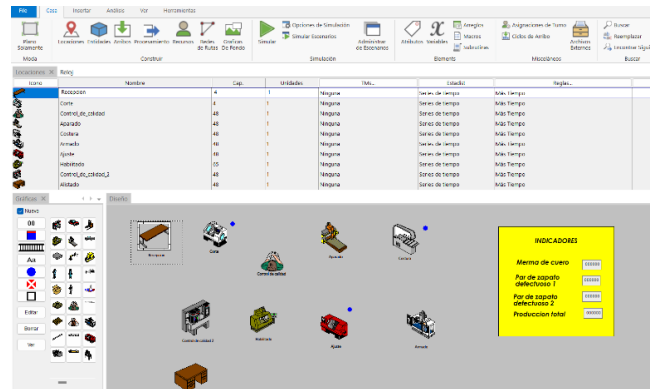


Fig. 4 Simulación del problema

Para la definición de los indicadores de compra de cuero de urgencia en la empresa de calzado, se utilizó el software Crystal Ball en Excel, el cual permite establecer distribuciones de demanda diaria basadas en una distribución normal con parámetros definidos, así como probabilidades de compra urgente, de número de accidentes, de horas extras y de incumplimiento de pedidos. Se realizó una simulación inicial configurando los parámetros de demanda promedio mensual, desviación estándar y la probabilidad de compra urgente, de número de accidentes, de horas extras y de incumplimiento de

pedidos replicando las condiciones de operación de la empresa. La simulación se realizó para verificar que el modelo se ajustase a los valores históricos de la empresa, y luego se realizaron iteraciones para analizar diferentes escenarios. Se puede apreciar a continuación el diagrama de flujo del proceso realizado.

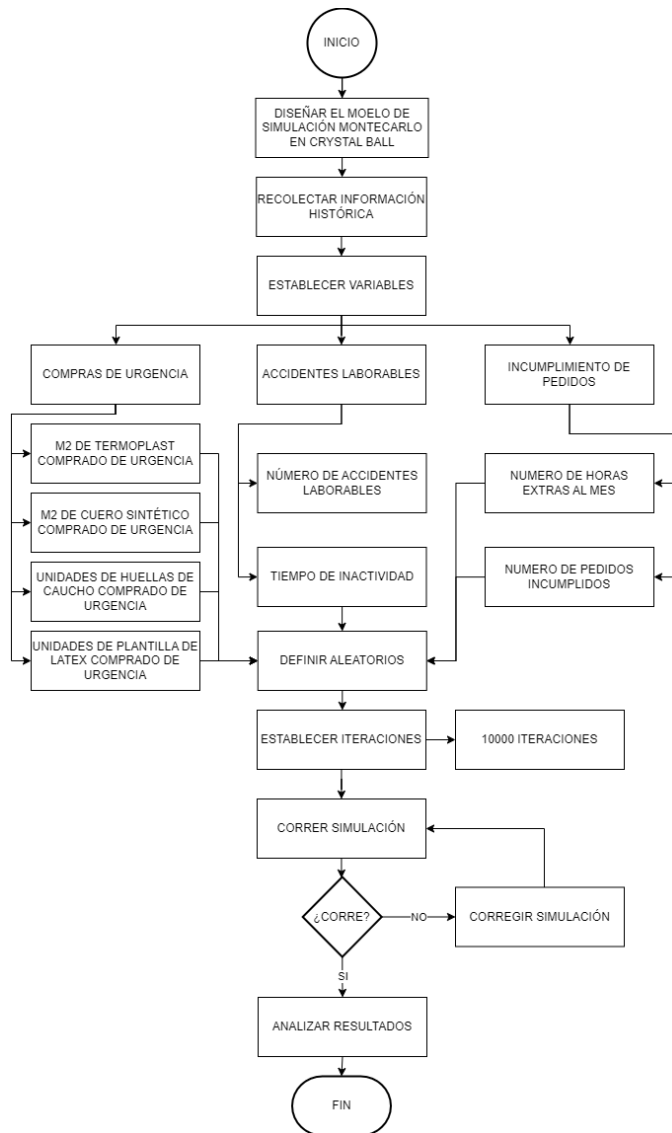


Fig. 5. Flujograma de simulación Montecarlo

A continuación, se presenta una imagen con la simulación llevada a cabo con la simulación Montecarlo y la extensión Crystall Ball.

