



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA
EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor:

Campaña Guevara Anthony Javier

Tutor:

Mgr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

AMBATO – ECUADOR
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Campaña Guevara Anthony Javier, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, 6 de mayo del 2025, firmo conforme:

Autor: Campaña Guevara Anthony Javier

Firma:

Número de Cédula: 1850042191

Dirección: Tungurahua, Ambato, La Península, Los Tres Juanes.

Correo Electrónico: acampana4@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0987713366

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024” presentado por Campaña Guevara Anthony Javier, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 6 de mayo del 2025.

.....

Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 6 de mayo del 2025.

.....
Campaña Guevara Anthony Javier
1850042191

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 6 de mayo del 2025.

.....

Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

LECTORA

.....

Mgtr. Ruales Martínez María Belén

LECTORA

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el ejemplo constante de esfuerzo y dedicación. Por cada palabra de aliento, por su amor incansable y por enseñarme a no rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermano, por ser un apoyo incondicional, por compartir su experiencia y brindarme siempre una mano amiga cuando más lo necesitaba.

A mis familiares, cuyo afecto y compañía hicieron más llevadero este camino. Gracias por estar presentes con cariño y entusiasmo en cada paso que di. Este logro es también de ustedes. Con todo mi corazón, les dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y fortaleza a lo largo de este proceso, por darme salud y claridad en los momentos decisivos. A la Universidad Indoamérica, por ofrecerme una formación sólida y por permitir que creciera tanto en lo personal como en lo académico. A cada uno de mis docentes, quienes con sus enseñanzas marcaron positivamente mi trayectoria.

A mi tutor, por su valiosa orientación, compromiso y constante apoyo durante el desarrollo de este proyecto. A mi familia, por confiar siempre en mí. Su respaldo, comprensión y ánimo han sido pilares esenciales para alcanzar esta meta.

Y a todas las personas que, de alguna manera, aportaron a este logro, mi más profundo agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Contextualización	1
Antecedentes.....	2
Antecedente en trabajos de investigación.....	3
Justificación	4
Objetivo general:	4
Objetivos específicos:.....	4

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa	5
Descripción de la producción de Calzado Martini	8
Descripción del producto Ana	10
Descripción del proceso de fabricación modelo ANA	10
Área de estudio:	46
Modelo operativo:	46
Desarrollo del modelo operativo	47

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta:	73
Resultados esperados:.....	100
Cronograma de actividades	103
Análisis de costos	103

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:	107
Recomendaciones:	108
Bibliografía.....	110
Anexos.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información recopilada de la entrevista	7
Tabla 2. Producción año 2024.....	8
Tabla 3. Análisis descriptivo de los datos de producción del modelo Ana.....	9
Tabla 4. Datos técnicos sobre proceso de cortado	11
Tabla 5. Datos técnicos de sobre el proceso de destallado	12
Tabla 6. Datos técnicos del proceso de aparado	13
Tabla 7. Datos técnicos del proceso de armado	15
Tabla 8. Datos técnicos del proceso de pegado de plantas	16
Tabla 9. Datos técnicos para el proceso de terminado.....	17
Tabla 10. Datos técnicos del proceso de empaçado.....	18
Tabla 11. Maquinaria empleada en proceso de fabricación	18
Tabla 12. Herramientas empleadas en la fabricación de calzado	19
Tabla 13. Tiempo de uso de máquinas en los procesos	19
Tabla 14. Información de los operarios	20
Tabla 15. Ingresos año 2024	24
Tabla 16. Costo de la materia prima – cuero	25
Tabla 17. Costos de insumos para un par de zapatos.....	25
Tabla 18. Costos de Mano de obra directa del modelo Ana	26
Tabla 19. Costo de Mano de obra indirecta del modelo Ana.....	26
Tabla 20. Costos varios por unidad.....	26
Tabla 21. Costos fijos mensual	27
Tabla 22. Costos mensuales según su producción del año 2024	27
Tabla 23. Costos y sus ingresos totales mensuales en el año 2024.....	28
Tabla 24. Productividad multifactorial con base al costos e ingresos de cada mes.....	29
Tabla 25. Definición simbología utilizada en diagrama de recorrido.....	31
Tabla 26. Transportes para la producción y sus distancias actuales	32
Tabla 27. Operaciones que conforman la elaboración de calzado Ana	33
Tabla 28. Determinación de la holgura de las operaciones para la producción de calzado	34
Tabla 29. Datos de tiempos de cada proceso para la fabricación de calzado Ana	37

Tabla 30. Datos de tareas y operaciones de cada proceso y sus tiempos.....	39
Tabla 31. Criterios para priorización de causas	44
Tabla 32. Priorización de causas del problema baja productividad.....	44
Tabla 33. Plan de acción de cada causa raíz	45
Tabla 34. Datos del proceso de fabricación de un lote	48
Tabla 35. Datos de capacidad de producción según cantidad de material procesado actual	48
Tabla 36. Datos de capacidad de producción según cantidad de material escenario 2..	49
Tabla 37. Datos de capacidad de producción según cantidad de material escenario 3..	50
Tabla 38. Propuesta del balanceo de operarios en el proceso de fabricación	51
Tabla 39. Distancias de los transportes mejorados	53
Tabla 40. Materiales de bodega ordenados según su precio unitario.....	55
Tabla 41. Datos del consumo actual y su valor total de los tipos de cuero.....	56
Tabla 42. Análisis ABC del valor total de los tipos de cuero.....	57
Tabla 43. Clasificación ABC de los elementos.....	58
Tabla 44. Codificación de los tipos de cuero	60
Tabla 45. Codificación de los elementos grupo b.....	62
Tabla 46. Codificación de elementos grupo C.....	63
Tabla 47. Hábitos para la mejora continua	68
Tabla 48. Tabla de valoración del ritmo según la norma británica	70
Tabla 49. Comparación de tiempo de los procesos de aparado y pegado.....	75
Tabla 50. Definición simbología utilizada en diagrama de recorrido propuesto	75
Tabla 51. Comparación de las distancias y tiempos actuales de las propuestas	76
Tabla 52. Clasificación de los materiales de bodega por buen estado o deteriorados ...	79
Tabla 53. Propuesta del registro de ubicación de los materiales de bodega	83
Tabla 54. Plan de limpieza de la bodega.....	85
Tabla 55. Instructivo de Limpieza de Bodega E1-BO	86
Tabla 56. Instructivo de Limpieza de Bodega E2-BO	86
Tabla 57. Instructivo de Limpieza de Bodega E3-BO	86
Tabla 58. Cálculo del tamaño de la muestra del proceso de fabricación propuesto	90
Tabla 59. Conexión de elementos de la simulación propuesta	94

Tabla 60. Comparativo de la situación actual vs la propuesta de los resultados esperados	100
Tabla 61. Comparación de tiempos actuales y propuestos del proceso de fabricación	102
Tabla 62. Cronograma de actividades	103
Tabla 63. Costos para la aplicación de la propuesta	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de producción del modelo de calzado Ana.	9
Gráfico 2. Diagrama de operaciones de proceso Actual de la fabricación de calzado ..	23
Gráfico 3. Representación porcentual de los ingresos 2024.....	25
Gráfico 4. Diagrama de Recorrido sobre la elaboración del modelo Ana	31
Gráfico 5. Diagrama de Pert del proceso de producción del modelo Ana.....	37
Gráfico 6. Diagrama de flujo analítico de proceso de fabricación de calzado Ana.....	39
Gráfico 7. Distribución del tiempo de las operaciones en el proceso de producción....	40
Gráfico 8. Comparación del tiempo de las operaciones de valor agregado y no valor agregado.....	41
Gráfico 9. Análisis de Pareto de los tiempos de los procesos	42
Gráfico 10. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) complementado con la técnica de las 5 ¿Por qué?	43
Gráfico 11. Modelo Operativo	46
Gráfico 12. Croquis de la ubicación de las maquinarias	53
Gráfico 13. Pareto del Análisis ABC	56
Gráfico 14. Diagrama de Pareto del tipo de cuero crítico	57
Gráfico 15. Comparación de tiempo de los procesos de aparado y pegado	74
Gráfico 16. Propuesta del recorrido de producción	79
Gráfico 17. Diagrama de Gantt del cronograma de actividades	106
Gráfico 18. Análisis de la Curva “S”	106

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Calzado modelo Ana.....	10
Imagen 2. Selección de materia prima.....	10
Imagen 3. Área de corte.....	11
Imagen 4. Proceso de corte.....	11
Imagen 5. Proceso de destallado.....	12
Imagen 6. Proceso de aparado, maquilado de piezas.....	13
Imagen 7. Proceso de aparado, pegado de piezas.....	13
Imagen 8. Proceso de armado, preparación de las piezas aparadas.....	14
Imagen 9. Proceso de armado, máquina de armado, ensambladora de puntas y talones	14
Imagen 10. Proceso de armado, preparación de la horma con la platilla de armado.....	15
Imagen 11. Proceso de pegado de planta.....	16
Imagen 12. Prensado al vacío con calor para fijar suelas.....	16
Imagen 13. Proceso de pegado, Reposo del calzado para secar la goma.....	16
Imagen 14. Proceso de terminado.....	17
Imagen 15. Producto terminado y empacado.....	18
Imagen 16. Plantilla para la clasificación de elementos.....	58
Imagen 17. Símbolos y colores para codificación de estanterías.....	59
Imagen 18. Estantería 1 de bodega para cuero y forros.....	60
Imagen 19. Orden de los rollos de cuero.....	61
Imagen 20. Cueros enrollados y almacenados.....	61
Imagen 21. Codificación de estantería 2 de bodega.....	62
Imagen 22. Codificación de estantería 3 de bodega.....	63
Imagen 23. Plantilla para el registro de ubicación de los elementos.....	64
Imagen 24. Plantilla del plan de limpieza propuesto.....	65
Imagen 25. Plantilla para el instructivo de limpieza.....	66
Imagen 26. Propuesta de plantilla de registro de limpieza.....	66
Imagen 27. Dimensiones de franjas de señalización.....	67
Imagen 28. Asignación de colores para estantería.....	67
Imagen 29. Plantilla para el cálculo del tamaño de la muestra.....	70
Imagen 30. Representación de la distribución del área de bodega.....	80

Imagen 31. Codificación propuesta para la estantería No.1	81
Imagen 32. Vista superior de los materiales almacenados en la estantería no.1	81
Imagen 33. Ejemplo del almacenamiento propuestos de cueros y forros en la estantería no.1	82
Imagen 34. Codificación propuesta para la estantería No.2	82
Imagen 35. Codificación propuesta para la estantería No.3	83
Imagen 36. Propuesta de la señalización de los almacenamientos	87
Imagen 37. Codificación de las 3 estanterías por colores	88
Imagen 38. Modelado del entorno de producción en FlexSim	91
Imagen 39. Diagrama de flujo de producción del modelo simulado	92
Imagen 40. Modelo final de la simulación propuesta	93
Imagen 41. Configuración de los parámetros del Source 1	95
Imagen 42. Configuración de los parámetros de los Queues	96
Imagen 43. Configuración de los parámetros de los procesadores	97
Imagen 44. Ejecución de la simulación en FlexSim	98
Imagen 45. Análisis de resultados simulados aplicando las propuestas en FlexSim	99
Imagen 46. Análisis de resultados simulados en la situación actual en FlexSim	99
Imagen 47. Simulación de la situación actual	101
Imagen 48. Simulación de las propuestas mencionadas	101

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Simulación 3D del proceso de fabricación - situación actual.....	113
Anexo 2. Carta de aceptación de la empresa Calzado Martini.....	114
Anexo 3. Carta de conformidad de la empresa Calzado Martini	115

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024

AUTOR: Campaña Guevara Anthony Javier

TUTOR: Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como objetivo plantear una propuesta de mejora para el proceso de fabricación del calzado de dama modelo Ana en la empresa Calzado Martini. Aplicando la metodología de ingeniería de métodos se realiza un diagnóstico de la situación actual iniciando por el análisis de los productos y la producción. La información recopilada reflejó que el modelo Ana representa el 54 % de la producción total, con un precio promedio de venta de \$28. Se identifican 7 procesos: cortado, destellado, aparado, armado, pegado de suela, terminado y empacado; éstos contienen un total de 10 tareas y a su vez contienen 33 operaciones; el proceso tiene un tiempo total de 713,5 min por 1 lote de 21 pares. La información obtenida es analizada mediante diagramas. Además, se estima la productividad monofactorial de 2,94%. El análisis reflejó información como: un operario recorre en promedio 31 metros; los cuellos de botella en los procesos de aparado (El operario no sigue una secuencia del proceso, una sola máquina en funcionamiento), pegado (sobre carga de producción) y armado (80% del recorrido es atribuido a este proceso). Mediante una simulación se establece una solución de mejora aplicando el método SALBP-2 (Método de tanteo) de balanceo de líneas considerando la cantidad de entrada de producto y se obtiene un tiempo de ciclo de 410,1 minutos con una producción de 4 lotes de 21 pares. Así también, una redistribución del área de producción acompañada de las estrategias de la metodología 5S, se logra reducir el tiempo de producción a 452,4 minutos. Se plantea una propuesta para la implementación de las mejoras, que tiene una inversión de 1386 dólares en un tiempo de 8 semanas. Se recomienda a la dirección de la empresa implemente la propuesta, esto permitirá alcanzar una productividad de 18,5%.

DESCRIPTORES: fabricación, mejora, procesos, productividad, simulación.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: CAMPAÑA GUEVARA ANTHONY JAVIER

TUTOR: MG. SANCHEZ DIAZ PATRICIO EDUARDO

ABSTRACT

ENHANCE THE SHOE MANUFACTURING PROCESS FOR THE WOMEN'S MODEL "ANA" AT MARTINI IN CEVALLOS DURING 2024

This proposal aims to enhance the shoe manufacturing process for the women's model "Ana" at Calzado Martini by increasing overall productivity. The project involves a comprehensive analysis of the current production workflow, identification of bottlenecks, and the implementation of targeted improvements based on engineering methods. The goal is to optimize the process, reduce cycle times, and improve efficiency, ultimately leading to increased output and profitability. Currently, the Ana model accounts for 54% of the company's total production, with an average selling price of \$28. The manufacturing process consists of seven distinct stages: cutting, stitching, fitting, assembly, sole gluing, finishing, and packaging. These stages encompass a total of 10 tasks and 33 operations, with the entire process taking approximately 713.5 minutes to produce a batch of 21 pairs. Data analysis, including the use of process diagrams, revealed several bottlenecks, particularly in the fitting, gluing, and assembly stages. Notably, the assembly stage accounts for 80% of the total movement, indicating significant inefficiencies. Additionally, the estimated single-factor productivity stands at 2.94%, with an average operator movement of 31 meters per cycle. To address these issues, a simulation was conducted using the SALBP-2 (Line Balancing) heuristic method. This simulation helped optimize the production line, resulting in a new cycle time of 410.1 minutes and a plan to produce four batches of 21 pairs each. Alongside this, a reorganization of the production area, combined with the implementation of 5S strategies, further reduced the total production time to approximately

KEYWORDS: improvement, manufacturing , processes, productivity, simulation.



452.4 minutes. These improvements are expected to streamline operations, reduce waste, and enhance overall productivity. The proposed plan for implementing these improvements involves an investment of \$1,386 and is designed to be carried out over an eight-week period. The implementation includes reorganizing the production layout, applying 5S principles, and making necessary adjustments to machinery and workflow. The anticipated outcome is a productivity increase of 18.5%, which will contribute to higher efficiency, better resource utilization, and increased capacity to meet demand. It is highly recommended that Calzado Martini's management approve and proceed with this proposal. The successful implementation of these improvements will position the company to achieve significant operational gains, improve product quality, and strengthen its competitive advantage in the market.

KEYWORDS: improvement, manufacturing , processes, productivity, simulation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Contextualización

Asia lidera la producción mundial de calzado con un 87%, en 2023, destacando China como el mayor exportador con un 63% del total global, mientras que América del Sur apenas alcanza el 5% (Apiccaps, 2024). Dentro de esta región, Brasil sobresale al fabricar 865 millones de pares anuales, equivalentes al 52% de la producción sudamericana (TGR Studio, 2024). Sin embargo, desafíos como la calidad y la falta de reconocimiento de marca dificultan su competencia en el mercado internacional (ONUDI, 2023).

Para enfrentar estos retos, los productores sudamericanos han apostado por mejorar los procesos de producción, formar a la mano de obra e invertir en diseño, logrando elevar estándares y adaptarse a las demandas del consumidor (Sánchez et al., 2022). Estas estrategias son esenciales en un contexto globalizado y competitivo, permitiendo a la región dar pasos hacia una mayor presencia mundial y convertir sus limitaciones en oportunidades (Méndez, 2013).

La industria del calzado en el cantón Cevallos, Ecuador, es un pilar económico clave, empleando a gran parte de la población y aportando al desarrollo regional (Arévalo, 2021). Con una producción anual de aproximadamente 4,8 millones de pares de zapatos, genera ingresos cercanos a los 96 millones de dólares (Sánchez et al., 2022). Sin embargo, a pesar de su importancia, empresas como Martini enfrentan problemas operativos que limitan su capacidad productiva y rentabilidad, evidenciando desafíos estructurales en el sector.

Muchos artesanos de Cevallos fabrican calzado de forma autodidacta, lo que trae dificultades económicas tanto en la producción como en la comercialización (El Comercio, 2019). La falta de conocimientos en gestión empresarial genera una administración deficiente de recursos, desequilibrios en la producción y retrasos en entregas (Vásquez, 2021). Esto no solo afecta la satisfacción de los clientes, sino también la de los productores, quienes luchan por obtener ganancias significativas (Aponte, 2024).

A pesar de ser una actividad económica central, las familias de Cevallos no han visto mejoras notables en su situación financiera, obteniendo solo beneficios marginales (Arévalo Ojeda, 2021). Muchas empresas surgen sin análisis de mercado, lo que lleva a sobreendeudamiento y obliga a vender productos a precios bajos con mínimos márgenes de ganancia, perjudicando el mercado local (Sulca, 2023). Esta dinámica refleja la necesidad de un enfoque más estratégico para fortalecer el sector.

El proyecto busca mejorar los procesos de producción de calzado para dama en la Empresa Martini, aplicando la ingeniería de métodos para analizar organización y tiempos. Centrándose en el modelo Ana, de alta demanda, se propone mejorar el proceso, aumentando la capacidad de producción de la fábrica, aplicando orden en bodega y disminuyendo recorridos innecesarios. Con estas acciones, se pretende elevar la productividad.

Antecedentes

La empresa Martini, ubicada en la ciudad de Cevallos, se dedica a la fabricación de calzado para dama, con un enfoque en la producción de modelos de alta demanda en el mercado. Sin embargo, a pesar de su presencia en el sector, la empresa enfrenta varios desafíos operativos que afectan su capacidad para responder de manera efectiva a las necesidades del mercado.

Calzado Martini, una marca con 20 años de trayectoria, ha logrado consolidarse como un referente en la industria del calzado por su enfoque en la calidad. Con sede en el cantón de Cevallos, en la provincia de Tungurahua, esta empresa se especializa en la fabricación de zapatos de cuero utilizando tecnología avanzada, fusionando la artesanía tradicional con innovaciones modernas. A lo largo de su historia, Calzado Martini ha sabido mantener un equilibrio entre la rica herencia cultural de su región y las exigencias contemporáneas del mercado, destacándose por su excelencia en la producción.

Uno de los principales problemas identificados es la falta de un proceso de fabricación establecido y estandarizado. Esto ha generado inconsistencias en la elaboración, cuellos de botella en diversas etapas del proceso y una variabilidad en los tiempos de producción que impide una planificación efectiva y una respuesta ágil a la demanda del mercado.

Estos problemas motivan el desarrollo de este proyecto, cuyo objetivo es mejorar el proceso de fabricación en Martini. La iniciativa busca proporcionar una base técnica que permita estandarizar los tiempos de producción, identificar y eliminar ineficiencias, y establecer procesos más coherentes y alineados con las mejores prácticas de la ingeniería industrial. Al abordar estos desafíos, se espera que la empresa no solo optimice su capacidad productiva, sino que también incremente su competitividad en el mercado, aproveche mejor sus recursos y garantice una mayor satisfacción tanto para sus clientes como para sus colaboradores.

Antecedente en trabajos de investigación

En el proyecto elaborado por (Nacevilla, 2020), **“Estudio del proceso de fabricación de calzado en la Empresa Ludwing Fer ubicada en la Ciudad de Ambato durante el año 2019”** la conclusión más relevante es: Se analizaron los factores clave en la producción de calzado, determinando la productividad en función de la mano de obra, el tiempo y la materia prima, con resultados de 8,18 pares/operario, 0,309 pares/min y 11,25 pares/bandas de cuero, respectivamente. Para la productividad multifactorial, se comparó el costo de producción con los ingresos por ventas, obteniendo un valor de 1,8, lo que indica que la empresa genera un 80% de ingresos en relación con su inversión diaria.

El proyecto elaborado por (Jiménez Martínez, 2020), **“ESTUDIO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CALZADO EN LA EMPRESA GAMOS DE LA CIUDAD DE AMBATO DURANTE EL AÑO 2019”** la conclusión más relevante es: El índice de productividad se calculó a partir de la producción registrada entre junio y agosto, obteniendo un promedio de 73.55 pares/día con un costo unitario de \$42.56. El resultado fue una productividad de 1.27, indicando que la empresa genera ganancias.