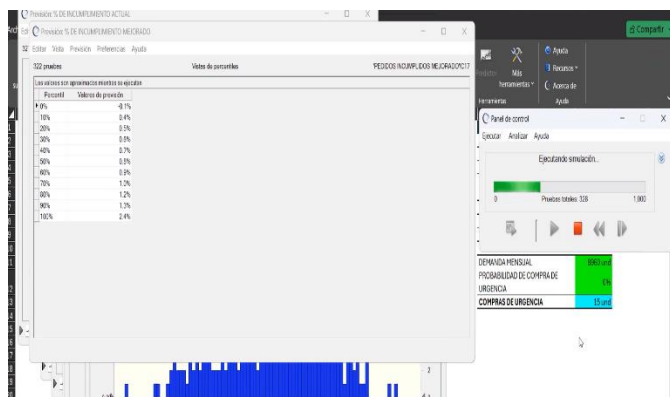


Fig. 6. Simulación en Montecarlo con extensión Crystall Ball

Después de llevar a cabo las simulaciones y pruebas piloto en la empresa utilizando las herramientas seleccionadas, podemos comparar los indicadores iniciales con los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras. Esto nos permitirá calcular el beneficio de la propuesta.

TABLA X
MATRIZ DE INDICADORES

Herramienta	Indicador	Valor actual monetario	UM	Valor monetario mejorado	UM	Valor monetario	Δ%
Fallas en los productos terminados	% de productos defectuosos tipo 1	S/ 10,903.15	0.30%	S/ 5,788.40	0.15%	S/ 5,114.75	-50%
	% de productos defectuosos tipo 2	S/ 10,903.15	0.30%	S/ 6,137.70	0.15%	S/ 4,765.45	-50%
Sobre costos por compras de urgencia	Mt2 de cuero comprado con urgencia	S/ 14,000.00	2000 m2	S/ 235.69	33.67 m2	S/ 13,764.31	-98%
	Mt2 de Termoplast comprado con urgencia	S/ 13,920.00	600 m2	S/ 256.82	11.07 m2	S/ 13,663.18	-98%
Accidentes laborables	Und de huellas de caucho comprado con urgencia	S/ 12,012.00	3432 und	S/ 402.50	115.00 und	S/ 11,609.50	-97%
	Und de plantillas de látex comprado con urgencia	S/ 13,800.00	2784 und	S/ 570.04	115.00 und	S/ 13,229.96	-96%
Incumplimiento de pedidos por producción tardía	Número de accidentes laborables	S/ 4,000.00	24	S/ 255.00	1.53	S/ 3,745.00	-94%
	% horas extra	S/ 701.29	5.20%	S/ 38.15	1.20%	S/ 663.14	-77%
Mermas en el inventario de cuero	% de pedidos incumplidos	S/ 5,988.00	3.80%	S/ 1,245.50	0.80%	S/ 4,742.50	-79%
	% de merma de cuero	S/ 26,240.96	2%	S/ 15,360.00	1%	S/ 10,880.96	-50%

J. Evaluación económica

Se puede visualizar claramente la evaluación económica y su respectivo flujo según los egresos y beneficios generados con la implementación de las herramientas seleccionadas. Los

egresos están divididos de manera específica para un tiempo determinado (un año). Los ingresos, como también podrían llamarse beneficios, que se encuentran divididos por herramientas. ego se observan los beneficios de las herramientas, donde se divide en la herramienta 1(CICLO DEMING), herramienta 2 (KARDEX), herramienta 3 (IPERC), Herramienta 4 (HEIJUNKA) y herramienta 5 (5S). Ahora bien, para llegar al resultado como lo es el flujo de caja mensual se hizo una resta entre los totales de beneficios menos los totales de egresos, Posteriormente se desarrolló la tasa media anual de reducción (TMAR), el cuales es el porcentaje de reducción media relativa por año, cuyo resultado es de 2.08%.