El proyecto elaborado por (Trávez, 2021), **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA TALLER ARTESANAL TERMINADOS EN CUERO AMÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2019”** la conclusión más relevante es: El diagnóstico del Taller Artesanal Terminados en Cuero América identificó cuatro problemas principales: secado deficiente, desorden y espacio

reducido, temperatura inadecuada y falta de órdenes de producción, priorizados mediante Pareto e Ishikawa. El análisis del tiempo total de producción (13.075 minutos o 5,5 semanas) evidenció una productividad del 8,14%, demoras de 6,8 días en entregas y una satisfacción del cliente del 35%. Además, los errores y reprocesos generan pérdidas de materia prima, elevando los costos a \$54,94 por piel procesada. Estos resultados sustentan las propuestas de mejora en los procesos.

Justificación

La investigación es **importante** porque permitirá analizar, identificar y simular mejoras en el proceso de fabricación de calzado Ana, lo que resulta fundamental para mejorar la competitividad de la empresa Martini en el mercado.

Los resultados de esta investigación tendrán un **impacto** directo en la producción del modelo Ana y en la organización de las estaciones de trabajo en la fábrica. Las mejoras identificadas y representadas mediante simulación permitirán reducir los tiempos de producción, acortando las distancias recorridas y mejorar el orden en la bodega.

La **utilidad** de esta investigación radica en que proporcionará un diagnóstico actual de la empresa y propone un proceso mejorado representado en simulación.

Los **beneficiarios** directos de esta investigación serán la empresa Martini y sus empleados.

La realización de esta investigación es **factible**, ya que se cuenta con acceso a la información necesaria, los recursos técnicos y el apoyo de la empresa para desarrollar posibles mejoras.

Objetivo general:

Mejorar el proceso de fabricación de calzado de dama Ana en la Empresa Martini de la ciudad Cevallos durante el año 2024.

Objetivos específicos:

- Analizar el estado actual del proceso de fabricación de calzado Ana de dama en la empresa Martini.
- Identificar alternativas de implementación de mejoras que sean factibles y aplicables.
- Simular el proceso de fabricación incorporando las estrategias de mejoras en cada proceso.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Datos generales de la empresa Calzado Martini

Ubicada en el cantón Cevallos, en la provincia de Tungurahua, la empresa Calzado Martini se encuentra a pocos metros del parque infantil, en el sector del coliseo. Esta empresa se especializa en la fabricación de zapatos de cuero para caballeros, damas y niños. Fundada hace 18 años, Calzado Martini tiene sus raíces en la tradición familiar, ya que son pioneros en la fabricación de calzado en Cevallos.

En sus inicios, Calzado Martini operaba con una producción reducida y métodos empíricos, apoyándose en un equipo de solo tres obreros. La empresa contaba con un punto de venta estratégico en Cevallos, donde comercializaba sus propios productos junto con calzado de pequeños productores artesanales locales. Con el paso del tiempo, la compañía ha logrado avanzar mediante la formación de su personal, la adopción de innovaciones y la introducción de nuevos diseños, consolidándose como un referente en el competitivo mercado del calzado.

Se adquirió nueva maquinaria para tecnificar el proceso de producción, lo que permitió alcanzar una capacidad de producción de 70 a 80 pares de zapatos al día, aumentando el número de obreros a 14. Sus principales ventas se realizaban a nivel nacional, abarcando ciudades como Quito, Santo Domingo, Ibarra y Cuenca, entre otras.

Sin embargo, la situación de la empresa ha experimentado cambios significativos en los últimos años, influenciada por diversos factores. La pandemia del COVID-19 afectó gravemente a muchas industrias, lo que repercutió en su operatividad. Sumado a esto, la ineficacia del municipio de Cevallos en la gestión de recursos y el limitado apoyo a los

emprendedores han complicado aún más el panorama. Por otro lado, la grave situación económica del país ha impactado tanto en la demanda como en el funcionamiento de Calzado Martini.

Levantamiento de información sobre la situación actual

Una vez investigado sobre la historia y evolución de Calzado Martini, es fundamental llevar a cabo una entrevista con la gerente propietaria para obtener información sobre la situación actual de la empresa.

Entrevista semiestructurada sobre el diagnóstico actual de la empresa

La entrevista consistió en una serie de preguntas abiertas, cuyo propósito fue recolectar información detallada sobre el área de interés, específicamente el diagnóstico actual y su proceso de fabricación. El diseño de la entrevista se estructuró como una entrevista de tópico para profundizar en el conocimiento del tema. Las preguntas abiertas permitieron que el entrevistado se expresara de manera libre y natural, sin ser influenciados por opciones predeterminadas. Esta metodología favoreció la expresión auténtica de sus pensamientos y experiencias, sin interferencias por parte del entrevistador (Tejero, 2021).

La entrevista se llevó a cabo de manera presencial, y el audio fue grabado para garantizar la precisión de la información. Posteriormente, se realizó una transcripción textual inteligente, que excluye pausas innecesarias, rellenos y errores gramaticales, con el fin de facilitar un análisis (George, 2022).

Entrevistado: Gerente propietario de la empresa.

En un primer acercamiento se mencionó:

¿Cuál es el producto más exitoso o de mayor demanda en la empresa actualmente?

El zapato de mujer "Ana" en cuero, reconocido por su confort y calidad.

¿Qué problemas principales enfrenta el proceso de producción?

Existen reprocesos, falta de capacitación del personal y retrasos en la adquisición de insumos, lo que provoca interrupciones en la producción.

¿Se registra la cantidad de calzado producido en cada período?

No, no se lleva un registro formal.

¿En qué etapas del proceso de producción se presentan reprocesos?

Los reprocesos ocurren en las etapas de armado, aparado y corte debido a errores en las operaciones o defectos en los materiales.

¿Cuál es la capacidad productiva diaria de la empresa?

La capacidad actual es de 15 a 20 pares por día.

¿Cuántas personas están involucradas en el proceso de producción?

Actualmente, hay 5 trabajadores en el equipo.

¿Brinda a sus empleados capacitaciones para mejorar sus resultados?

Actualmente no se realizan capacitaciones para los empleados.

¿Cómo gestionan los tiempos de producción y garantizan que se cumplan los plazos de entrega?

No se posee un control en la gestión de tiempos, pero se sabe empíricamente los tiempos aproximados del proceso de producción que tarda en cumplir la entrega.

¿Cómo aseguran que los estándares de calidad se mantengan durante el proceso?

En la línea de producción cuenta con tres inspecciones una en la selección de insumos, otra después del proceso de aparado de piezas y la última en el proceso de terminado.

¿Cuánto tiempo, en promedio, toma producir un par de zapatos desde el inicio hasta el final del proceso?

Producir un zapato toma aproximadamente 10 horas.

¿Existen procesos manuales que podrían beneficiarse de la automatización?

Posiblemente en el proceso de corte ya que el trabajo se realiza con moldes y un cúter.

El análisis de la entrevista realizada al gerente de la empresa muestra que el zapato de cuero Ana, es el que más demanda tiene, pero en su producción hay reprocesos en las operaciones de armado, aparado y corte, falta de capacitación para el personal y retrasos en la adquisición de insumos que generan interrupciones.

Además, se recopila información de manera técnica que se presenta en la Tabla 1, respecto a:

Tabla 1. Información recopilada de la entrevista

Categoría	Datos
Producto principal	Zapato de mujer "Ana" en cuero
Capacidad productiva diaria	15 a 20 pares por día.
Personal involucrado	5 trabajadores.
Etapas con reprocesos	Armado, aparado y corte.
Causas de reprocesos	Errores en operaciones y defectos en materiales.
Control de calidad	Tres inspecciones: selección de insumos, aparado y terminado.
Registro de producción	No se lleva un registro formal.
Capacitación del personal	No se realizan capacitaciones.
Procesos manuales	Corte (uso de moldes y cúter).
Otros problemas	Retrasos en la adquisición de insumos.

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Descripción de la producción de Calzado Martini

Dado que el proyecto se enfoca en mejorar el proceso de fabricación del calzado modelo "Ana" a solicitud del gerente de la empresa, como se muestra en la Tabla 2 con datos entregados por la empresa del modelo Ana y otros modelos, se procederá a analizar los datos de producción mensual de dicho modelo.

Esta Tabla 2 muestra la cantidad de pares fabricados durante el año 2024, acumulando un total de 3540 pares hasta noviembre del modelo Ana mientras que los otros modelos alcanzan una cantidad de 3069 pares. La producción del modelo Ana alcanzó su punto máximo en noviembre con 500 pares, mientras que el nivel mínimo se registró en enero con 101 pares.

Tabla 2. Producción año 2024

Mes	Cantidad producida (Modelo Ana) en pares.	Cantidad producción (Otros modelos) en pares.
Enero	101	279
Febrero	203	279
Marzo	250	279
Abril	280	279
Mayo	300	279
Junio	300	279
Julio	374	279
Agosto	400	279
Septiembre	450	279
Octubre	382	279
Noviembre	500	279
TOTAL	3540	3069

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Los datos de producción del modelo Ana permitieron calcular como se muestra en la Tabla 3 una desviación estándar de 115 pares, lo que indica que las cantidades de

producción mensuales presentan una variabilidad moderada en torno a la media de 322 pares. Esto significa que, en promedio, las producciones mensuales suelen oscilar en un rango de aproximadamente 322 ± 115 pares. A lo largo del año, se evidencia fluctuaciones atribuibles a la variación de la demanda en diferentes meses, según información proporcionada por la empresa.

Tabla 3. Análisis descriptivo de los datos de producción del modelo Ana

Estadístico	Valor
Máximo	500
Mínimo	101
Media	322
Desviación estándar	115

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La producción total de Calzado Martini en lo que va del año 2024 es de un total 6609 pares fabricados. De este volumen como se muestra en el Gráfico 1, el modelo Ana representa el 54% de la producción, mientras que el resto de los modelos combinados abarcan el 46%. Este dato demuestra que el modelo Ana es el más elaborado por la empresa.

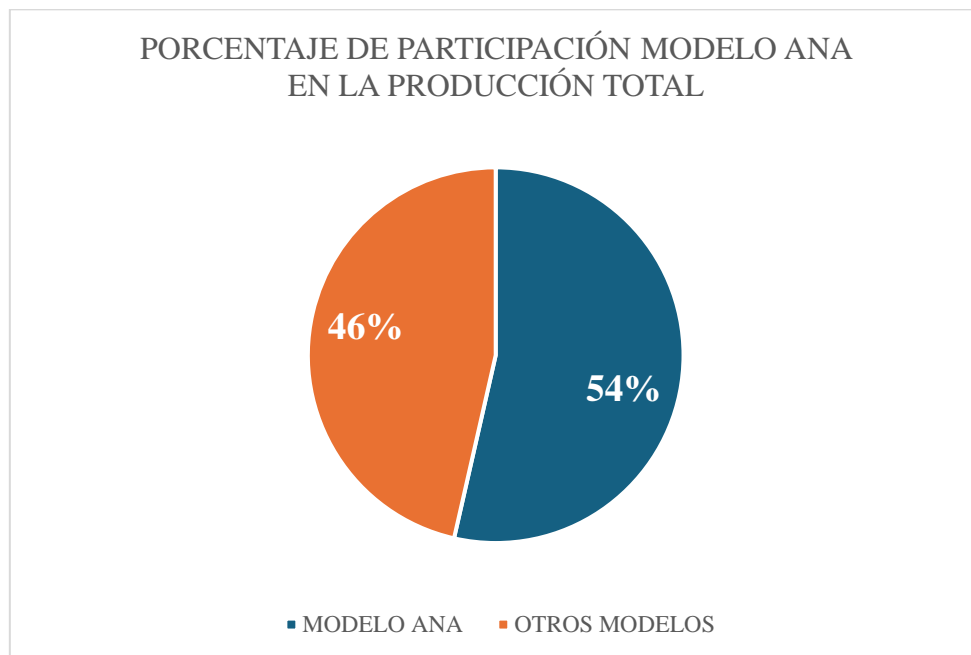


Gráfico 1. Porcentaje de producción del modelo de calzado Ana.

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Descripción del producto Ana

Como se muestra en la Imagen 1, "Ana" es un diseño estándar recientemente introducido por Calzado Martini. Según la empresa el modelo es clásico y cómodo, su precio de promedio de venta es de **\$28** por par.



Imagen 1. Calzado modelo Ana

Fuente: Calzado Martini

Descripción del proceso de fabricación modelo ANA

Para un mejor entendimiento del proceso de fabricación con información brindada por la empresa ya que no tienen documentada, con los operarios que intervienen en cada proceso, el tiempo estimado, mínimo, máximo.

Proceso de cortado

De acuerdo con el modelo Ana, se deben comprobar las especificaciones técnicas y proceder a la selección de la materia prima, incluyendo cuero, forros, suelas, herrajes, elásticos y pasadores. Una vez seleccionados, los materiales son transportados a la estación de cortado.



Imagen 2. Selección de materia prima

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Las piezas se cortan manualmente de acuerdo con el modelo Ana y las tallas solicitadas. Tanto el cuero como el forro se clasifican antes de ser transportados a la estación de destallado. Además, se recopila información técnica relevante, como se muestra en la Tabla 4.

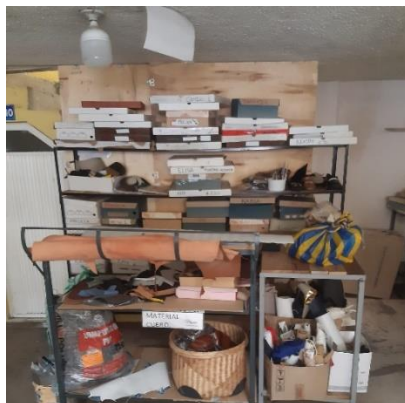


Imagen 3. Área de corte

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 4. Proceso de corte

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 4. Datos técnicos sobre proceso de cortado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	Desorganización en el manejo y ubicación de los materiales como se muestra en la Imagen 2.
Tiempo estimado (minutos):	50	
Tiempo mínimo:	40	Desorganización de materiales y herramientas como se muestra en
Tiempo máximo:	55	
Índice de desorganización	25 %.	

Datos técnicos		Observaciones
Frecuencia del problema:	60%	Imagen 3, causando demoras de 10 minutos en su selección. Se identifica oportunidad de innovar el proceso manual Imagen 4.
Impacto en la producción:	Retrasos en el flujo de trabajo.	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de destallado

Las piezas de cuero cortadas son destalladas, donde se reduce el grosor de los filos a una profundidad de un centímetro. Se recopiló información técnica relevante, como se muestra en la Tabla 5.



Imagen 5. Proceso de destallado

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 5. Datos técnicos de sobre el proceso de destallado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	El manejo de la máquina de destallado, según se muestra en la Imagen 5, Existen retornos en el recorrido por ubicación inadecuada.
Tiempo estimado (minutos):	17	
Tiempo mínimo:	10	
Tiempo máximo:	20	
Tiempo modal:	18	
Tolerancia de precisión:	$\pm 0,5$ mm	
Índice de defectos:	5%	
Desperdicio de material:	2%	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de aparado

Las piezas correspondientes se unen, luego son pegadas y cosidas para formar una sola pieza aparada, como se muestra en la Imagen 6 e Imagen 7. Posteriormente, se inspecciona que el maquilado sea adecuado antes de ser transportadas a la estación de armado. Se recopiló información técnica del proceso mencionado como se observa en la Tabla 6.



Imagen 6. Proceso de aparado, maquilado de piezas.

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 7. Proceso de aparado, pegado de piezas.

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 6. Datos técnicos del proceso de aparado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	Se encuentra 3 máquinas de maquilado dañadas. Provoca retrasos en la capacidad de producción.
Tiempo estimado (minutos):	273	
Tiempo mínimo:	240	
Tiempo máximo:	300	
Tiempo modal:	274,5	
Frecuencia del problema:	30%	
Retraso en la producción:	15%	
Tiempo de reabastecimiento:	2 h	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de armado

Se preparan las piezas aparadas como se muestra en la Imagen 8, recortando los excesos y dejando un centímetro en los bordes. Se utiliza una máquina de armado, donde se ensamblan las puntas y los talones como se muestra en la Imagen 9. Luego, se emparejan las hormas y se espera a que el horno alcance la temperatura adecuada. Posteriormente, se prepara la horma utilizando una plantilla de armado y se aplica pegamento amarillo (africano) con una brocha. Después de dejar secar como se muestra en la Imagen 10, se calienta el corte en los hornos para facilitar su moldeamiento con la horma. Finalmente, se monta el corte aparado en la horma, la cual define la forma del zapato. Luego, se eliminan los sobrantes en las zonas donde se adherirá la suela, asegurando un acabado preciso. En la Tabla 7 se recolectó datos técnicos del proceso.



Imagen 8. Proceso de armado, preparación de las piezas aparadas

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 9. Proceso de armado, máquina de armado, ensambladora de puntas y talones

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 10. Proceso de armado, preparación de la horma con la platilla de armado

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 7. Datos técnicos del proceso de armado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	Existen retrocesos y cruces de recorridos, además de extensos recorridos en el proceso de armado.
Tiempo estimado (minutos):	101	
Tiempo mínimo:	90	
Tiempo máximo:	120	
Tiempo modal:	99	
Tasa de defectos:	14,30%	
Frecuencia del problema:	Cada ciclo	
Materia prima desperdiciada:	5%	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de pegado de suelas

Se aplica el pegamento correspondiente tanto en la planta como en el corte aparado en la horma, y se deja secar durante 15 minutos. A continuación, se procede a unir el corte aparado con la suela como se observa en la Imagen 11. Para asegurar una mejor adhesión, se utiliza una prensa con calor al vacío como se muestra en la Imagen 12. Después, se deja reposar en la horma hasta que el pegamento se seque como se evidencia en la Imagen 13. Luego, se procede a desmontar los zapatos de la horma y se recopiló datos técnicos del proceso como se observa en la Tabla 8.



Imagen 11. Proceso de pegado de planta

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 12. Prensado al vacío con calor para fijar suelas

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Imagen 13. Proceso de pegado, Reposo del calzado para secar la goma

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 8. Datos técnicos del proceso de pegado de plantas

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	Cuello de botella por acumulación de material por procesar.
Tiempo estimado (minutos):	161	
Tiempo mínimo:	150	
Tiempo máximo:	180	
Tiempo modal:	159	
Tasa de error en selección de suelas:	13,30%	
Frecuencia del problema:	30%	
Desperdicio de materiales:	5%	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de terminado

Se verifica la presencia de fallas en las piezas. Las plantillas se cortan según la talla y se clasifican en consecuencia. Se revisa que no haya sobrantes de goma, y se procede a limpiarlas como se muestra en la Imagen 14. Finalmente, se añaden los detalles del modelo, datos técnicos del proceso se observan la Tabla 9.



Imagen 14. Proceso de terminado

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 9. Datos técnicos para el proceso de terminado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	Iluminación opaca no adecuada para visualizar errores.
Tiempo estimado (minutos):	68	
Tiempo mínimo:	40	
Tiempo máximo:	90	
Tiempo modal:	69,5	
Nivel de iluminación actual:	250 lux	
Tasa de defectos no detectados:	20%	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Proceso de empaçado

Se ensamblan las cajas de zapatos, donde se indica la talla, el modelo y el color. Luego, se colocan los zapatos en su interior, acompañados de un papel blanco, como se muestra en la Imagen 15 y pasa a ser almacenado. Se muestra en la Tabla 10 datos técnicos del proceso.



Imagen 15. Producto terminado y empaçado

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 10. Datos técnicos del proceso de empaçado

Datos técnicos		Observaciones
Operarios:	1	La actividad de ensamble de cajas produce demoras.
Tiempo estimado (minutos):	46	
Tiempo mínimo:	40	
Tiempo máximo:	60	
Tiempo modal:	44	
Frecuencia del problema:	70%	
Tiempo de armado por caja:	57 seg.	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Datos de máquinas, equipos, herramientas

Se recolecto datos según la empresa de la maquinaria, equipos y herramientas que se utiliza en el proceso de fabricación ya que no tienen documentada, esta información se muestra en la Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 11. Maquinaria empleada en proceso de fabricación

Proceso	Máquinas	Conectado a:	Dimensiones cm	Peso Kg
Proceso de destallado	Destalladora - ELLEGI	220 v	50 x 30 x 40	30

Proceso	Máquinas	Conectado a:	Dimensiones cm	Peso Kg
Proceso de aparado	Máquina de coser - IVOMAQ	110/220 v	60 x 25 x 30	30
	Prensa térmica Taloneras	220 v	25 x 25 x 30	50
Proceso de armado	Prensa térmica Punteras	220 v	30 x 30 x 50	50
	Máquina armadora de hormas	Trifásica	150 x 180 x 220	800
	Pulidora	220 v	30 x 15 x 15	50
Proceso de pegado de suelas	Prensa al vacío	220 v	50 x 60 x 100	150

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 12. Herramientas empleadas en la fabricación de calzado

Equipos	Herramientas
Grapadora neumática	Cúter rotativo
Carros/estantes de transporte	Compases
Compresor de aire	Moldes para corte
Horno de secado	Agujas y alicates
Sistema de iluminación	Brochas y esponjas
	Limas

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Con la información recopilada sobre las maquinarias utilizadas en cada proceso y los tiempos asociado, se identificó el tiempo máquina y el tiempo hombre para cada proceso, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Tiempo de uso de máquinas en los procesos

Procesos	Total Tiempo (min)	Tiempo Hombre (min)	Tiempo Máquina (min)
Cortado	50	50	0
Destallado	15,33	0,83	14,5
Aparado	279,67	19,67	260
Armado	97,66	14,15	83,51
Pegado	158,5	138,5	20
Terminado	67,59	67,59	0
Empacado	44,75	44,75	0
Total	713,5	335,49	378,01

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Datos generales de los empleados

Según los datos proporcionados por la empresa sobre el desempeño de sus operarios, se observa que los operarios de aparado y armado presenta un desempeño bajo como se

observa en la Tabla 14, es fundamental enfocarse en la mejora de los procesos que ejecutan estos operarios.