TABLA XI
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Egresos	0	1	2	3	4	5
Compra de maquinaria	4996					
Otras inversiones	32040					
Nuevo personal contratado						
Mantenimiento						
Capacitación	600		600			
Costos operativos adicionales						
TOTAL EGRESOS	37636	0	0	600	0	0
INGRESOS	0	1	2	3	4	5
Beneficios Herramienta 1	823	823	823	823	823	823
Beneficios Herramienta 2	10880	10880	10880	10880	10880	10880
Beneficios Herramienta 3	4356	4356	4356	4356	4356	4356
Beneficios Herramienta 4	312	312	312	312	312	312
Beneficios Herramienta 5	450	450	450	450	450	450
Total Ingresos	0	16821	16821	16821	16821	16821
Flujo Mensual De Caja	-37636	16821	16821	16221	16821	16821

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Egresos	6	7	8	9	10	11	12
Compra de maquinaria							
Otras inversiones							
Nuevo personal contratado							
Mantenimiento							
Capacitación	600		600				600
Costos operativos adicionales							
TOTAL EGRESOS	600	0	0	600	0	0	600
INGRESOS	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios Herramienta 1	823	823	823	823	823	823	823
Beneficios Herramienta 2	10880	10880	10880	10880	10880	10880	10880
Beneficios Herramienta 3	4356	4356	4356	4356	4356	4356	4356
Beneficios Herramienta 4	312	312	312	312	312	312	312
Beneficios Herramienta 5	450	450	450	450	450	450	450
Total Ingresos	16821	16821	16821	16821	16821	16821	16821
Flujo Mensual De Caja	16221	16821	16821	16221	16821	16821	16221

Finalmente, se realizó el cálculo del VAN que fue S/30,255.72 y el valor del TIR de 44% lo que indica que la propuesta de implementación de herramientas es rentable para la empresa.

Con los valores hallados VAN ingresos y del VAN Egresos, se pudo hallar el beneficio-costos, que nos da como resultado el valor de S/2,78, que significa que por cada sol invertido se gana S/1,78.

III. DISCUSIONES

En el presente trabajo, se ha demostrado la efectividad de diversas herramientas de mejora continua y Lean Manufacturing aplicadas en la empresa Inversiones Vallmenti & Deyli E.I.R.L. A continuación, se discuten los resultados más

relevantes y su impacto en la reducción de sobrecostos y la mejora de la rentabilidad de la empresa.

La implementación del Ciclo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) resultó en una reducción del 50% en los defectos tipo 1 y tipo 2 en el calzado stiletto, traducido en una mejora financiera anual de S/5,114.75 y S/4,765.45 respectivamente. Estos resultados confirman la efectividad de esta herramienta, alineándose con estudios previos como los de Calderón et al [7], que reportaron una reducción del 37.25%. La aplicación del Ciclo de Deming, por lo tanto, se destaca como una estrategia crucial para la reducción de productos defectuosos y la mejora de la rentabilidad.

La herramienta de KARDEX se utilizó para abordar los sobrecostos asociados a compras de urgencia. La implementación y modificación del KARDEX según estándares internacionales logró una reducción casi total (98%-96%) en las compras de urgencia de diversos materiales, resultando en una disminución de costos de S/1,465. Este resultado es consistente con los hallazgos de Castillo y Llanos [8], quienes también reportaron una notable reducción de costos mediante el uso de KARDEX. Estos datos subrayan la importancia del control de inventarios para evitar compras innecesarias y reducir sobrecostos.