Tabla 14. Información de los operarios

Operario encargado de:	Años de experiencia	Años en la empresa	Desempeño	Capacitado por la empresa	Cantidad de procesos que realiza
Corte	9	4	Regular	No	2
Aparado	10	4	Bajo	No	1
Armado	15	7	Bajo	No	2
Terminado	8	5	Regular	No	2

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Los datos muestran que el operario de corte, con 9 años de experiencia y 4 en la empresa, tiene un desempeño bajo y realiza 2 operaciones. El operario de armado, con 15 años de experiencia y 10 en la empresa, ejecuta 5 operaciones, lo que indica una diferencia en la productividad. Ningún operario ha sido capacitado por la empresa, y los operarios de aparado y terminados presentan un desempeño regular, con 1 y 2 operaciones realizadas, respectivamente.

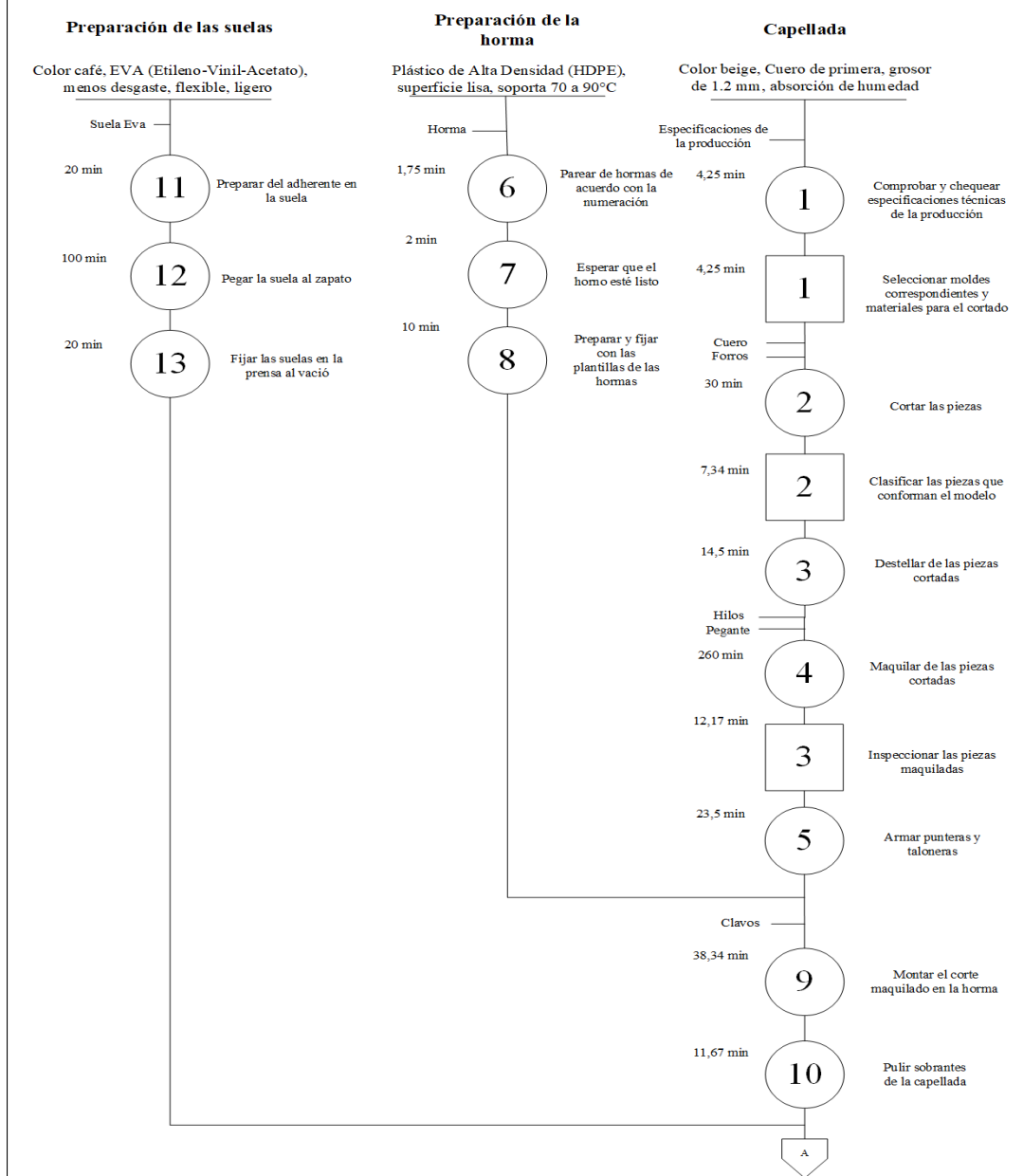
Diagrama de operaciones del proceso de fabricación de calzado modelo Ana

El diagrama de operaciones muestra en orden las actividades de manufactura, desde la materia prima hasta el empaquetado, incluyendo operaciones, inspecciones, tiempos y materiales, mediante símbolos de círculos y cuadros (Freivalds & Niebel, 2020).

Como se observa en el Gráfico 2, el proceso de ensamblaje del calzado modelo "Ana" para un lote de 21 pares consta de 3 subensambles. El tiempo total de operaciones es de 672,97 min y de inspecciones es de 40 min, durante los cuales se realizan 19 operaciones y 4 inspecciones.

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Hoja No.: 1
De: 2



Simbología			
Operación			
Inspección			
MÉTODO ANALIZADO			
ACTUAL			
CROQUIS DEL ÁREA DE TRABAJO			
RESUMEN		Cantidad	Tiempo
OPERACIÓN		19	672,97
INSPECCIÓN		4	40,1
Diagramas relacionados			
Diagrama de recorrido del proceso de producción			
Diagrama PERT del proceso de producción			
Diagrama de flujo analítico de proceso			
Elaboró		Anthony Javier Campaña	
Revisó		Supervisor de producción	
Aprobó		Supervisor de producción	
Diagrama No.			
1			

Calzado Martini

Gráfico 2. Diagrama de operaciones de proceso Actual de la fabricación de calzado

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Evaluación del diagrama de operaciones actual

Es necesario responder las siguientes preguntas para analizar posibles alternativas de mejora en el proceso, tomando como base las premisas de eliminar y simplificar las operaciones del proceso evaluado.

Estos criterios facilitan la evaluación del diagrama de operaciones y la identificación de posibles mejoras, como reducir al mínimo las operaciones necesarias, definir una disposición óptima de las estaciones de trabajo y combinar aquellas actividades que puedan integrarse. Asimismo, promueven la simplificación de tareas, el balanceo del trabajo en ambas manos y la eliminación de operaciones de sujeción manual (Peralta, 2015).

¿Se puede eliminar alguna operación dentro del proceso? (Peralta, 2015).

Sí, una operación puede eliminarse mediante una modificación en la secuencia de trabajo. Al reorganizar el orden de las actividades, es posible agrupar operaciones que no dependen de un orden específico, lo que permite reducir tiempos de espera y mejorar el flujo del proceso sin afectar la calidad del producto.

¿Se puede eliminar algún movimiento? (Peralta, 2015).

Sí, un movimiento puede eliminarse mediante una modificación en la secuencia de trabajo. Al reorganizar las actividades, es posible reducir desplazamientos innecesarios al agrupar tareas que pueden realizarse de manera consecutiva en el mismo lugar, lo que mejora el flujo de trabajo y reduce el tiempo dedicado a movimientos no productivos.

¿Se puede eliminar alguna actividad relacionada con sujetar? (Peralta, 2015).

Sí, la actividad de sujetar puede eliminarse mediante el uso de un dispositivo de sujeción o fijación de piezas. Al incorporar un sistema automático o mecánico que mantenga las piezas en su lugar durante el proceso, se elimina la necesidad de intervención manual, lo que facilita la ejecución de otras tareas y mejora la continuidad del trabajo.

¿Se puede simplificar alguna operación? (Peralta, 2015).

Sí, una operación puede simplificarse cambiando la posición de los controles y del equipo o herramientas. Al reubicar estos elementos de manera más accesible, se reducen los movimientos innecesarios y se facilita la ejecución de la tarea, lo que permite realizar la operación de manera más rápida y con menos esfuerzo.

¿Se puede simplificar algún movimiento? (Peralta, 2015).

Sí, un movimiento puede simplificarse acortando las distancias de la herramienta y el equipo utilizados. Al reducir las distancias entre las estaciones de trabajo o herramientas, se disminuyen los desplazamientos y se facilita el acceso a los recursos, lo que permite realizar los movimientos de manera más directa y rápida.

Ingresos del año 2024 en dólares

También se recopilaron datos de ventas del modelo Ana para el período de enero a noviembre de 2024, los cuales se resumen en la Tabla 15. Estas ventas se clasifican en crédito y efectivo, evidenciando que los ingresos en efectivo representan el 80% del total anual, como se muestra en el Gráfico 3.

La empresa Calzado Martini posee un local en la ciudad de Cevallos y, además, realiza ventas mediante órdenes de clientes en otras provincias.

Tabla 15. Ingresos año 2024

Tipo	Crédito	Efectivo
Ventas en almacén	\$ 1.749,00	\$ 30.094,41
Ventas al por mayor	\$ 15.320,00	\$ 40.100,00
Total	\$ 17.069,00	\$ 70.194,41

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña



Gráfico 3. Representación porcentual de los ingresos 2024

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Descripción de los costos unitarios de producción para el año 2024

Se han recolectado datos de costos y materiales de la producción del zapato modelo Ana.

Costos de Materia prima

La Tabla 16 elaborada con datos proporcionados por la empresa, presenta los costos relacionados con la materia prima de cuero utilizada en la producción del calzado modelo Ana. Se detalla el costo por decímetro cuadrado (dm²) de cuero, la cantidad de dm² necesaria para fabricar un par de calzado, y el costo total por par. El precio del cuero se establece en \$0,23 por dm² y se requieren 23 dm² para producir un par, el costo total por par asciende a \$5,29.

Tabla 16. Costo de la materia prima – cuero

Materia prima	Costo (\$/dm2)	Cantidad utilizada en un par (dm ²)	Costo por par (\$)
Cuero	\$ 0,23	23	\$ 5,29

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Costos de Insumos

La Tabla 17 elaborada con datos proporcionados por la empresa se detalla los insumos necesarios para la producción de un par de zapatos, junto con sus costos unitarios. Revela que la suela representa el mayor costo individual. Con un costo total de \$5,00 por par.

Tabla 17. Costos de insumos para un par de zapatos

Insumos	Costo unitario por par (\$)
Suela	\$ 3,20
Planta de armado	\$ 0,09
Planta de acabado	\$ 0,25
Forros	\$ 0,27
Pegantes	\$ 0,25
Cajas	\$ 0,68
Hilos	\$ 0,05
Puntas y talones	\$ 0,16
Etiquetas	\$ 0,05
Total	\$ 5,00

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Mano de obra

La empresa ha calculado el costo por par de zapatos, con datos proporcionados por la empresa detallando el precio correspondiente a cada proceso necesario para su elaboración como se muestra en la Tabla 18. La tabla muestra que el costo total de mano de obra para fabricar un par del modelo Ana es de \$3,75.

Tabla 18. Costos de Mano de obra directa del modelo Ana

Descripción	Costo unitario por par (\$)	
Cortado	\$	0,50
Destallado	\$	0,25
Armado	\$	1,50
Aparado	\$	1,25
Terminado	\$	0,25
Total	\$	3,75

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La Tabla 19 muestra el costo de mano de obra indirecta del modelo Ana que es por cada para de zapato.

Tabla 19. Costo de Mano de obra indirecta del modelo Ana

Descripción	Costo unitario por par (\$)	
Salarios	\$	4,67
Total	\$	4,67

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Costos varios

Como se muestra en la Tabla 20, estos costos deben ser cubiertos mensualmente, según la información proporcionada por la empresa son costos calculados por un par de zapato con un total de \$5,31.

Tabla 20. Costos varios por unidad

Costos varios	Valor unitario por par (\$)	
Energía eléctrica 220 VA	\$	0,08
Energía eléctrica trifásica	\$	0,15

Costos varios	Valor unitario por par (\$)	
Agua	\$	0,06
Internet	\$	0,07
Combustible	\$	0,28
Total	\$	0,64

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Costos Fijos

Este costo debe cubrirse mensualmente, independientemente de los ingresos generados. Incluye, entre otros, el arrendamiento, que asciende a 300 dólares mensuales como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Costos fijos mensual

Descripción	Costo mensual (\$)	
Arrendamientos	\$	300,00
Total	\$	300,00

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Total de costos unitarios por par es **\$19,35**

Total costos fijos es **\$300,00**

Total costos mensuales

Se realizó el cálculo del costo mensual correspondiente al año 2024 en función de la producción registrada en cada periodo, cuyos valores se detallan en la Tabla 22. Como resultado, se obtuvo un costo total de 131,214.86 dólares para el año 2024.

Tabla 22. Costos mensuales según su producción del año 2024

Mes	Producción	Costos variables		Costos fijos		Total
Enero	264	\$	5.109,63	\$	300,00	\$ 5.409,63
Febrero	423	\$	8.187,02	\$	300,00	\$ 8.487,02
Marzo	450	\$	8.709,59	\$	300,00	\$ 9.009,59
Abril	530	\$	10.257,96	\$	300,00	\$ 10.557,96
Mayo	600	\$	11.612,79	\$	300,00	\$ 11.912,79
Junio	651	\$	12.599,88	\$	300,00	\$ 12.899,88
Julio	734	\$	14.206,31	\$	300,00	\$ 14.506,31
Agosto	714	\$	13.819,22	\$	300,00	\$ 14.119,22
Septiembre	828	\$	16.025,65	\$	300,00	\$ 16.325,65
Octubre	647	\$	12.522,46	\$	300,00	\$ 12.822,46
Noviembre	768	\$	14.864,37	\$	300,00	\$ 15.164,37

Mes	Producción	Costos variables	Costos fijos	Total
Total				\$ 131.214,86

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Ingresos y costos

La Tabla 23, elaborada con datos proporcionados por la empresa, presenta la producción mensual de pares entre enero y noviembre, junto con los costos asociados a su fabricación. Debido a que la empresa no contaba con esta documentación, se realizó un análisis detallado de los costos mensuales, obteniendo un costo total acumulado de \$131214,86. En contraste, los ingresos totales registrados en el mismo período ascienden a \$87263,41, lo que evidencia un déficit aproximado de \$43951,45; reflejando un desequilibrio financiero en la producción de este modelo.

Tabla 23. Costos y sus ingresos totales mensuales en el año 2024

Mes	Producción	Costos totales	Ingresos totales
Enero	264	\$ 5.409,63	\$ 3.485,78
Febrero	423	\$ 8.487,02	\$ 5.585,18
Marzo	450	\$ 9.009,59	\$ 5.941,68
Abril	530	\$ 10.557,96	\$ 6.997,97
Mayo	600	\$ 11.912,79	\$ 7.922,23
Junio	651	\$ 12.899,88	\$ 8.595,62
Julio	734	\$ 14.506,31	\$ 9.691,53
Agosto	714	\$ 14.119,22	\$ 9.427,46
Septiembre	828	\$ 16.325,65	\$ 10.932,68
Octubre	647	\$ 12.822,46	\$ 8.542,81
Noviembre	768	\$ 15.164,37	\$ 10.140,46
Total		\$ 131.214,86	\$ 87.263,41

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Productividad multifactorial con base al costos e ingresos

La productividad es un indicador que evalúa la eficiencia con la que se emplean los recursos, como tiempo, mano de obra, materiales y energía, para obtener resultados (Escalante & Gonzáles, 2015).

Se calculo entre los ingresos totales de cada mes dividido para los costos totales de enero a noviembre como se muestra en la Tabla 24, se empleó la siguiente Ecuación 1 para calcular la productividad.

$$Productividad\ multifactorial = \frac{Ingresos\ totales}{Costos\ totales}$$

Ecuación 1

Tabla 24. Productividad multifactorial con base al costos e ingresos de cada mes

Mes	Productividad multifactorial
Enero	0,64
Febrero	0,66
Marzo	0,66
Abril	0,66
Mayo	0,67
Junio	0,67
Julio	0,67
Agosto	0,67
Septiembre	0,67
Octubre	0,67
Noviembre	0,67

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La productividad se interpreta como la relación entre los ingresos generados y los costos incurridos. En este caso de enero, al dividir los ingresos (\$ 3.485,78) entre los costos (\$ 131.214,86), se obtiene un valor de 0,65. Esto significa que por cada dólar invertido en costos, se generan 0,64 dólares de ingresos. Un valor menor que 1 indica que los costos superan los ingresos, lo que sugiere una baja rentabilidad en el proceso analizado.

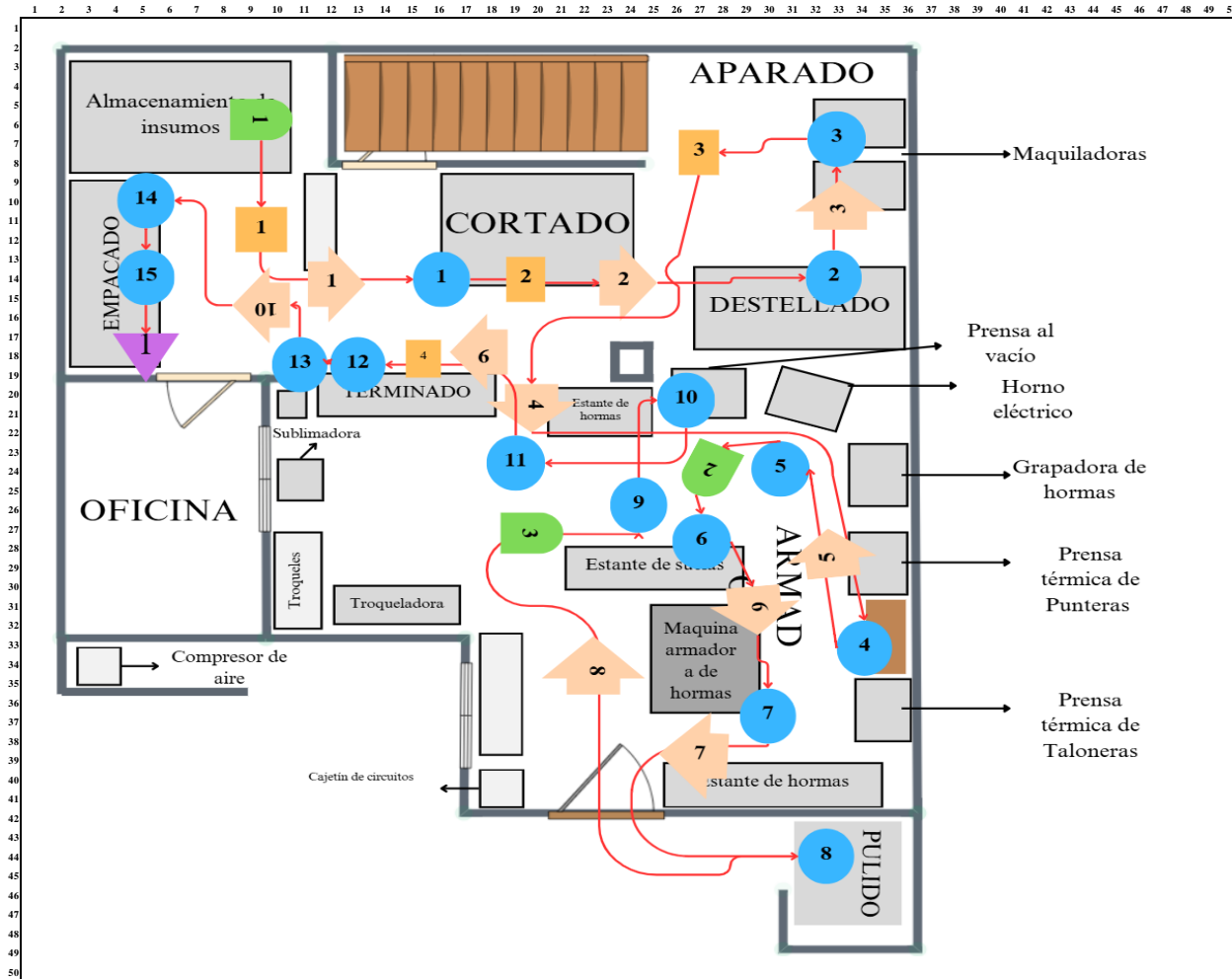
Diagrama de recorrido del proceso de producción

El diagrama de recorrido representa gráficamente la distribución de la planta y el flujo de operaciones, ayudando a detectar trayectos innecesarios y zonas de congestión para mejorar la organización del espacio (Freivalds & Niebel, 2020).

Como se observa en el Gráfico 4, el diagrama de recorrido representada con simbología ASME de las tareas del proceso de fabricación del modelo Ana, incluye 14 operaciones, 4 inspecciones, 3 demoras, 10 transportes del material y 1 almacenamiento.

El Gráfico 4 muestra la existencia de trayectos de retorno en la estación de armado, cruces en los recorridos, en la estación de armado donde se recorre 9 m siendo la cantidad más alta y se registra la distancia recorrido total de 31 metros.

DIAGRAMA DE RECORRIDO



Resumen		
Simbología	Cantidad	
Operación	○	14
Transporte	→	10
Demora	◇	3
Inspección	□	4
Almacenamiento	▽	1
Combinada	⊗	0
Plano No.		
1		
Escala	Distancia (m)	
sin escala	31	
Localización		
Calle 13 de Mayo y Cipreses, Núm J9XJ+9P8, Cevallos, Tungurahua, Ecuador		
Notas		
Muestra la existencia de trayectos de retorno en la estación de armado, cruces en los recorridos, en la estación de armado donde se recorre 9 m siendo la cantidad más alta. Se evidencia que el proceso no se realiza en un recorrido consecutivo.		
Diagrama No.		
2		

Calzado Martini

3	Diagrama de operaciones	Proceso de fabricación de calzado Ana, elaborado con cuero y semi artesanal, consta de 5 operarios.	Producto	Anthony Campaña	Supervisor de producción	Supervisor de producción
2	Diagrama de flujo analítico de proceso			Fecha: 2024	Fecha: 2024	Fecha: 2024
1	Diagrama PERT del proceso de producción			Elaboró	Revisó	Aprobó
No.	Diagramas de Referencia	Descripción	Calzado modelo Ana			

Gráfico 4. Diagrama de Recorrido sobre la elaboración del modelo Ana

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La interpretación de los símbolos y sus respectivas definiciones se presentan en la Tabla 25, detallando el número del símbolo y su significado dentro del recorrido del proceso de producción del calzado Ana.

Tabla 25. Definición simbología utilizada en diagrama de recorrido

Tipo	No.	Definición
Demoras	1	Comprobar y chequear especificaciones técnicas de la producción
	2	Esperar que el horno esté listo
	3	Esperar preparación del adherente en la suela
Inspecciones	1	Seleccionar moldes correspondientes y materiales para el cortado
	2	Clasificar las piezas que conforman el modelo
	3	Inspeccionar las piezas maquiladas
	4	Inspección de fallas en las piezas
Transporte	1	Transporte al cortado
	2	Trasporte al destellado
	3	Transporte al Maquilado
	4	Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras
	5	Transporte a maquinarias para preparación de hormas
	6	Transporte a máquina para montar
	7	Transporte a la estación de pulido
	8	Transporte a la estación de pegado de suelas
	9	Transportar a estación de terminado
	10	Transportar a estación de almacenamiento
Operaciones	1	Cortar las piezas
	2	Destellar de las piezas cortadas
	3	Maquilar de las piezas cortadas
	4	Armar punteras y taloneras
	5	Parear de hormas de acuerdo con la numeración
	6	Preparar y fijar con las plantillas de las hormas
	7	Montar el corte maquilado en la horma
	8	Pulir sobrantes de la capellada
	9	Pegar la suela al zapato
	10	Fijar las suelas en la prensa al vacío
	11	Desmontar los zapatos de la horma
	12	Limpiar restantes de goma del zapato
	13	Preparar y colocar plantillas de terminado
	14	Ensamblar cajas
	15	Empaquetar el zapato

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se determinó la distancia recorrida por el producto en cada uno de los 10 transportes presentes en el proceso, mediante la medición de las distancias involucradas. Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26. Transportes para la producción y sus distancias actuales

Transportes	Código	Predecesor	Distancia (m)
Almacenamiento de insumos	T1	-	
Transporte al cortado	T2	T1	2
Transporte al destellado	T3	T2	3
Transporte al Maquilado	T4	T3	1
Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	T5	T4	9
Transporte a maquinarias para preparación de hormas	T6	T5	1,5
Transporte a máquina para montar	T7	T6	2
Transporte a la estación de pulido	T8	T7	4
Transporte a la estación de pegado de suelas	T9	T8	5
Transportar a estación de terminado	T10	T9	2
Transportar a estación de almacenamiento	T11	T10	1,5
Total			31

Fuente: Anthony Javier Campaña

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Evaluación del diagrama de recorrido actual

Es fundamental responder las siguientes preguntas para analizar posibles alternativas de mejora en el proceso, basándose en las premisas de eliminar y combinar operaciones. La evaluación se utiliza para reducir el número de operaciones, ajustar la disposición de las estaciones de trabajo y disminuir los costos, lo que incrementa la rentabilidad. Además, busca minimizar el manejo y los movimientos innecesarios de materiales, así como modificar la secuencia de operaciones cuando esto suponga una reducción de costos. También se centra en diseñar movimientos más adecuados para el traslado de materiales, reducir el inventario en proceso y establecer el número mínimo de estaciones de inspección, ubicándolas de forma estratégica dentro del proceso (Peralta, 2015).

¿Se puede eliminar alguna operación? (Peralta, 2015).

Sí, se puede eliminar una operación cambiando el lugar donde se realiza, lo que permite reducir desplazamientos y mejorar la distribución del trabajo. Modificar la secuencia del proceso también puede eliminar movimientos innecesarios y reorganizar actividades para disminuir tiempos de ejecución y mejorar la continuidad del flujo de producción.

¿Se puede combinar alguna operación con otra mediante algunos cambios en?
(Peralta, 2015).

Sí, es posible combinar operaciones mediante ajustes en el equipo y la maquinaria utilizada. La integración de funciones en una misma máquina o la incorporación de herramientas con mayor versatilidad permite reducir la cantidad de operaciones independientes, disminuyendo el tiempo de proceso y los desplazamientos entre estaciones de trabajo. Esto también puede mejorar la continuidad en la producción y reducir la manipulación del producto.

Diagrama PERT del proceso de producción

Diagrama de red o Ruta crítica es una herramienta de planificación y control del tiempo que representa gráficamente la forma más adecuada de alcanzar un objetivo o completar un producto (Freivalds & Niebel, 2020).

Con los datos proporcionados por la empresa y detallados sobre el proceso de fabricación, se identifican las tareas involucradas en la elaboración del zapato, junto con sus respectivos tiempos estándar y tareas predecesoras, según lo presentado en la Tabla 27.

Tabla 27. Operaciones que conforman la elaboración de calzado Ana

Operaciones	Código	Tiempo (min)	Predecesora
Inspeccionar	A	4,25	-
Seleccionar	B	4,25	A
Transporte	C	1,66	B
Cortar	D	30,00	C
Clasificar	E	7,34	D
Transportar	F	2,50	E
Transportar	G	0,83	E
Destallar	H	14,50	G
Inspeccionar	I	12,17	H
Transportar	J	7,50	I
Maquilar	K	260,00	J
Transportar	L	10,40	K
Armar	M	23,50	L
Parear	N	1,75	M
Esperar	O	2,00	N
Plantillar	P	10,00	O
Montar	Q	38,34	P
Pulir	R	11,67	Q
Transportar	S	1,66	R
Preparar adherente	T	20,00	S
Pegar	U	100,00	T

Operaciones	Código	Tiempo (min)	Predecesora
Prensar	V	20,00	U
Desmontar	W	16,84	V
Inspeccionar	X	16,34	W
Transportar	Y	1,25	X
Limpiar	Z	40,00	Y
Plantillar terminado	AA	10,00	
Preparar cajas	AB	30,00	
Empacar	AC	10,00	AA
Almacenar	AD	4,75	AC
Total		713,50	

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Como se muestra en la Tabla 28, se calculó la holgura con el objetivo de determinar la ruta crítica del proceso de fabricación, considerando tanto la terminación más temprana como la terminación más tardía de cada tarea. A partir de este análisis, se identificó que las tareas AA y AB no forman parte de la ruta crítica.

Tabla 28. Determinación de la holgura de las operaciones para la producción de calzado

Clasificación	Tiempo estándar (min)	Nodos	Es=comienzo o más temprano	Ef=terminación más temprana	Ls=comienzo o más tardío	Lf=terminación más tardía	Holgura
A	4,25	1-2	0	4,25	0,00	4,25	0,00
B	4,25	2-3	4,25	8,50	4,25	8,50	0,00
C	1,66	3-4	8,50	10,16	8,50	10,16	0,00
D	30,00	4-5	10,16	40,16	10,16	40,16	0,00
E	7,34	5-6	40,16	47,50	40,16	47,50	0,00
F	2,50	6-7	47,50	50,00	47,50	50,00	0,00
G	0,83	7-8	50,00	50,83	50,00	50,83	0,00
H	14,50	8-9	50,83	65,33	50,83	65,33	0,00
I	12,17	9-10	65,33	77,50	65,33	77,50	0,00
J	7,50	10-11	77,50	85,00	77,50	85,00	0,00
K	260,00	11-12	85,00	345,00	85,00	345,00	0,00
L	10,40	12-13	345,00	355,40	345,00	355,40	0,00
M	23,50	13-14	355,40	378,90	355,40	378,90	0,00
N	1,75	14-15	378,90	380,65	378,90	380,65	0,00
O	2,00	15-16	380,65	382,65	380,65	382,65	0,00
P	10,00	16-17	382,65	392,65	382,65	392,65	0,00
Q	38,34	17-18	392,65	430,99	392,65	430,99	0,00
R	11,67	18-19	430,99	442,66	430,99	442,66	0,00
S	1,66	19-20	442,66	444,32	442,66	444,32	0,00
T	20,00	20-21	444,32	464,32	444,32	464,32	0,00
U	100,00	21-22	464,32	564,32	464,32	564,32	0,00

Clasificación	Tiempo estándar (min)	Nodos	Es=comienzo más temprano	Ef=terminación más temprana	Ls=comienzo más tardío	Lf=terminación más tardía	Holgura
V	20,00	22-23	564,32	584,32	564,32	584,32	0,00
W	16,84	23-24	584,32	601,16	584,32	601,16	0,00
X	16,34	24-25	601,16	617,50	601,16	617,50	0,00
Y	1,25	25-26	617,50	618,75	617,50	618,75	0,00
Z	40,00	26-27	618,75	658,75	618,75	658,75	0,00
AA	10,00	1-27	0,00	10,00	648,75	658,75	648,75
AB	30,00	1-27	0,00	30,00	628,75	658,75	628,75
AC	10,00	27-28	658,75	668,75	658,75	668,75	0,00
AD	4,75	28-29	668,75	673,50	668,75	673,50	0,00

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Como se presenta en el Gráfico 5, el diagrama PERT muestra la ruta crítica, destacada con una línea azul. Los nodos numerados indican el inicio y el final de cada tarea, mientras que las líneas que los conectan representan las tareas, con los valores sobre ellas reflejando el tiempo estimado en minutos para su ejecución.

La ruta crítica del proceso de fabricación está compuesta por las tareas A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AC y AD, lo que implica que cada una de estas debe completarse en secuencia para garantizar la producción dentro de un tiempo total de 673.50 minutos (11.22 horas).

Las tareas AA y AB no forman parte de la ruta crítica, ya que su tiempo más temprano es 0 y su tiempo más tardío es de 658.75 minutos, es decir, hasta el nodo 27. Del mismo modo, se identificó que estas actividades pueden ejecutarse de manera paralela durante el ciclo de producción de las tareas críticas, sin afectar el tiempo total identificado en el Gráfico 5. Cabe destacar que la tarea K (Maquilar) tiene la mayor duración dentro del proceso de fabricación del modelo Ana, con un tiempo de 260 minutos.

DIAGRAMA DE PERT

Hoja Núm de: 1

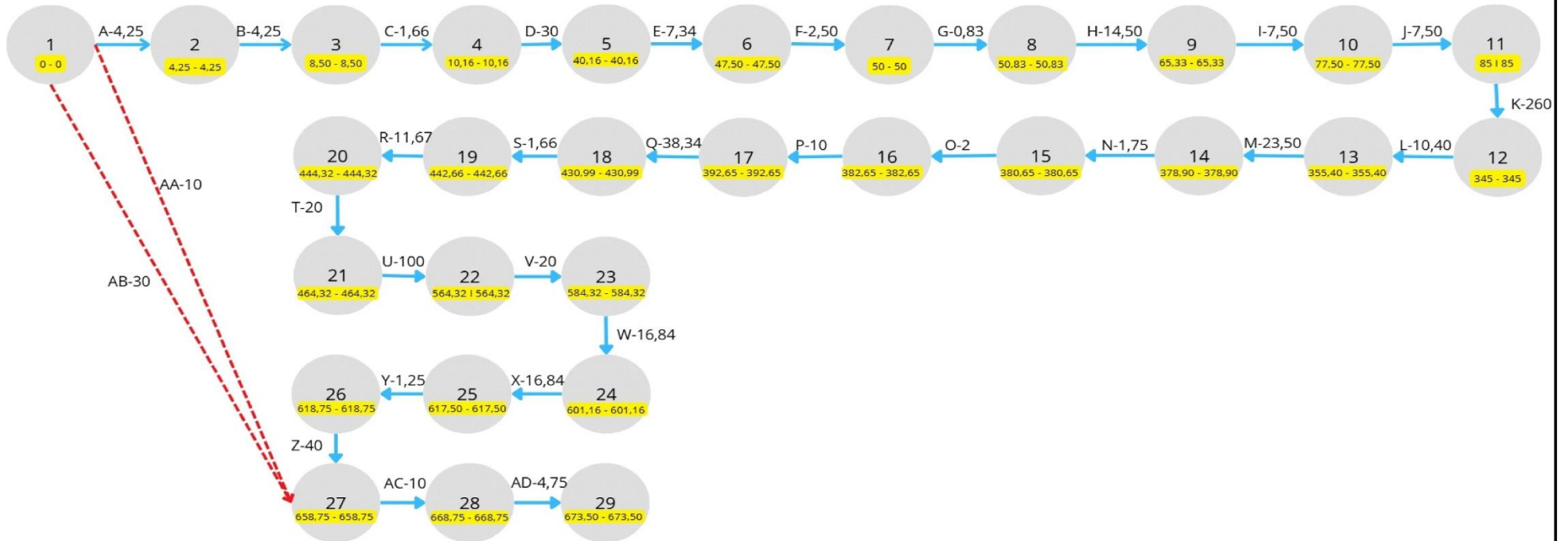
PROCESO: Fabricacion de calzado modelo Ana

ACTUAL PROPUESTO

ELABORADO POR: Anthony Campaña
 APROBADO POR: Supervisor de producción

Ruta Crítica:

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AC y AD



REVISION

-

Diagrama de recorrido
 Diagrama de flujo analítico de proceso
 Diagrama de operaciones
 DIAGRAMA DE REFERENCIA

DIAGRAMA NUM:

3

Gráfico 5. Diagrama de Pert del proceso de producción del modelo Ana

Fuente: Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de calzado Ana

Se recolectó información mediante visitas técnicas y datos de la empresa sobre el proceso de fabricación de un lote de 21 pares como se observa en el Gráfico 6. El proceso consta de 33 tareas: 17 operaciones, 10 transportes, 2 esperas, 3 inspecciones y 1 almacenamiento, con un tiempo total de 713,5 minutos y una distancia recorrida del material de 31 metros.

Como se observa en el Gráfico 6, el resumen de tiempos según cada proceso ha sido organizado en la Tabla 29, evidenciando la distribución del tiempo en la fabricación del calzado. Se ha determinado que el proceso de Aparado representa el 39.20%, Armado el 13.69% y Pegado el 22.21% del tiempo total de producción, lo que permite identificar las etapas con mayor impacto en los tiempos de fabricación y orientar las mejoras hacia su optimización.

Tabla 29. Datos de tiempos de cada proceso para la fabricación de calzado Ana

Procesos	Total Tiempo (min)
Cortado	50
Destallado	15,33
Aparado	279,67
Armado	97,66
Pegado	158,5
Terminado	67,59
Empacado	44,75
Total	713,5

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Gráfico 6. Diagrama de flujo analítico de proceso de fabricación de calzado Ana**Fuente:** Calzado Martini**Elaborado por:** Anthony Javier Campaña

El desglose de los procesos en tareas y operaciones, según el Gráfico 6, permitió determinar tiempos más específicos a nivel operativo. Esta información ha sido organizada en la Tabla 30, donde se detallan los tiempos correspondientes a cada operación dentro de los procesos identificados, proporcionando una visión más precisa del flujo de trabajo.

Tabla 30. Datos de tareas y operaciones de cada proceso y sus tiempos

Proceso	Operaciones	Tiempo (min)
Cortado	1. Comprobar y buscar materiales de las especificaciones técnicas de la producción	4,25
	2. Seleccionar moldes correspondientes y materiales para el cortado	4,25
	3. Transporte al cortado	1,66
	4. Cortar las piezas	30
	5. Clasificar las piezas que conforman el modelo	7,34
	6. Transporte al destellado	2,07
Destallado	7. Destellar de las piezas cortadas	14,5
	8. Transporte al maquilado	0,83
Aparado	9. Maquilar las piezas cortadas	260
	10. Inspeccionar las piezas maquiladas	12,17
	11. Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	7,5
Armado	12. Armar punteras y taloneras	23,5
	13. Transporte a maquinarias para preparación de hormas	1,25
	14. Parear de hormas de acuerdo con la numeración	1,75
	15. Esperar que el horno esté listo	2
	16. Preparar y fijar con las plantillas de las hormas	10
	17. Transporte a máquina para montar	1,66
	18. Montar el corte maquilado en la horma	38,34
	19. Transporte a la estación de pulido	3,33
	20. Pulir sobrantes de la capellada	11,67
	21. Transporte a la estación de pegado de suelas	4,16
Pegado	22. Esperar preparación del adherente en la suela	20
	23. Pegar la suela al zapato	100
	24. Fijar las suelas en la prensa al vacío	20
	25. Desmontar los zapatos de la horma	16,84
	26. Transportar a estación de terminado	1,66
Terminado	27. Inspección de fallas en las piezas	16,34
	28. Limpiar restantes de goma del zapato	40
	29. Preparar y colocar plantillas de terminado	10
	30. Transportar a estación de almacenamiento	1,25

Proceso	Operaciones	Tiempo (min)
Empacado	31. Ensamblar cajas	20
	32. Empaquetar el zapato	20
	33. Almacenar el producto terminado	4,75
		713,5

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se ha identificado un cuello de botella en la operación 9, "Maquilar las piezas cortadas", debido a su duración de 260 minutos, siendo la más extensa dentro del proceso de fabricación. Como se muestra en el Gráfico 7, que compara los tiempos de todas las operaciones, también se evidencia que la operación 23, "Pegar la suela al zapato", con una duración de 100 minutos, es la segunda actividad que más tiempo consume dentro del ciclo productivo. Esta información permite focalizar estrategias de mejora para reducir los tiempos y aumentar la eficiencia del proceso.

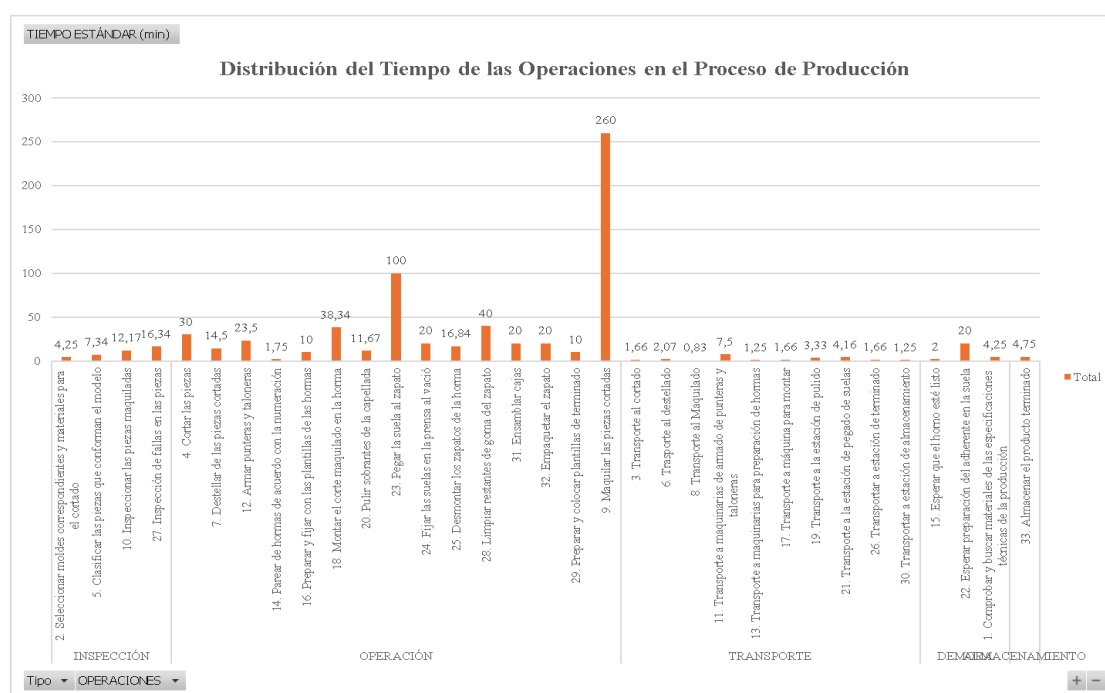


Gráfico 7. Distribución del tiempo de las operaciones en el proceso de producción

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

En el Gráfico 8 se puede identificar la cantidad de tiempo correspondiente a las operaciones de valor agregado (representadas en naranja) y las que no tienen valor agregado (representadas en azul) determinadas en la Tabla 30. Se demuestra que las operaciones sin valor agregado suman un total de 96.9 minutos, en comparación con los 616.6 minutos correspondientes a las operaciones que sí generan valor agregado.