Las acciones de mejora basadas en IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles) permitieron reducir en un 94% los accidentes laborales, alcanzando un promedio de solo un accidente al año, y generando un ahorro financiero de S/3,745. Este resultado respalda las conclusiones de Monja y Simpalo [9], quienes también lograron una significativa reducción de accidentes mediante la aplicación de IPERC. La mejora en la seguridad laboral no solo protege a los trabajadores, sino que también contribuye a la reducción de costos asociados a accidentes.

La aplicación del modelo de nivelación de producción HEIJUNKA permitió solucionar problemas relacionados con el incumplimiento de pedidos y la necesidad de horas extras, logrando una reducción del 77% y 79% respectivamente. Esto se tradujo en ahorros anuales de S/663.14 y S/4,742.50 en horas extras y pedidos incumplidos. Estos hallazgos son coherentes con la investigación de Flores Allemant [10], quien también reportó mejoras significativas en el cumplimiento de pedidos y reducción de costos mediante HEIJUNKA. La nivelación de la producción se presenta, así como una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia y reducir costos operativos.

Finalmente, la implementación de las 5S para reducir las mermas en el inventario de cuero resultó en una reducción del 50% en dichas mermas, generando un ahorro anual de S/10,080.96. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Monge y Delgado [11], quienes también reportaron beneficios significativos al aplicar las 5S en sus procesos. La metodología 5S mejora la organización y el uso eficiente de los recursos, lo que se traduce en una reducción de desperdicios y costos.

IV. CONCLUSIONES

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se concluye que:

Respecto al objetivo general, se evaluaron los costos en un horizonte anual alcanzando una importante reducción referente a los problemas encontrados. En primer lugar, respecto a las fallas presentadas en los productos defectuosos se lograron reducir los costos en un 50%. Asimismo, en cuanto a los sobrecostos por compras de urgencia se logró reducir los costos en la empresa en un 98%, 98%, 97%, 96% en los metros de cuero, termoplast, huellas de caucho y plantillas de látex comprado con urgencia respectivamente. Estos resultados, reflejan una importante mejora y beneficio para la empresa. También, respecto a los accidentes laborales se consiguió una reducción monetaria del 94%. Por otro lado, respecto al problema de incumplimiento de pedidos por producción tardía, al aplicar las herramientas mencionadas se logró reducir los costos en un 77% y 79% respecto al porcentaje de horas extras y pedidos incumplidos. Finalmente, respecto al problema presentado de merma en el inventario de cuero, se logró reducir los costos en un 50%. Con dichas reducciones se ve evidenciado la implicancia y valor que poseen las herramientas de ingeniería industrial integradas en un plan consolidado alcanzando de manera general un beneficio de S/. 82,178.75.

Asimismo, respecto al objetivo específico 1, para alcanzar los logros mencionados anteriormente se logró diagnosticar a la empresa haciendo uso de herramientas de ingeniería como el FODA, lienzo CANVAS, DOP y DAP; las que nos permitieron alcanzar una visión general de la empresa.

También respecto al objetivo específico 2, se realizó un costeo inicial tomando como base la data histórica de la empresa y de esta manera poder tener una visión general de la situación de la empresa la cual tuvo una gran implicancia en el desarrollo de herramientas de ingeniería adecuadas para el diseño de la propuesta de mejora.

Respecto al objetivo específico 3, se logró realizar un plan de mejora combinando diferentes herramientas como son la aplicación de políticas basadas en el Ciclo de Deming, acciones de mejora basadas en el IPERC, modelo de Kardex, planificación de la producción mediante HEIJUNKA y finalmente la metodología 5S, integradas en un plan que consideró capacitaciones para alcanzar los objetivos propuestos. Esta integración no solo incrementó la rentabilidad en la empresa si no también, permitió un desarrollo metódico y aplicable en diferentes contextos alineados al rubro.