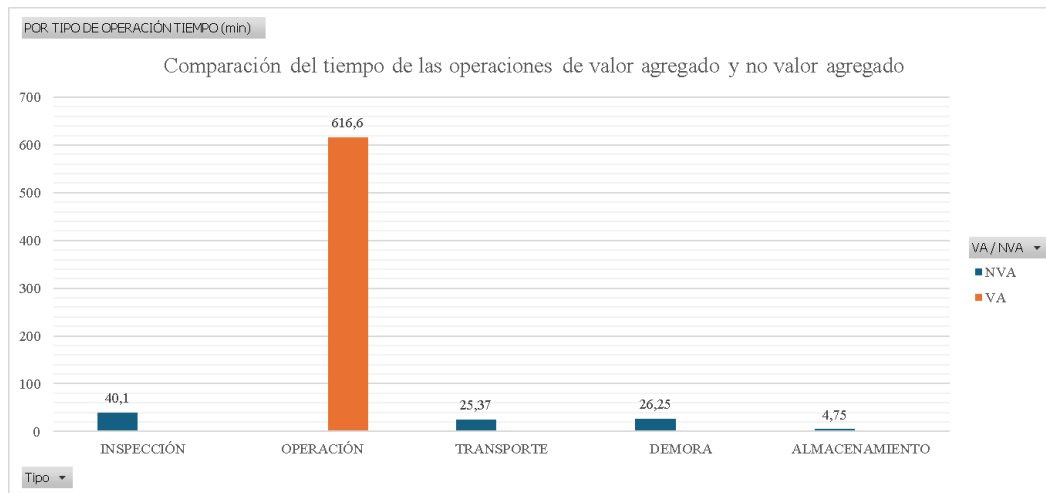


Gráfico 8. Comparación del tiempo de las operaciones de valor agregado y no valor agregado

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Productividad monofactorial con base al tiempo requerido

Según el Gráfico 6, el tiempo necesario para la producción de un lote de 21 pares es de 713,5 minutos. La productividad se calcula dividiendo la cantidad de pares producidos entre el tiempo total de fabricación.

$$P = \frac{21 \text{ pares}}{713,5 \text{ minutos}} = 0,03 \frac{\text{pares}}{\text{minuto}}$$

Este resultado indica que actualmente se pueden producir 0,03 pares por minuto, lo que refleja una productividad baja.

Identificación del problema y fijación del objetivo de mejora

Descripción de problema

Se pudo identificar que la productividad, basada en el tiempo necesario para la fabricación de un lote de 21 pares, es de 0,03 pares por minuto, lo cual es muy bajo debido a los tiempos prolongados en los procesos de fabricación del calzado Ana.

Definición del objetivo

Indicador: Productividad con base al tiempo necesario

Unidad de medida: Pares/minuto

Forma de cálculo: Pares producidos/Tiempo necesario para un lote de 21 pares

Caracterización del problema

Análisis de Pareto de los tiempos de los procesos

El análisis de Pareto prioriza las causas de un problema según su impacto, facilitando la concentración de esfuerzos en los factores más relevantes (Freivalds & Niebel, 2020).

Como se observa en el Gráfico 9, el análisis de los tiempos de cada proceso revela que los tres primeros, que constituyen el 20% de los procesos, son responsables del 80% del tiempo total en la fabricación del calzado Ana. Por lo tanto, para reducir el tiempo de producción y mejorar la productividad monofactorial, es necesario centrarse en los procesos de aparado, pegado y armado, ya que son los que consumen más tiempo en el proceso de fabricación.

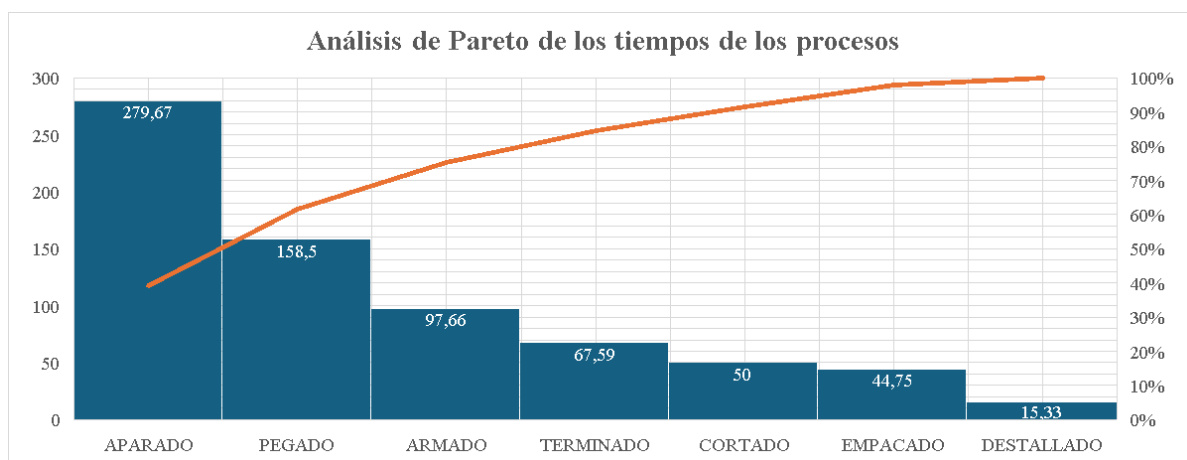


Gráfico 9. Análisis de Pareto de los tiempos de los procesos

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Análisis de Causas

Para detectar la causa raíz del problema, se utilizó el diagrama de causa y efecto (Ishikawa) como se muestra en la Gráfico 10. Este análisis busca identificar las causas subyacentes del problema que suceden en cada proceso descrito en la Tabla 29, ordenado el análisis mediante una clasificación de las ideas en diferentes categorías que son las 6m y así agrupar las causas, complementado con la técnica de las 5 ¿Por qué? para profundizar en la identificación de los factores que afectan extendiendo el tiempo del proceso.

Diagrama Causa-Efecto

Maquinaria	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?	Mano de obra	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?	Método	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?
	Demoras en operaciones de aparado	En el área de aparado hay 3 máquinas dañadas y no operativas	No se ha realizado mantenimiento en las máquinas de aparado				El tiempo prolongado en el proceso de pegado de suelas	Carga de trabajo excesiva	No se ha redistribuido equitativamente el trabajo	No se ha evaluado la capacidad de producción del personal	No se ha contratado personal adicional para pegado		Demoras en la búsqueda y selección de insumos en la bodega	No hay un registro de ubicación de elementos de bodega	No se ha codificado elementos ni ubicaciones de bodega	No se ha implementado orden en bodega	
	Demoras en operaciones de destallado	La máquina desmalladora no procesa adecuadamente	Desgaste de las cuchillas o elementos de corte	No se realiza un mantenimiento preventivo	La destalladora es un equipo antiguo												
	Dificultad de identificar fallas en Terminado	Iluminación insuficiente en el área de terminado	Cuenta con una fuente de luz en el área de terminado														
	Tiempos extensos en operaciones de transporte	Hay existencia de trayectos de retorno y cruces en los recorridos	Diseño inadecuado del recorrido del área	No se ha realizado una redistribución del espacio en la fábrica			Deterioro del material cuero	Incorrecta forma de almacenamiento del cuero	No se ha realizado una clasificación	No existe una ubicación específica para cada material	Falta de etiquetado de la ubicación de los materiales de bodega		Demoras por falta de insumos	No hay control en adquisición de insumos	Registros de inventario desactualizados		
Medio Ambiente	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?	Material	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?	Medición	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?

PROBLEMA:
Baja productividad monofactorial del tiempo necesario

Gráfico 10. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) complementado con la técnica de las 5 ¿Por qué?

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Priorización de causas

Se recopilaron las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa (Gráfico 10), seleccionando el último "¿Por qué?" de cada una para abordar al menos el 80% del problema, concentrándose en los procesos que consumen más tiempo, según el análisis de Pareto (Gráfico 9). La priorización de las causas raíz se realizó con base en los criterios presentados en la Tabla 31.

Tabla 31. Criterios para priorización de causas

Criterios				
Criterio		Prioridad		
		Bajo (1)	Media (3)	Alta (5)
Impacto en el problema		Impacto en el problema bajo	Impacto en el problema medio	Impacto en el problema alto
Capacidad de intervención	Autoridad	Sin autoridad sobre la causa	Autoridad parcial sobre la causa	Autoridad total sobre la causa
	Competencia técnica	Competencia baja sobre la causa	Competencia media sobre la causa	Competencia alta sobre la causa
Complejidad de implementación	Dificultad	Difícil implementación	Dificultad de implementación media	Fácil implementación
	Tiempo	Implementación lenta	Tiempo de implementación medio	Implementación rápida
	Costo	Costo de implementación alto	Costo de implementación medio	Costo de implementación bajo

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

En la Tabla 32 se presenta la priorización de las causas según los criterios establecidos en la Tabla 31. Se han seleccionado cinco causas debido a su puntaje elevado, priorizando aquellas que superan los 20 puntos, 3 causas no fueron priorizadas.

Tabla 32. Priorización de causas del problema baja productividad

Causa	Impacto	Priorización					Puntaje	Prioritaria
		Capacidad de intervención		Complejidad de implementación				
		Autoridad	Competencia técnica	Dificultad	Tiempo	Costo		
No se ha realizado una redistribución del espacio en la fábrica	5	3	3	5	3	5	65	Si

Priorización								
Causa	Impacto	Capacidad de intervención		Complejidad de implementación			Puntaje	Prioritaria
		Autoridad	Competencia técnica	Dificultad	Tiempo	Costo		
Falta de etiquetado de la ubicación de los materiales de bodega	5	3	3	3	5	5	65	Si
No se ha implementado orden en bodega	3	5	3	5	3	5	52	Si
No se ha realizado mantenimiento en las máquinas de aparado	5	3	3	3	3	3	45	Si
No se ha contratado personal adicional para pegado	5	3	3	5	3	1	45	Si
Registros de inventario desactualizados	3	3	1	1	3	3	14	No
La destalladora es un equipo antiguo	3	1	3	3	1	1	10	No
Cuenta con una fuente de luz en el área de terminado	3	1	1	1	3	1	5	No

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Plan de acción

Como se muestra en la Tabla 33, se han identificado las acciones necesarias para eliminar la causa raíz del problema. Se detallan sus respectivas fechas de inicio y finalización, junto con las observaciones sobre cómo se implementarán y el responsable de su ejecución.

Tabla 33. Plan de acción de cada causa raíz

PLAN DE ACCIÓN							
#	Fecha	Tema (Causa Raíz) Por qué?	Acción Qué? Dónde?	Observaciones Cómo? Dónde?	Responsable	Inicio Cuándo?	Fin Cuándo?
1	16/12/2024	No se ha realizado una redistribución del espacio en la fábrica	Mejora del recorrido del proceso	Redistribución del área de producción según medidas de maquinarias	Supervisor de producción	3/5/2025	17/5/2025
2	16/12/2024	Falta de etiquetado de la ubicación de los materiales de bodega	Codificación de la ubicación de los materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Supervisor de producción	10/5/2025	31/5/2025
3	16/12/2024	No se ha implementado orden en bodega	Ordenar y limpiar materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Supervisor de producción	17/5/2025	31/5/2025

4	16/12/2024	No se ha realizado mantenimiento en las máquinas de aparado	Poner operativas las 3 máquinas de aparado	Contratando mantenimiento	Gerente	24/5/2025	14/6/2025
5	16/12/2024	No se ha contratado personal adicional para pegado	Contratar operarios	Balanceo de la línea de producción	Gerente	7/6/2025	28/6/2025

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Área de estudio:

Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Gestión de sistemas productivos
Aspecto	Mejora del proceso productivo
Objeto de estudio	Aplicación del procedimiento sistemático de la ingeniería de métodos
Periodo de análisis	Octubre 2024 – febrero 2024

Modelo operativo:

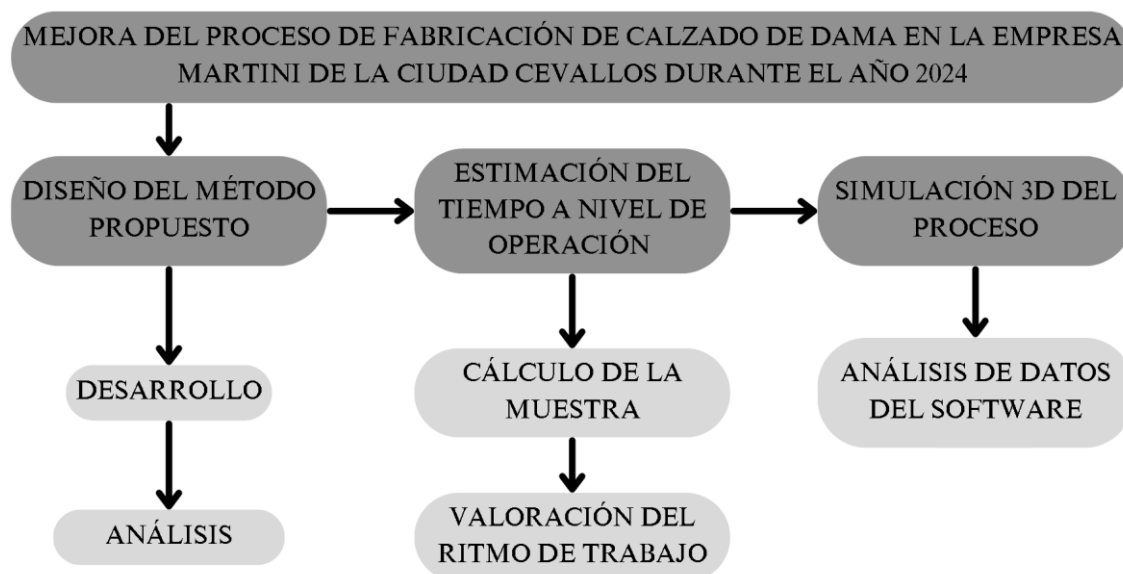


Gráfico 11. Modelo Operativo

Fuente: Ingeniería Industrial de Niebel

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Desarrollo del modelo operativo

Diseño del método propuesto

Este análisis, aplicado al tiempo total del proceso, destaca las etapas de armado, pegado y armado como las más críticas, debido a su alto consumo de tiempo. Para los procesos de armado y pegado, se desarrolló un balanceo de operarios con el objetivo de reducir el tiempo de cada proceso y aumentar la productividad, lo que permite incrementar la capacidad de producción diaria de un lote de 21 pares.

Para el proceso de armado, se identificaron operaciones que no agregan valor, como el transporte, según lo observado en el Gráfico 8. En la estación de armado, se detectaron retrocesos en el recorrido, cruces en los trayectos y largas distancias recorridas como se muestra en el Gráfico 4. Por ello, se llevó a cabo una reorganización del flujo de trabajo con el propósito de reducir desplazamientos innecesarios, considerando las dimensiones de la planta y la disposición de la maquinaria.

Como se observa en el Gráfico 6, se identificó desorden en el proceso de corte, específicamente en la operación de selección de materia prima. Esta tarea se lleva a cabo en el área de bodega, siendo la primera operación del proceso de fabricación, por lo que resulta fundamental organizarla mediante la aplicación de la metodología 5S. Además, se estimaron nuevos tiempos estándar para cada operación y se desarrolló una simulación en 3D del proceso mejorado.

Mejora en el balance de la línea de producción

El método utilizado para balancear la línea es SALBP-2, según (Peña-Orozco & Jiménez-Gómez, 2019) busca reducir el tiempo del ciclo del proceso, y aumentar la producción, contando con un número fijo de estaciones, incluyendo además que la línea de montaje ya existe.

Se realizó un balance de líneas considerando la cantidad de material procesado en cada etapa de fabricación del calzado Ana. Se analizaron tres escenarios, cuyos resultados se presentan en las Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37. Adicionalmente, se evaluó un cuarto escenario enfocado en mejorar la productividad sin requerir una inversión significativa, redistribuyendo operarios en la línea de producción (Tabla 38).

El balance de capacidad productiva se centró en la reasignación de operarios a los procesos de armado, armado y pegado de plantas, ya que son los que demandan mayor

tiempo dentro del ciclo de producción. El modelo de producción del calzado Ana comprende siete procesos principales, con un tiempo total de 713,5 minutos por lote de 21 pares, cada uno asignado a un operario y, según la tarea, al uso de maquinaria específica.

Tabla 34. Datos del proceso de fabricación de un lote

Procesos	No. de operarios	Nombre del proceso	Te (min/lote)
P1	1	Proceso de cortado	47,5
P2	1	Proceso de destallado	17,0
P3	1	Proceso de aparado	273,0
P4	1	Proceso de armado	101,0
P5	1	Proceso de pegado de plantas	161,0
P6	1	Proceso de terminado	68,0
P7	1	Proceso de empacado	46,0
Total:	7		713,5

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Escenario 1 situación actual

La capacidad de producción diaria se calculó dividiendo los 480 minutos disponibles entre el tiempo requerido por un lote de 21 pares en cada proceso. Este análisis permitió identificar el flujo de materiales en cada proceso y su transferencia al siguiente. Se evidenció un cuello de botella a partir del proceso P3, que tiene una capacidad de solo un lote diario, generando una acumulación de nueve lotes en proceso debido a la limitación de su producción, como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. Datos de capacidad de producción según cantidad de material procesado actual

Procesos	No. de operarios	Capacidad de producción por día	Ingresas	Sale	En proceso
P1 - Cortado	1	10	10	10	0
P2 - Destellado	1	28	10	10	0
P3 - Aparado	1	1	10	1	9
P4 - Armado	1	4	1	1	0
P5 - Pegado	1	2	1	1	0
P6 - Terminado	1	7	1	1	0
P7 - Empacado	1	10	1	1	0
Total	7			1	

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Número de lotes resultantes en un día= 1

Número de operarios totales = 7

Productividad en la situación actual

La productividad del operario se determinó calculando la diferencia entre la cantidad de lotes procesados en el último proceso y la suma total de operarios requeridos en cada proceso como se muestra en la Ecuación 2.

$$P = \frac{\text{No. de lotes resultantes}}{\text{No. de operarios totales}}$$

Ecuación 2

$$P = 0,14 \text{ lote/operario}$$

Se interpreta que por 1 operario se puede producir 0,14 de un lote en un horario laborable.

Escenario 2

Se considera el proceso P1, proceso de corte, con una capacidad de 10 lotes por día. Para el balanceo de los procesos posteriores, se aseguró que la cantidad de material que ingresa sea igual a la que sale.

En la Tabla 36, se calculó la cantidad de operarios necesarios para equilibrar la línea de producción. Este cálculo se basó en la diferencia entre la capacidad diaria de P1, que es de 10 lotes, y la capacidad de cada proceso subsiguiente, con el objetivo de ajustar la producción de todas las etapas a 10 lotes por día. Como resultado, se busca alcanzar una producción equilibrada de 10 lotes diarios en toda la línea.

Tabla 36. Datos de capacidad de producción según cantidad de material escenario 2

Proceso	No. de operarios	Capacidad de producción propuesta	Ingresa	Sale	Sobrante
P1 - Cortado	1	10,00	10	10	0
P2 - Destellado	1	28,00	10	10	18
P3 - Aparado	10	10,00	10	10	0
P4 - Armado	3	12,00	10	10	2
P5 - Pegado	5	10,00	10	10	0
P6 - Terminado	2	14,00	10	10	4
P7 - Empacado	1	10,00	10	10	0
Total	23			10	

Fuente: Anthony Javier Campaña

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Número de lotes resultantes en un día = 10

Número de operarios totales = 23

Productividad en el escenario 2

Para el cálculo de la productividad se utiliza la Ecuación 2 , la diferencia entre la cantidad de lotes procesados en la última operación que son 10 lotes, y la cantidad de operarios requeridos para alcanzar dicha producción que son 23.

$$P = 0,43 \text{ lote/operario}$$

Se interpreta que, en promedio, un operario puede producir 0,43 de un lote en un horario laborable. Esta productividad representa un aumento de 0,29 en su capacidad de producción en comparación con la productividad actual.

Escenario 3

Como se muestra en la Tabla 37, el proceso P2, destallado, es la de mayor capacidad, con una producción de 28 lotes diarios. Tomando este proceso como referencia, se determinó la cantidad de operarios necesaria para equilibrar la línea de producción. Esto se logró calculando la diferencia entre la capacidad diaria de P2, que es de 28 lotes, y la de cada proceso subsiguiente. El ajuste permitió uniformar la producción en todos los procesos, alcanzando un total de 28 lotes diarios.

Tabla 37. Datos de capacidad de producción según cantidad de material escenario 3

Proceso	Operarios para la mejora	Capacidad de producción actual	Capacidad de producción propuesta	Ingresa	Sale	En proceso
P1 - Cortado	3	10	30	30	30	0
P2 - Destallado	1	28	28	30	28	2
P3 - Aparado	28	1	28	28	28	0
P4 - Armado	7	4	28	28	28	0
P5 - Pegado	14	2	28	28	28	0
P6 - Terminado	4	7	28	28	28	0
P7 - Empacado	3	10	30	28	28	0
Total	60				28	

Fuente: Anthony Javier Campaña

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Número de lotes resultantes en un día = 28

Número de operarios totales = 60

Productividad en el escenario 3

Para el cálculo de la productividad se utiliza la Ecuación 2, la diferencia entre la cantidad de lotes procesados en el último proceso que son 28 lotes, y la cantidad de operarios requeridos para alcanzar dicha producción que son 60.

$$P = 0,47 \text{ lote/operario}$$

Se interpreta que, en promedio, un operario puede producir 0,47 de un lote en un horario laborable. Esto representa un aumento de 0,05 en su capacidad de producción comparado con el escenario 2, y un incremento de 0,34 respecto al escenario 1.

Escenario 4 propuesta

De acuerdo con los requerimientos de la empresa, que establecen no realizar inversiones significativas, se propone la incorporación de tres operarios en el proceso de aparado, considerando la disponibilidad de cuatro máquinas para esta operación. Asimismo, se plantea la asignación de un operario adicional en la etapa de adherencia de plantas.

Esto con el fin de tener como resultante de 4 lotes cada uno de 21 pares al final del proceso como se observa en la Tabla 38.

Tabla 38. Propuesta del balanceo de operarios en el proceso de fabricación

Procesos	Operarios para la mejora	Capacidad de producción actual	Capacidad de producción propuesta	Ingresa	Sale	En espera
P1 - Cortado	1	10	10	10	10	0
P2 - Destellado	1	28	28	10	10	0
P3 - Aparado	4	1	4	10	4	6
P4 - Armado	1	4	4	4	4	0
P5 - Pegado	2	2	4	4	4	0
P6 - Terminado	1	7	7	4	4	0
P7 - Empacado	1	10	10	4	4	0
Total	11				4	

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Productividad del balanceo de la línea de producción escenario 4

La productividad propuesta se determina usando la Ecuación 2, dividiendo la cantidad de lotes resultantes entre el número de operarios asignados para alcanzar la capacidad de producción establecida.

$$P = \frac{4}{11} = 0,36 \text{ lote/operario}$$

Se interpreta que un operario puede producir 0,36 de un lote de 21 pares en un día laboral de 480 minutos. En comparación con la productividad actual de 0,14 de un lote por operario, esto representa un incremento de 0,22 de un lote, lo que indica una mejora en la capacidad de producción diaria.

Análisis del mejoramiento del balanceo de operarios

En la comparación de escenarios, el escenario 2 logra una mejora menor que el escenario 3, pero con solo 23 operarios y una producción de 0,43 lote/operario, mientras que el escenario 3 requiere 60 operarios para alcanzar 0,47 lote/operario, lo que lo hace menos viable. En contraste, el escenario 4 es el más adecuado para la implementación, ya que considera las condiciones de la empresa, aumentando la producción a 0,36 lote/operario y reduciendo el tiempo de fabricación con solo 11 operarios.

Mejora del recorrido del proceso

Se realizó una reubicación secuencial de las maquinarias, considerando las dimensiones de la fábrica y las principales máquinas involucradas, como se muestra en la Tabla 11. El objetivo de esta reorganización es reducir el recorrido total, al igual que el tiempo de transporte dentro del proceso de fabricación del modelo Ana.

Según el análisis del Gráfico 4, se identificaron trayectos de retorno, cruces en los recorridos y distancias extensas. Por ello, se reubicaron las maquinarias de los procesos de destallado, aparado, armado y pegado de suelas. Sin embargo, la máquina de armado de hormas no fue reubicada debido a su peso.

El Gráfico 12 presenta la nueva distribución del espacio de trabajo, donde se detallan las cotas del tamaño de la fábrica y de las maquinarias en centímetros, también se marcó la ruta del recorrido de los operarios con líneas amarillas. Esta reorganización permitió reducir significativamente el recorrido entre las tareas con mayor desplazamiento.

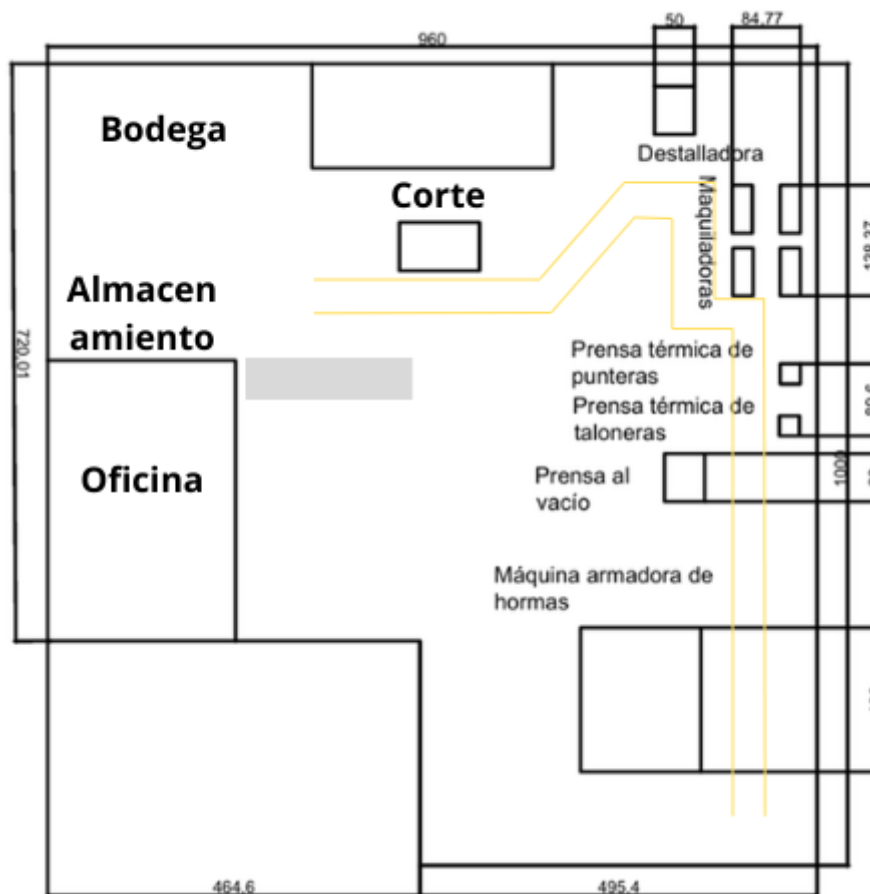


Gráfico 12. Croquis de la ubicación de las maquinarias

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

En la Tabla 39 se evidencia esta mejora, mostrando una reducción en la distancia total recorrida dentro del proceso de fabricación. Es factible la mejora ya que se puede reducir 13 metros al total del recorrido actual que son 31 metros.

Tabla 39. Distancias de los transportes mejorados

Transportes	Código	Predecesor	Distancia (m)
Almacenamiento de insumos	T1	-	-
Transporte al cortado	T2	T1	2
Transporte al destellado	T3	T2	2,5
Transporte al Maquilado	T4	T3	0,5
Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	T5	T4	1,5
Transporte a maquinarias para preparación de hormas	T6	T5	0,5
Transporte a máquina para montar	T7	T6	1,5
Transporte a la estación de pulido	T8	T7	2,5
Transporte a la estación de pegado de suelas	T9	T8	4
Transportar a estación de terminado	T10	T9	1,5

Transportes	Código	Predecesor	Distancia (m)
Transportar a estación de almacenamiento	T11	T10	1,5
Total			18

Fuente: Anthony Javier Campaña

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Análisis del mejoramiento del recorrido del proceso de fabricación

La reubicación secuencial de las maquinarias en el proceso de fabricación del modelo Ana permitió reducir el recorrido total, logrando una disminución de 10,79 minutos en el tiempo de transporte, pasando de 25,8 a aproximadamente 15,01 minutos. Esta mejora eliminó trayectos de retorno y cruces innecesarios, facilitando el desplazamiento de los operarios. Aunque la máquina de armado de hormas no pudo ser reubicada debido a su peso, la nueva distribución mejoró la continuidad del proceso, permitiendo un tránsito más ordenado dentro de la fábrica.

Orden del área de bodega con la metodología 5s

Es una técnica de origen japonés que tiene como objetivo optimizar la eficiencia y la productividad a través de la organización y estandarización de un espacio de trabajo limpio y ordenado (S. P. Gómez & Vicente, 2019).

En el área de bodega, donde inicia el proceso de fabricación del modelo Ana, es fundamental que las tareas realizadas en esta etapa se ejecuten correctamente para evitar errores en la producción. También, esto permite a la empresa tener un mayor control sobre su inventario, asegurando una adecuada gestión de los materiales. Como se observó en el área y se documentó en la Gráfico 6, se identificó desorden en la bodega, lo que puede afectar el flujo de trabajo y la disponibilidad de insumos.

Clasificación de los materiales en bodega

El análisis ABC es una técnica de control de inventario que organiza los productos según su importancia económica, permitiendo enfocar la gestión en los artículos más críticos para la empresa (I. Gómez & Brito, 2020).

Realizar un análisis ABC para abordar el problema de desorganización de los materiales en la bodega, que provoca demoras de hasta 8,50 minutos para localizar los elementos requeridos, permite identificar y clasificar los materiales según su prioridad. Esta práctica agiliza la selección de materiales y contribuye a mantener la bodega más organizada.

Se recolecto datos de los materiales específicos de bodega y se clasificaron su prioridad según consumo para elaborar un par de zapatos Ana como se observa en la Tabla 40.

En la fabricación de calzado, el consumo de materiales se representa de la siguiente manera: el cuero y el forro se miden en decímetros cuadrados (dm²), mientras que las puntas y taloneras se utilizan en dos unidades por par de zapatos, al igual que las etiquetas. Para las suelas, se requiere un par (dos unidades) por cada par de zapatos, y tanto en la planta de acabado como en la de armado, se necesita un par de plantas por cada par de zapatos. El empaquetado requiere una caja por cada par de zapatos.

Tabla 40. Materiales de bodega ordenados según su precio unitario

Materiales	Precio	Consumo por pares	Promedio %	Acumulado	Zona
Cuero	5,29	23	55,69%	55,7%	A
Forros	3,2	8,3	20,10%	75,8%	A
Puntas y talones	0,68	2	4,84%	80,6%	B
Etiquetas	0,27	2	4,84%	85,5%	B
Suela	0,25	1	2,42%	87,9%	B
Planta de acabado	0,25	1	2,42%	90,3%	B
Planta de armado	0,16	1	2,42%	92,7%	B
Cajas	0,09	1	2,42%	95,2%	C
Pegantes	0,05	1	2,42%	97,6%	C
Hilos	0,05	1	2,42%	100,0%	C

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

El Gráfico 13 muestra que el grupo A, representado por el color rojo, está conformado por los materiales de cuero y forros, los cuales representan el 75,8% del consumo total de materiales, siendo los de mayor uso en el proceso.

El grupo B, representado por el color amarillo, está conformado por puntas, taloneras, etiquetas, suelas, plantas de acabado y plantas de armado, los cuales representan el 16,9% del consumo total de materiales en bodega.

El grupo C, representado por el color verde, está conformado por cajas, pegantes e hilos, los cuales representan el 7,3% del consumo total de materiales en bodega.

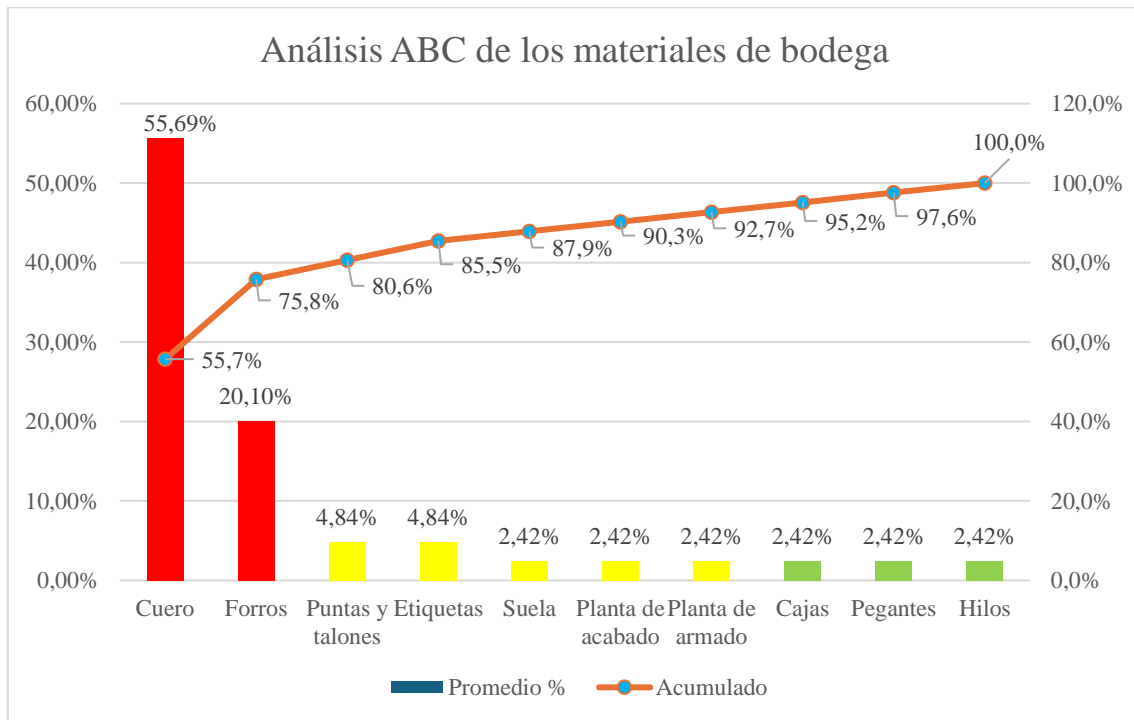


Gráfico 13. Pareto del Análisis ABC

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

El grupo A es el más crítico, ya que representa el mayor porcentaje de consumo de materiales en bodega, por lo que requiere un control más riguroso. Aunque el cuero se ha clasificado dentro del grupo A, realizar un análisis ABC interno entre los diferentes tipos de cuero disponibles permitirá identificar cuál de ellos contribuye en mayor medida al consumo total.

Subanálisis ABC interno para tipos de Cuero

Existen tres tipos de cueros como se muestra en la Tabla 41 que se caracterizan por su tamaño el primero siendo el más grande el cuero de calidad media (Tipo 1) con un consumo anual del 36%, el segundo se caracteriza por ser cuero calidad alta (Tipo 2) con un consumo anual del 54% utilizado normalmente para el modelo Ana, y el tercero se caracteriza por ser cuerina (Tipo 3) con un consumo anual del 10%.

Tabla 41. Datos del consumo actual y su valor total de los tipos de cuero

Tipo de Cuero	Consumo Anual (dm ²)	Costo Unitario (USD/dm ²)	Valor Total de Inventario (USD)
Tipo 2	82083,78	0,23	18879,27
Tipo 1	54722,52	0,2	10944,50
Tipo 3	15200,7	0,18	2736,13

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Resultados de la clasificación del cuero

Al realizar el análisis ABC en los tipos de cuero existentes en bodega como se observa en la Tabla 42, según su consumo anual medido en decímetros cuadrados (dm²), se logró determinar a qué grupo pertenece cada tipo de cuero, clasificándolos según su porcentaje de consumo total del grupo A de materiales de bodega.

Tabla 42. Análisis ABC del valor total de los tipos de cuero

Tipo de Cuero	Consumo Anual (dm ²)	Promedio %	Acumulado	Zona
Tipo 2	82083,78	54%	54%	A
Tipo 1	54722,52	36%	90%	B
Tipo 3	15200,7	10%	100%	C

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Como se muestra en el Gráfico 14 el tipo 2 de cuero es el de mayor importancia para realizar un control sobre este ya que representa el 54% de inversión total del material cuero, el tipo 1 representa el 36% de inversión y el tipo 3 solo el 10%.

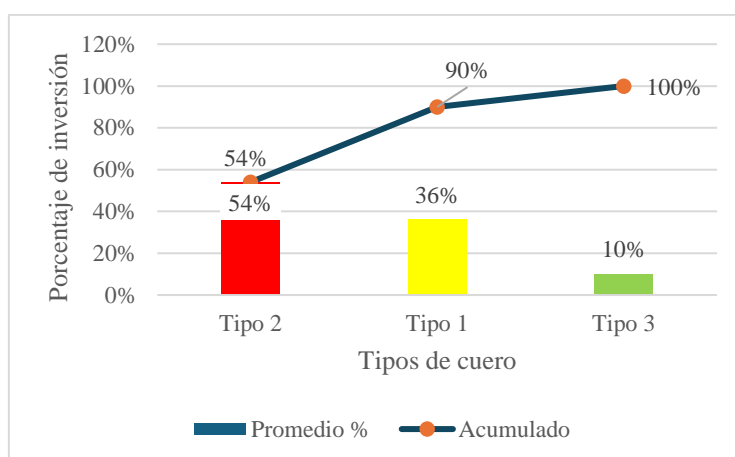


Gráfico 14. Diagrama de Pareto del tipo de cuero crítico

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Interpretación de Resultados

- **Tipo 2 Cuero de alta calidad (Clase A):** Debe tener un almacenamiento de fácil acceso.
- **Tipo 1 Cuero de media calidad (Clase B):** Requiere un control moderado.
- **Tipo 3 Cuerina (Clase C):** Puede almacenarse en zonas menos accesibles.

Para una adecuada clasificación, es fundamental identificar y separar los materiales en bodega, distinguiendo aquellos que están en buen estado de los que presentan deterioro. Para ello, se utiliza la plantilla de clasificación, como se muestra en la Imagen 16, siguiendo sus especificaciones. Los elementos deteriorados o dañados deben ser agrupados y trasladados al área de desechos, evitando su uso en la producción y mejorando el control de inventario.

The diagram shows a classification template for elements, titled "Plantilla para clasificación de elementos". It is 16 cm wide. The template is divided into several sections:

- Header Section:**
 - Logo:** A box for the company logo, with an instruction "Ubicar del logo de la empresa" pointing to it.
 - Área:** A field for the area, with an instruction "Ubicar el área donde se realiza la clasificación" pointing to it.
 - Responsable:** A field for the responsible person, with an instruction "Escribir el responsable de la clasificación" pointing to it.
 - Aprobado por:** A field for the approver, with an instruction "Escribir la autoridad aprobadora" pointing to it.
- Table Section:**
 - Estado del material:** A table with 5 columns: "Elemento", "Cantidad (unidades)", "Cant. en buen estado", "Cant. en estado deteriorado", and "Observaciones".
 - Instructions for the table:**
 - "Ubicar los elementos o materiales que estén en el área" points to the "Elemento" column.
 - "Ubicar la cantidad total de elementos a clasificar" points to the "Cantidad (unidades)" column.
 - "Anotar las cantidades de elementos en buen estado" points to the "Cant. en buen estado" column.
 - "Escribir las observaciones de los elementos clasificados" points to the "Observaciones" column.
 - "Anotar las cantidades de elementos deteriorados" points to the "Cant. en estado deteriorado" column.

Imagen 16. Plantilla para la clasificación de elementos

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Basado en el análisis de consumo, el Gráfico 13 muestra la caracterización de los elementos de la bodega en tres grupos, clasificados según su consumo para la producción como se muestra en la Tabla 43.

Tabla 43. Clasificación ABC de los elementos

Grupo	Elementos
A	Cuero Alta Calidad
	Cuero Media Calidad
	Forro Blanco
	Forro Negro
	Cuerina
B	Suela soe crepe

	Suela channel negra
	Suela soe café
	Suela yamileth delgada
	Etiquetas
	Planta de acabado
	Puntas y talones
	Planta de armado
	Pegantes
C	Cajas
	Hilos

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se caracterizo el grupo más crítico siendo el A de tipos de cuero según su consumo anual como se observa en Gráfico 14.

- Categoría A (uso frecuente): Cuero Tipo 2.
- Categoría B (uso ocasional): Cuero Tipo 1.
- Categoría C (uso poco frecuente): Cuero Tipo 3.

Orden de los materiales de bodega

Organización adecuada de los materiales mediante la codificación de las estanterías designadas a cada grupo.

Codificación de la ubicación y elementos.

En el área de bodega, se cuenta con tres estanterías. Las cuales se utilizan para el almacenamiento de los elementos para la producción de fabricación.

Se señaló de forma referencial en las imágenes de las estanterías 3D utilizando los siguientes símbolos y colores demostrados en la Imagen 17: la sección se identificó con el color rojo, el nivel con el color celeste y la columna con el color verde, para codificar la ubicación de los materiales en las estanterías.

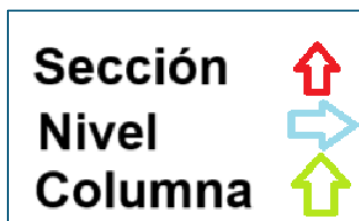


Imagen 17. Símbolos y colores para codificación de estanterías

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La estantería No. 1 (E1) está destinada exclusivamente al almacenamiento de cuero y forros, clasificados en la categoría A, debido a su alto valor y nivel de consumo. Dado que el cuero es un material crítico en la producción, requiere un espacio adecuado que prevenga su deterioro. La estantería E1 está estructurada en dos filas y dos columnas, identificadas como A y B, como se muestra en la Imagen 18.

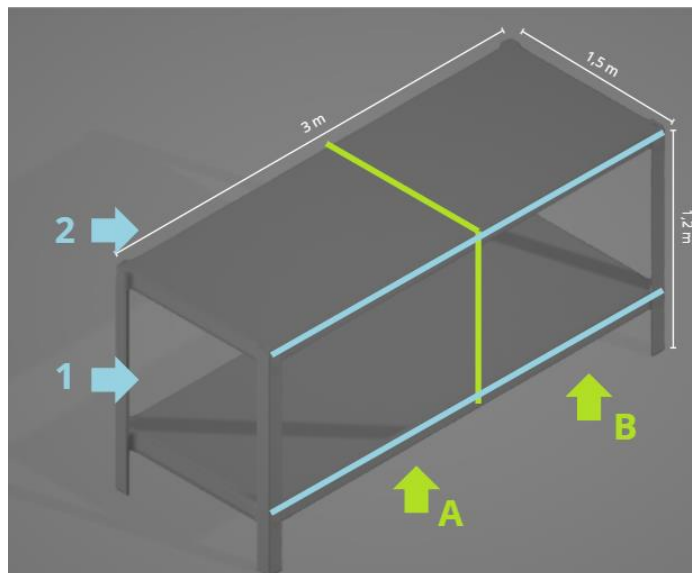


Imagen 18. Estantería 1 de bodega para cuero y forros

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se llevó a cabo la codificación de los elementos clasificados en el grupo A, asignando a cada uno una combinación de dos letras para su identificación, como se muestra en la Tabla 44. Este sistema permite una mejor organización y facilita la gestión del inventario.