Respecto al objetivo específico 4, se lograron desarrollar diferentes herramientas y acciones detalladas para aplicación del plan de mejora. En el desarrollo se valoró la aplicación de estándares de ingeniería los cuales dieron realce y garantizaron la adecuación de las acciones realizadas a la normativa nacional e internacional.

Por otro lado, respecto al objetivo específico 5 se realizó una simulación respecto a las diferentes acciones de mejora aplicadas, que permitieron conocer con exactitud los resultados que estaríamos alcanzando en el horizonte de tiempo de un año.

Respecto al objetivo específico 6, se alcanzó una varianza importante en la reducción de los costos de la empresa, los cuales alcanzaron una suma de S/ 82,178.73 en beneficio de la empresa, la cual demuestra una importante ventaja respecto a la situación inicial en que se encontraba la empresa.

Finalmente, respecto al objetivo específico 7, se realizó una evaluación económica en la empresa, a partir de la cual se obtuvieron resultados positivos, ya que representan que tiene una importante rentabilidad y recuperación de la inversión cercana.

REFERENCIAS

- [1] "Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa "Facalsa" de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos", *Cienc. Lat. Rev. Cient. Multidiscip.*, vol. 5, n.º 5, pp. 7798–7807, octubre de 2021. Accedido el 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.876
- [2] J. C. Herrera Vega, J. Duran Ravelo y H. Hernandez Palma, "Análisis Bibliométrico: Herramientas Lean Manufacturing", *Prospectiva*, vol. 20, n.º 2, pp. 90–104, septiembre de 2022. Accedido el 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.15665/rp.v20i2.2903>
- [3] "Standard Specification for Performance Requirements for Protective (Safety) Toe Cap Footwear". ASTM International - Standards Worldwide. Accedido el 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.astm.org/f2413-24.html>
- [4] Personal protective equipment — Safety footwear, ISO 20345, Organización Internacional de Normalización., 2021. Accedido el 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:20345:ed-3:v1:en>
- [5] S. R. Ruesta, A.P. Salazar, "Implementación de las 5s para mejorar la productividad en la empresa de Calzado D'Vane, Trujillo, 2022", tesis doctoral, Univ. Cesar Vallejo, Trujillo, 2022. Accedido el 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/102922>
- [6] C. E. Mendoza Ocaña, L. E. Cruz Salinas y L. R. Anticona Yupanqui, "Application of lean manufacturing tools to improve productivity in a footwear company in Peru", 3rd LACCEI Int. Multiconf. Entrepreneurship, Innov. Regional Develop. - LEIRD 2023, 2023. Accedido el 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.351>
- [7] D. Calderon, K. Sebastián, S. Ulloa, T. Geldres-Marchena, y T. Geldres-Marchena, «Design of engineering tools for cost reduction in the footwear company Rambel E.I.R.L.», 18 de agosto de 2022. <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP321.html>
- [8] "Design and implementation of a materials requirement plan, a preventive maintenance plan and Kardex in a table water bottling company to reduce its operational cost [Diseño e implementación de un plan de requerimiento de materiales, kárdex y un plan de mantenimiento preventivo en una empresa embotelladora de agua de mesa para reducir sus costos operacionales]". Repositorio Institucional. Accedido el 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31102?show=full>
- [9] "Gestión de riesgos implementando la ley peruana 29783 en una empresa pesquera". Repositorio de la Universidad César Vallejo. Accedido el 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58298?show=full>
- [10] "Propuesta de implementación de un sistema de planificación y control de operaciones para una MYPE de calzado utilizando inventarios agregados, MRP/CRP y Heijunka". Tesis PUCP > Inicio. Accedido el 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16102>
- [11] R. Castillo, B. Monge, y B. Delgado, «Diseño e implementación de 5S y gestión de residuos para reducir costos en una empresa textil Trujillo – Perú», 11 de agosto de 2023. <https://laccei.org/LEIRD2023-VirtualEdition/meta/fp161.html>