Tabla 44. Codificación de los tipos de cuero

Elementos	Codificación
Cuero Alta Calidad	CA
Cuero Media Calidad	CM
Cuerina	CS
Forro Blanco	FB
Forro Negro	FN

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para un adecuado almacenamiento de los materiales de cuero y forros se almacenen enrollados, almacenándolo uno sobre otro de manera horizontal en la estantería designada, facilitando su almacenamiento y permitiendo una rápida identificación según su tipo y color visual, en cada espacio ya codificado, como se muestra en la siguiente Imagen 19.



Imagen 19. Orden de los rollos de cuero

Fuente: Anthony Javier Campaña

Los rollos de cueros tienen unas medidas aproximadas para su buen almacenamiento de un diámetro del rollo de 16 cm y una longitud de 100 cm, se almacenan hasta un máximo de 4 filas y 4 columnas una sobre otra como se muestra en la Imagen 20.



Imagen 20. Cueros enrollados y almacenados

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La estantería No. 2 (E2), destinada al almacenamiento de los materiales clasificados en el Grupo B, está estructurada con 5 filas y 2 columnas, como se muestra en la Imagen 21.

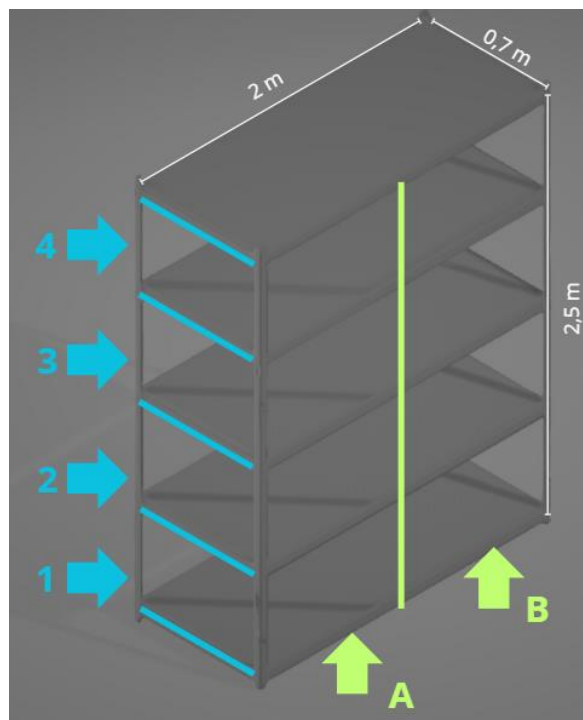


Imagen 21. Codificación de estantería 2 de bodega

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se llevó a cabo la codificación de los elementos clasificados en el grupo B, asignando a cada uno una combinación de dos letras para su identificación, como se muestra en la Tabla 45. Esta distribución permite una mejor organización y acceso a los materiales almacenados.

Tabla 45. Codificación de los elementos grupo b

Elemento	Codificación
Suela soe crepe	SB
Suela channel negra	SN
Suela soe café	SC
Suela yamileth delgada	SD
Cajas	CJ
Puntas y talones	PT
Planta de armado	PR
Planta de acabado	PA

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La estantería No. 3 (E3), destinada al almacenamiento de los materiales clasificados en el Grupo C, está conformada por 3 filas y 2 columnas, como se muestra en la Imagen 22. Esta distribución facilita la organización y el acceso a los materiales de menor consumo y valor dentro del inventario.

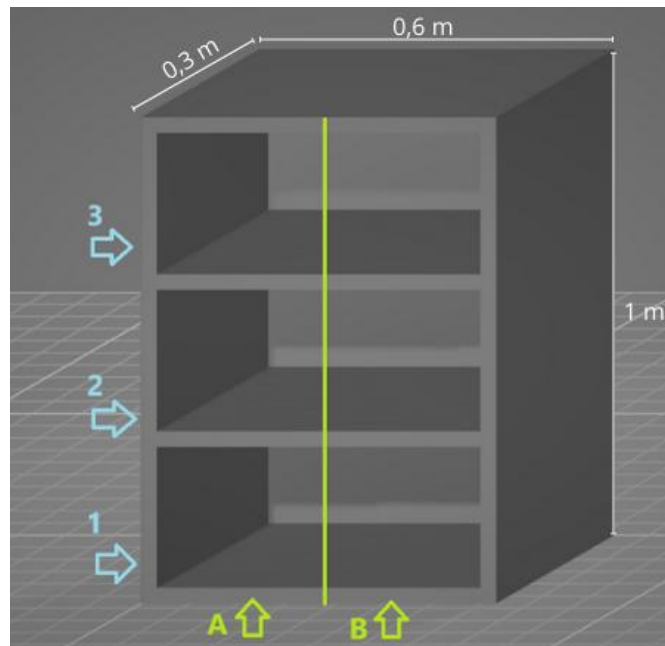


Imagen 22. Codificación de estantería 3 de bodega

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Se llevó a cabo la codificación de los elementos clasificados en el grupo C, asignando a cada uno una combinación de dos letras para su identificación, como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46. Codificación de elementos grupo C

Elementos	Codificación
Pegantes	PG
Hilos	HL
Etiquetas	EQ

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Registro de ubicación

Se propone el uso de una plantilla como se muestra en la Imagen 23 que facilite la identificación y localización rápida de los materiales almacenados. Esta herramienta permite acceder de manera ágil a la información sobre la ubicación específica de cada material, mejorando la gestión y el control del inventario.

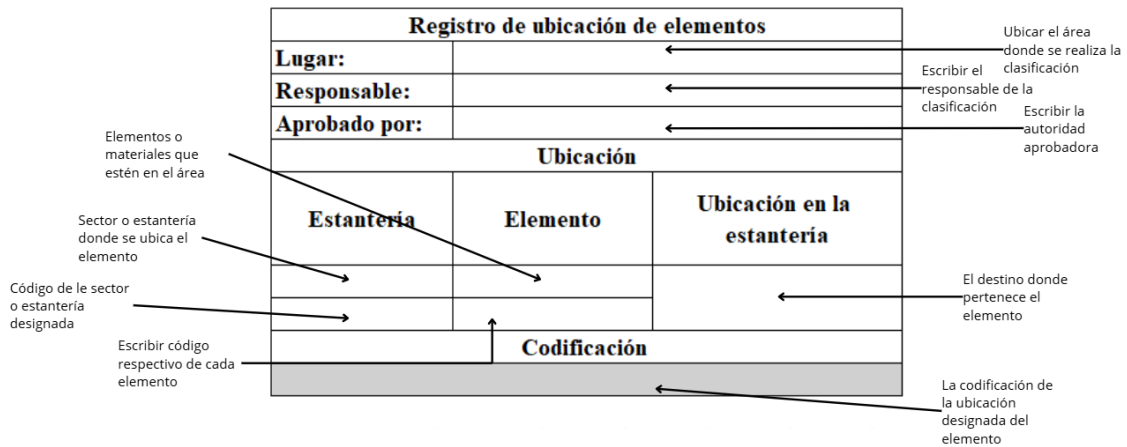


Imagen 23. Plantilla para el registro de ubicación de los elementos

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Limpieza de la bodega

Mantener el área de bodega limpia requiere implementar un plan de limpieza estructurado, compuesto por tres elementos clave: planificación, un instructivo detallado y un registro de limpieza para garantizar su cumplimiento y seguimiento.

Plan de limpieza

Un plan de limpieza en la bodega permitirá mantener el área ordenada y en condiciones adecuadas para el almacenamiento de materiales y la ejecución de tareas sin interrupciones. Para ello, se propone utilizar la plantilla presentada en la Imagen 24, que facilitará el control y seguimiento de la limpieza. Esta plantilla incluye el código del plan como identificador único, el área de aplicación donde se realizará la limpieza (por ejemplo, bodega), el sector específico de la estantería donde se planifica la limpieza, la frecuencia establecida (diaria, semanal o mensual) y el responsable asignado, ya sea un operario o un equipo encargado de la ejecución. Implementar este plan permitirá mantener el área de bodega ordenada y funcional, asegurando que las tareas se realicen sin contratiempos y reduciendo el riesgo de contaminación o deterioro de los materiales almacenados.

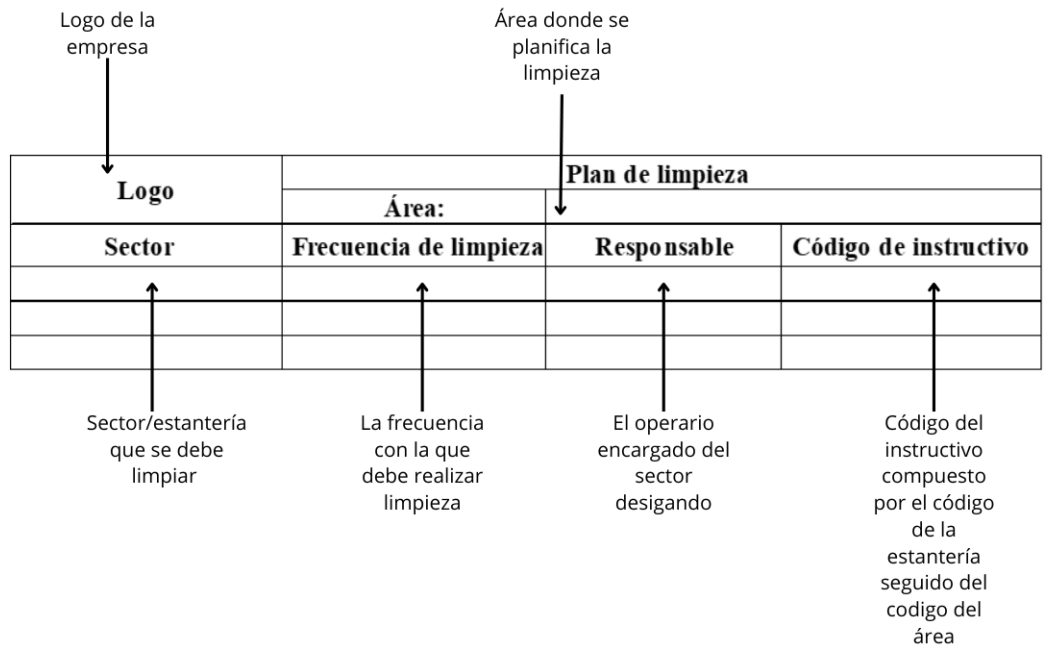


Imagen 24. Plantilla del plan de limpieza propuesto

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Instructivo de limpieza

Para un controlado y organizado ejecución del limpiado de las estanterías del área de corte se propone usar la siguiente platilla de instructivo de limpieza Imagen 25. Este instructivo proporciona información clave, incluyendo el código del instructivo, el sector en el que debe aplicarse y la frecuencia con la que debe ejecutarse. Además, especifica los pasos a seguir, detallando cada actividad y los elementos necesarios para su correcta realización, garantizando un adecuado manejo y organización de los materiales.

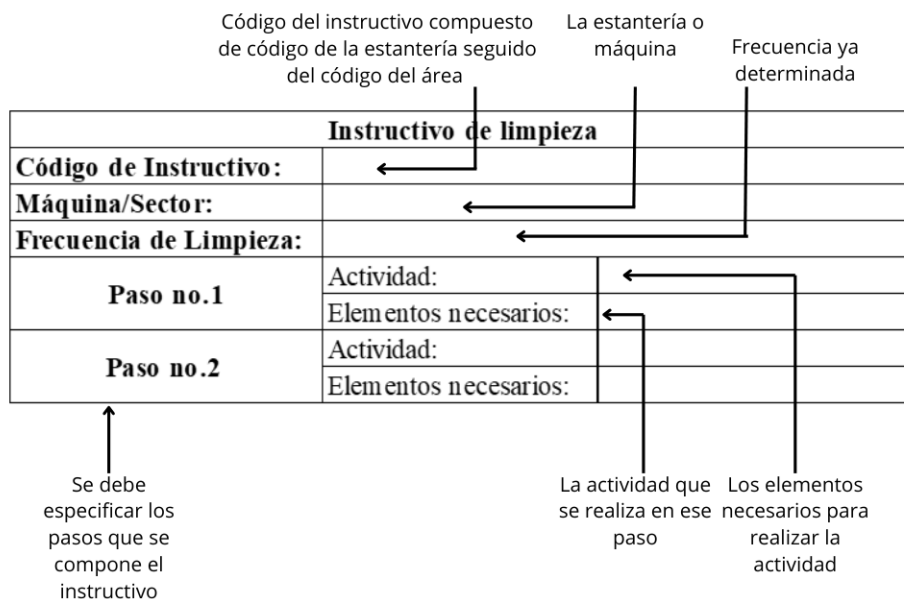


Imagen 25. Plantilla para el instructivo de limpieza

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Registro de limpieza

Es fundamental llevar un registro que permita verificar si las limpiezas planificadas se están realizando y si el área se mantiene organizada. Para ello, se propone el uso de una ficha de registro de limpieza como se observa en la Imagen 26, la cual facilitará el control y seguimiento de estas actividades, asegurando el cumplimiento de los estándares de orden y mantenimiento en la bodega.

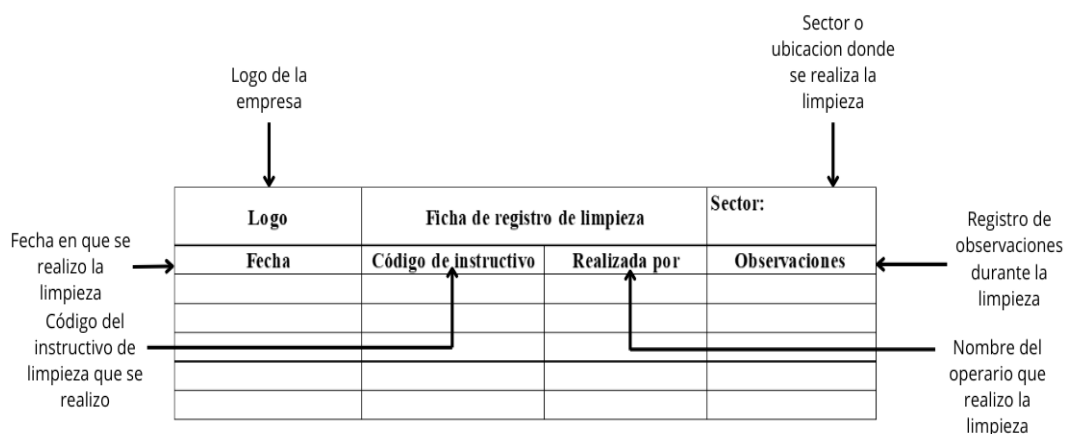


Imagen 26. Propuesta de plantilla de registro de limpieza

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Estándares en el área de bodega

Se implementaron métodos de control visual mediante el uso de diversas herramientas y técnicas, con el propósito de estandarizar la codificación y señalización de las estanterías, facilitando la identificación y organización de los materiales almacenados.

Marcación de la ubicación

Una adecuada señalización del área de circulación y delimitar las áreas de almacenamiento, Con la franja amarilla como se muestra en la Imagen 27 se debe señalar las zonas de almacenamiento y las rutas de tránsito facilitando el transporte de materiales.

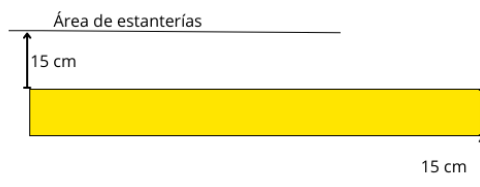


Imagen 27. Dimensiones de franjas de señalización

Fuente: INEN 0439:1984 Colores, Señales y Símbolos de seguridad.

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Codificación con colores

Para mejorar la identificación y ubicación de las estanterías en el área de bodega, se recomienda implementar un sistema de codificación por colores como se muestra en la Imagen 28. La estantería No. 1, destinada al almacenamiento de cuero por ser un material crítico según el análisis ABC, se ha asignado el color rojo. La estantería No. 2 se ha codificado con el color amarillo, mientras que la estantería No. 3 se ha designado con el color verde. Esta estrategia facilita la rápida identificación visual, mejora la organización y contribuye a una gestión más mejorada del inventario.



Imagen 28. Asignación de colores para estantería

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Autodisciplina en el área de bodega

Para lograr una mejora continua efectiva, es fundamental que las prácticas de orden y limpieza establecidas se conviertan en una rutina, garantizando su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Este principio busca fomentar en los operarios un aprendizaje continuo, promoviendo la correcta y constante aplicación de la metodología 5S en su entorno de trabajo. La autodisciplina permite que las mejoras implementadas se mantengan y se integren como parte de la cultura organizacional.

Para cumplir con este compromiso, se deben seguir los hábitos establecidos, como se detalla en la Tabla 47.

Tabla 47. Hábitos para la mejora continua

Categoría	Descripción
Cultura de mejora continua	Implementación de reuniones mensuales para reforzar y mantener el conocimiento sobre el método de las 5S, promoviendo disciplina mediante el ejemplo y la educación continua.
Disposición adecuada de residuos	Todos los desechos deben depositarse en contenedores o áreas designadas para su correcta eliminación.
Organización de herramientas y equipos	Cada operador debe devolver herramientas y equipos a sus lugares asignados después de su uso, asegurando disponibilidad y orden.
Limpieza de áreas comunes	Al finalizar las actividades, los colaboradores deben garantizar la limpieza y el orden de pasillos, salas de reuniones y zonas de descanso.
Cumplimiento de normas	Cada persona es responsable de hacer cumplir las normas dentro de su área de trabajo, sin importar quién las incumpla.
Respeto en otras áreas	Se debe respetar y seguir las normas establecidas en áreas ajenas para fomentar un ambiente colaborativo y ordenado.
Manejo de incumplimientos reiterados	Si un usuario incumple repetidamente las normas, el grupo debe abordar la situación de manera efectiva para mantener el orden, la seguridad y la disciplina.

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Análisis de la aplicación de la metodología 5s en bodega

La aplicación del orden en bodega es fundamental para prevenir errores en la producción y asegurar el adecuado desarrollo de los procesos posteriores. Para ello, es esencial que las tareas en esta área se realicen de manera precisa y organizada.

Se realizó un cálculo del tiempo esperado usando la Ecuación 3, de las operaciones que tienen lugar en la bodega, específicamente en la comprobación de especificaciones técnicas y la selección de moldes y materiales para el proceso de corte.

Se ha identificado que, en condiciones pesimistas este proceso puede extenderse hasta 8,50 minutos debido a su desorden.

$$\text{Tiempo esperado} = \text{tiempo actual} * (1 - \text{porcentaje de mejora})$$

Ecuación 3

(Tompkins et al., 2010)

Un diseño optimizado del almacén puede disminuir los tiempos de desplazamiento entre un 30% y 50%, según (Tompkins et al., 2010). En este caso, se espera un porcentaje de mejora del 10%, resultado de la implementación de la mejora de recorrido y la aplicación de la metodología 5S.

$$\text{Tiempo esperado} = 8,50 \text{ min} * (1 - 0.10) = 7,65 \text{ min}$$

Estimación del tiempo de las operaciones

Para calcular el tiempo estándar, se llevó a cabo una prueba piloto del proceso de producción propuesto. Durante esta prueba, se observaron y registraron los tiempos de cada operación involucrada en el proceso, con el fin de obtener una medición precisa del tiempo requerido por cada actividad. Estos tiempos observados se utilizaron posteriormente para calcular el tiempo básico, que fue ajustado con los factores correspondientes, de acuerdo con las características específicas de cada operación, para establecer el tiempo estándar.

Determinación del tamaño de la muestra del proceso de fabricación

Se tomaron 10 muestras iniciales de una prueba piloto del proceso propuesto según su tiempo mínimo y máximo de cada operación y se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Ecuación 4

Esta fórmula asegura un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error del $\pm 5\%$. (Freivalds & Niebel, 2020)

Donde:

n = tamaño de la muestra

n' = número observaciones del estudio preliminar

\sum = Suma de valores

x = Valor de las observaciones

Se debe utilizar esta plantilla para recolectar y calcular la muestra, permitiendo a la empresa identificar un nuevo tiempo estándar si así lo requiere, como se muestra en la Imagen 29. En ella se registran las operaciones del proceso de fabricación del modelo Ana, junto con su respectiva información en el cajetín, que incluye el nombre y código del producto, responsable de elaboración y aprobación. Los datos por registrar comprenden el operario encargado de cada operación, la valoración del ritmo según la norma británica (Tabla 48), diez muestras por cada operación, la cantidad de lotes procesados en cada operación y el cálculo del tamaño de la muestra para cada operación.

Formato para determinar el tamaño de la muestra

Número de la operación correspondiente	Código de producto:	Nombre del producto:	Nombre del producto estudiado	Cliente:	Aprobador por:					No. de página:						
	Fecha:	Orden no.	Número de orden en producción	Elaborado por:												
	No. de op	Descripción del elemento	Operario	V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F	n
Descripción de la operación																
Operario encargado																

Valoración del ritmo norma británica Muestras documentadas Cantidad de producto o lotes resultantes Tamaño de la muestra de cada operación

Imagen 29. Plantilla para el cálculo del tamaño de la muestra

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Valoración del ritmo

Una aproximación a la definición de la valoración del ritmo menciona: es una técnica utilizada para evaluar el desempeño de un trabajador en función. (Freivalds & Niebel, 2020)

Para esta valoración se usará la norma británica que se resumen en la Tabla 48 la cual establece que el ritmo normal es de 100.

Tabla 48. Tabla de valoración del ritmo según la norma británica

Escala de valoración %	Descripción del desempeño
0	Actividad nula

Escala de valoración %	Descripción del desempeño
50	Lento y poco preciso: El trabajador muestra movimientos pesados e inseguros, dando la impresión de estar desmotivado y con poca energía.
75	Metódico y constante: Su ritmo es pausado pero estable, sin apresurarse. Aunque no se percibe una urgencia en su labor, sigue un flujo de trabajo supervisado y eficiente, sin desperdiciar tiempo intencionalmente.
100	Ágil y competente: Desempeña su tarea con destreza y confianza, manteniendo un equilibrio entre velocidad y precisión, como un operario con experiencia y pago basado en rendimiento.
125	Rápido y altamente coordinado: Ejecuta su labor con gran seguridad y habilidad, mostrando un nivel de destreza y coordinación superior al promedio de los trabajadores calificados.
150	Velocidad y maestría excepcionales: Su desempeño es extremadamente rápido y preciso, resultado de una concentración intensa y un esfuerzo extraordinario. Este nivel solo es alcanzado por los trabajadores más sobresalientes, aunque difícil de sostener a largo plazo.

Fuente: (Freivalds & Niebel, 2020)

Simulación 3D del proceso mejorado

La simulación hace posible representar y comprender de forma clara los problemas fundamentales de un sistema, sin necesidad de recurrir a programaciones complejas. Además, facilita una mejor visualización del flujo de producción (Díaz-Martínez et al., 2018).

Para la simulación del proceso mejorado de fabricación del calzado Ana se usó el software FlexSim, ya que facilita la modelación y el análisis preciso de las problemáticas fundamentales de un sistema, sin requerir programación compleja, debido a su entorno de desarrollo visual y accesible (Marmolejo, 2016).

Se siguieron los siguientes pasos, primero se debe describir el caso simulado, describir los objetos del modelo, construcción del modelo, conexión de los objetos, configuración de los objetos, ejecución del modelo y resultados (Díaz-Martínez et al., 2018).

Construcción del modelo 3D: Se representaron las estaciones de trabajo, incluyendo las áreas de corte, aparado, armado y pegado de suelas, así como la ubicación de maquinarias y operarios.

Conexión para el flujo de trabajo: Se estableció la secuencia de operaciones desde la recepción de materia prima hasta el producto terminado, reflejando la reorganización implementada. Las conexiones

Configuración de parámetros de los objetos: Se asignaron tiempos estándar a cada operación, considerando los datos recolectados en mediciones previas. También se establecieron restricciones de capacidad y disponibilidad de recursos.

Ejecución de la simulación: Se corrió la simulación para evaluar el desempeño del proceso mejorado, identificando posibles cuellos de botella y verificando la reducción en los tiempos de producción y transporte.

Análisis de resultados: Se compararon los tiempos de ciclo, utilización de operarios y recorridos antes y después de la mejora, permitiendo validar la efectividad de los cambios implementados.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta:

El proyecto tiene como objetivo mejorar el proceso de fabricación del calzado Ana, abordando dificultades previamente identificadas y priorizadas en el capítulo anterior como se observa en la Tabla 32. Entre estas, se destacan las operaciones con altos tiempos de ejecución dentro del proceso productivo.

Las mejoras propuestas incluyen las siguientes acciones mencionadas en el plan de acciones Tabla 33, y se van a realizar las siguientes mejoras.

- **Reducción de tiempos en los procesos de aparado y pegado de plantas:** Se propone realizar un balance de la línea de producción aumentando el número de operarios y para disminuir los tiempos de ejecución de estas operaciones, ya que representan una parte significativa del tiempo total de fabricación.
- **Disminución del recorrido total en la producción:** Se optimiza la distribución de las maquinarias considerando sus dimensiones y el espacio disponible en la planta. Con esto, se busca reducir los desplazamientos innecesarios y mejorar el flujo de trabajo, beneficiando directamente a los operarios.
- **Minimización de demoras en el proceso de corte:** Se ha identificado que la falta de organización en la comprobación de datos técnicos y la selección de materiales genera retrasos. Para evitar recurrir a horas extras y garantizar el cumplimiento de las fechas de entrega, se implementarán estrategias para ordenar estas tareas de manera más estructurada.

- Análisis de la Simulación 3d

Balanceo de la línea de producción propuesta

Para la implementación del balance de línea detallado en la Tabla 38, se propone incrementar la cantidad de operarios en los procesos críticos. En el área de aparado, se adicionarán tres operarios, mientras que en el proceso de pegado, se incorporará un operario adicional.

Además, se requiere la puesta en operación de tres máquinas de maquilar que actualmente se encuentran inoperativas. Para ello, será necesario realizar el mantenimiento correspondiente, con un costo total de \$120 por las tres unidades.

En cuanto a los costos laborales, el pago por operario en el proceso de aparado es de \$1,25 por par producido, como se detalla en la Tabla 18. Con la producción estimada de 84 pares, el costo asociado a esta actividad será de \$105. Por otro lado, en el proceso de pegado, el pago por operario es de \$0,50 por par, lo que, considerando la producción de 4 lotes, representará un costo de \$42.

La implementación de estos ajustes permitirá el aumento de la productividad también implica una reducción en el tiempo de los procesos donde se incrementó el número de operarios como se muestra en la Tabla 49.

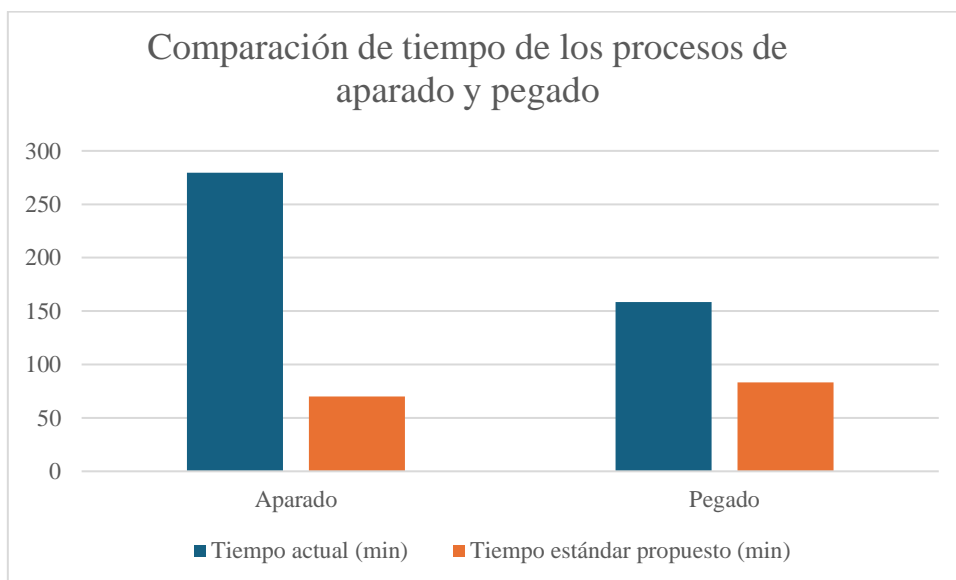


Gráfico 15. Comparación de tiempo de los procesos de aparado y pegado

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Tabla 49. Comparación de tiempo de los procesos de aparado y pegado

Proceso	Tiempo actual (min)	Tiempo estándar propuesto (min)
Aparado	279,67	70,2
Pegado	158,5	83,1

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Propuesta del diagrama de recorrido mejorado

Se llevó a cabo la reorganización del recorrido en la planta, con el objetivo de mejorar el flujo de trabajo y reducir desplazamientos innecesarios. La propuesta considera una distribución secuencial de los procesos, mejorando la proximidad entre cada etapa y evitando trayectos de retorno, así como cruces de operarios entre áreas, como se detalla en la Tabla 39. Como resultado, el recorrido total se redujo a 18 metros, minimizando tiempos improductivos y mejorando la eficiencia operativa.

Para la implementación de esta reestructuración, es necesario contar con personal especializado, incluyendo:

- Electricista, encargado de la instalación y reconexión de equipos que requieren suministro eléctrico en sus nuevas ubicaciones.
- Operadores, responsables de mover y posicionar las maquinarias conforme a la nueva distribución establecida.

En términos de costos, se consideran los siguientes aspectos:

1. Servicios de electricidad: Cableado, adecuación de tomas eléctricas y reconexión de equipos. Costo estimado: \$250.
2. Mano de obra para traslado de maquinaria: Reubicación y nivelación de equipos por parte de operarios. Costo estimado: \$180.
3. Materiales auxiliares: Herramientas, soportes y elementos de fijación para la instalación. Costo estimado: \$70.

Con esta inversión, se garantiza que contribuirá a una mayor productividad y reducción de tiempos. El nuevo flujo de trabajo se detalla en el Gráfico 15.

Tabla 50. Definición simbología utilizada en diagrama de recorrido propuesto

Tipo	No.	Definición
Demoras	1	Comprobar y chequear especificaciones técnicas de la producción
	2	Esperar que el horno esté listo
	3	Esperar preparación del adherente en la suela

Inspecciones	1	Seleccionar moldes correspondientes y materiales para el cortado
	2	Clasificar las piezas que conforman el modelo
	3	Inspeccionar las piezas maquiladas
	4	Inspección de fallas en las piezas
Transporte	1	Transporte al cortado
	2	Transporte al destellado
	3	Transporte al Maquilado
	4	Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras
	5	Transporte a maquinarias para preparación de hormas
	6	Transporte a máquina para montar
	7	Transporte a la estación de pulido
	8	Transporte a la estación de pegado de suelas
	9	Transportar a estación de terminado
	10	Transportar a estación de almacenamiento
Operaciones	1	Cortar las piezas
	2	Destellar de las piezas cortadas
	3	Maquilar de las piezas cortadas
	4	Armar punteras y taloneras
	5	Parear de hormas de acuerdo con la numeración
	6	Preparar y fijar con las plantillas de las hormas
	7	Montar el corte maquilado en la horma
	8	Pulir sobrantes de la capellada
	9	Pegar la suela al zapato
	10	Fijar las suelas en la prensa al vacío
	11	Desmontar los zapatos de la horma
	12	Limpiar restantes de goma del zapato
	13	Preparar y colocar plantillas de terminado
	14	Ensamblar cajas
	15	Empaquetar el zapato

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

En comparación con el recorrido actual, que tiene una distancia total de 31 metros y un tiempo de 25.8 minutos, el recorrido propuesto presenta una reducción significativa. La nueva distancia es de 18 metros, lo que representa una disminución del 41.94%, y el nuevo tiempo estimado es de 16,14 minutos, como se muestra en la siguiente Tabla 51.

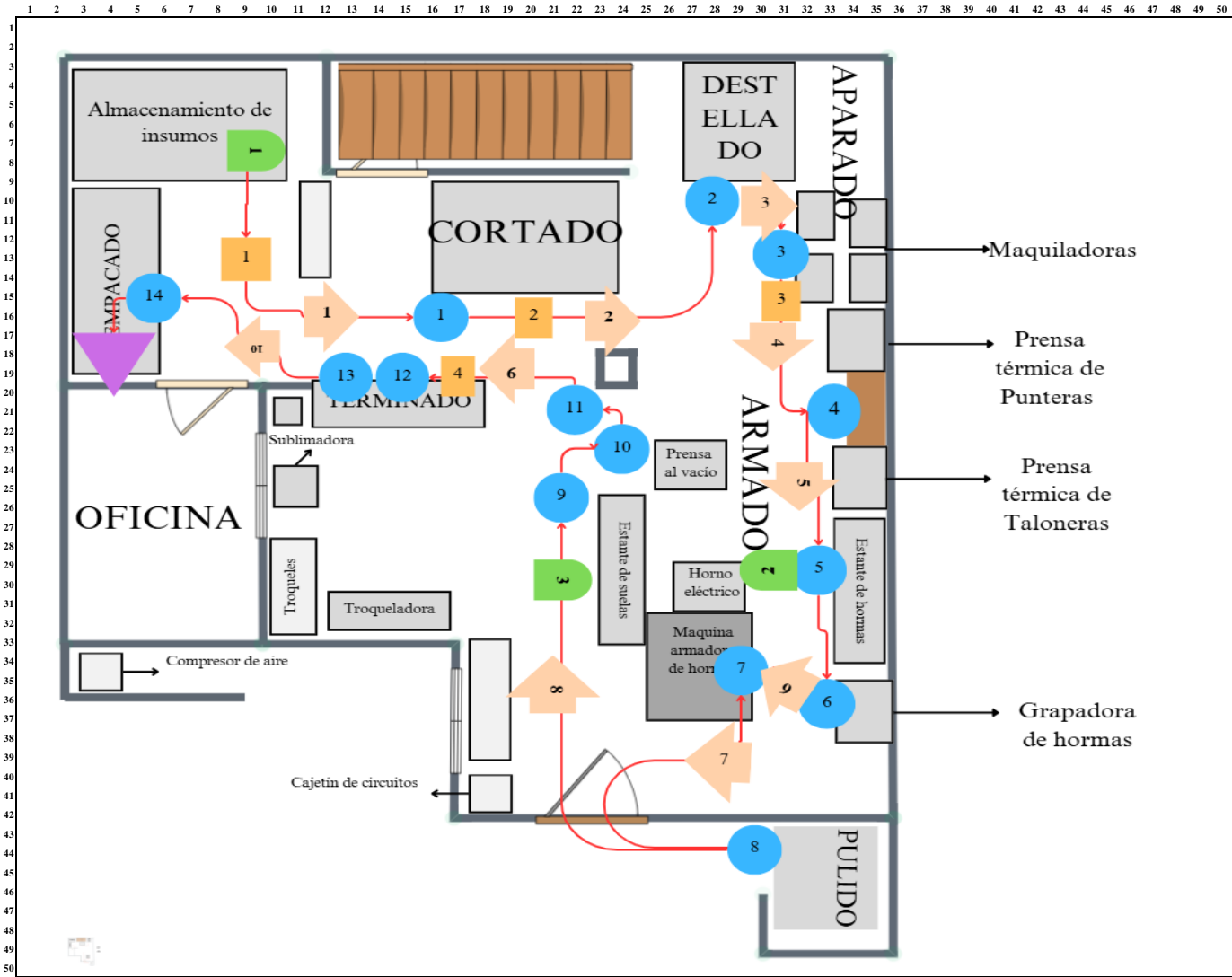
Tabla 51. Comparación de las distancias y tiempos actuales de las propuestas

N o.	Transportes	Tiempo Actual (min)	Distancia Actual (cm)	Tiempo Propuesto (min)	Distancia propuesta (cm)
1	Transporte al cortado	1,66	2	1,68	2
2	Transporte al destellado	2,5	3	2,40	2,5
3	Transporte al Maquilado	0,83	1	0,57	0,5
4	Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	7,5	9	1,32	1,5

N o.	Transportes	Tiempo Actual (min)	Distancia Actual (cm)	Tiempo Propuesto (min)	Distancia propuesta (cm)
5	Transporte a maquinarias para preparación de hormas	1,25	1,5	0,46	0,5
6	Transporte a máquina para montar	1,66	2	1,27	1,5
7	Transporte a la estación de pulido	3,33	4	2,35	2,5
8	Transporte a la estación de pegado de suelas	4,16	5	3,61	4
9	Transportar a estación de terminado	1,66	2	1,28	1,5
10	Transportar a estación de almacenamiento	1,25	1,5	1,20	1,5
Total		25,8	31	16,14	18

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTA



Resumen		
Simbología		Cantidad
Operación	○	14
Transporte	⇒	10
Demora	□	3
Inspección	□	4
Almacenamiento	▽	1
Combinada	⊞	0
Plano No.		
1		
Escala	Distancia (m)	
sin escala	31	

Localización
 Calle 13 de Mayo y Cipreses,
 Núm J9XJ+9P8, Cevallos,
 Tungurahua, Ecuador

Notas
 Propuesta del recorrido del producto durante la fabricación del modelo Ana, con distancias reducidas y con los procesos ordenados secuencialmente.

Calzado Martini

3	Diagrama de operaciones	Proceso de fabricación de calzado Ana, elaborado con cuero y semi artesanal, consta de 5 operarios.	Producto	Anthony	Supervisor de	Supervisor de	Diagrama No.
2	Diagrama de flujo analítico de proceso			Campaña	producción	producción	
1	Diagrama PERT del proceso de producción			Fecha: 2024	Fecha: 2024	Fecha: 2024	
No.	Diagramas de Referencia	Descripción	Calzado modelo Ana	Elaboró	Revisó	Aprobó	5

Gráfico 16. Propuesta del recorrido de producción

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Propuesta de orden de los materiales de bodega

Se propone implementar la metodología 5S para mantener organizada el área de bodega, dado que es el punto de inicio del proceso de fabricación del modelo Ana. Es fundamental que las operaciones de comprobación y selección de materiales se realicen correctamente para evitar errores, demoras o reprocesos en etapas posteriores. Además, esta metodología contribuirá a reducir el tiempo de las operaciones realizadas en bodega, mejorando el flujo de trabajo y la disponibilidad de los materiales.

Usando la plantilla para la clasificación de materiales deteriorados o en buen estado, como se muestra en la Imagen 16, se realizó la clasificación de los materiales. Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente Tabla 52, donde se especifica el estado de cada material evaluado.

Tabla 52. Clasificación de los materiales de bodega por buen estado o deteriorados

Logo	Plantilla para clasificación de elementos			
	Área:	Bodega		
	Responsable:	Anthony Javier Campaña		
	Aprobado por:	Supervisor de Producción		
	Estado del material			
Elemento	Cantidad (unidades)	Cant. en buen estado	Cant. en estado deteriorado	Observaciones
Cuero Alta Calidad	200	200	0	
Cuero Media Calidad	150	100	50	Se encontró material deteriorado
Cuerina	50	50	0	
Suela soe crepe	80	80	0	
Suela channel negra	100	100	0	
Suela soe café	90	90	0	
Suela yamileth delgada	25	25	0	
Cajas	300	225	75	Se encontró material deteriorado
Forro Blanco	175	175	0	

Logo	Plantilla para clasificación de elementos			
	Área:	Bodega		
	Responsable:	Anthony Javier Campaña		
	Aprobado por:	Supervisor de Producción		
Estado del material				
Elemento	Cantidad (unidades)	Cant. en buen estado	Cant. en estado deteriorado	Observaciones
Forro Negro	175	175	0	
Planta de acabado	225	225	0	
Pegantes	150	150	0	
Puntas y talones	175	175	0	
Planta de armado	200	200	0	
Hilos	125	125	0	
Etiquetas	250	250	0	

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Según la clasificación que se observa en la Tabla 43 de los materiales según su consumo anual se propone el uso de las Se cuenta en el área de bodega con tres estanterías las cuales se propone una redistribución y clasificación basada en el Análisis ABC, como se presenta en el Gráfico 13, mejorando la ubicación de los materiales según su categoría A (Rojo), B (Amarilla) o C (Verde) para priorizar la accesibilidad como se muestra en la Imagen 30.

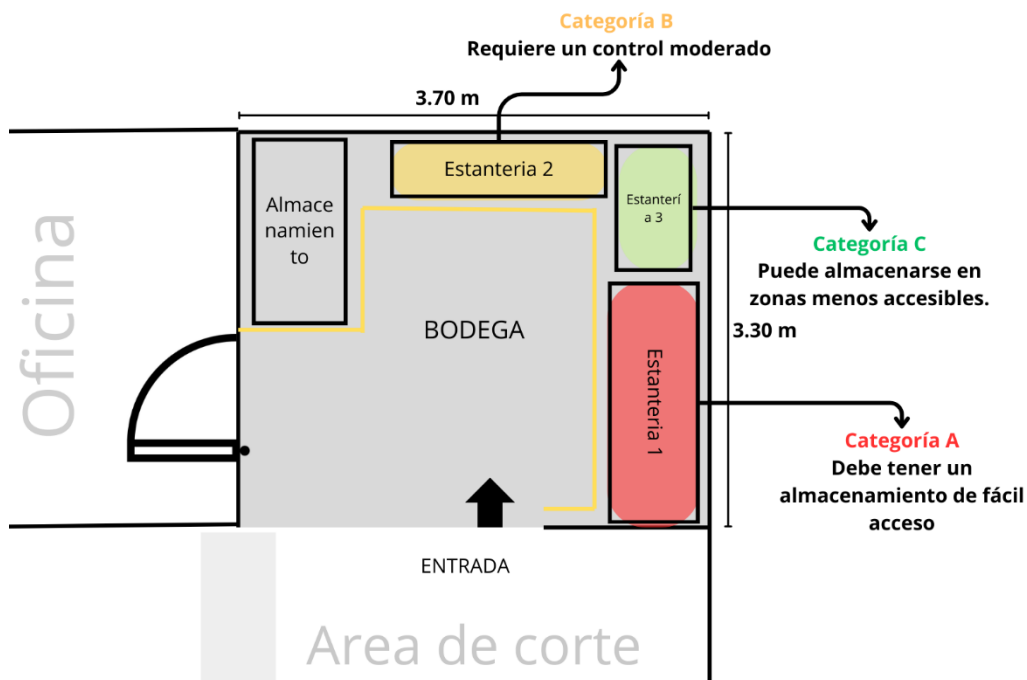


Imagen 30. Representación de la distribución del área de bodega

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para lograr el orden en bodega, se propone la codificación de las estanterías, facilitando así la identificación y localización de los materiales. La estantería No.1, designada para el almacenamiento de cueros y forros, se codificó utilizando pequeñas etiquetas de 10 cm x 5 cm, con su respectiva codificación. Esto permite una rápida identificación de los materiales almacenados y agilizando el proceso de selección, como se muestra en la Imagen 31.

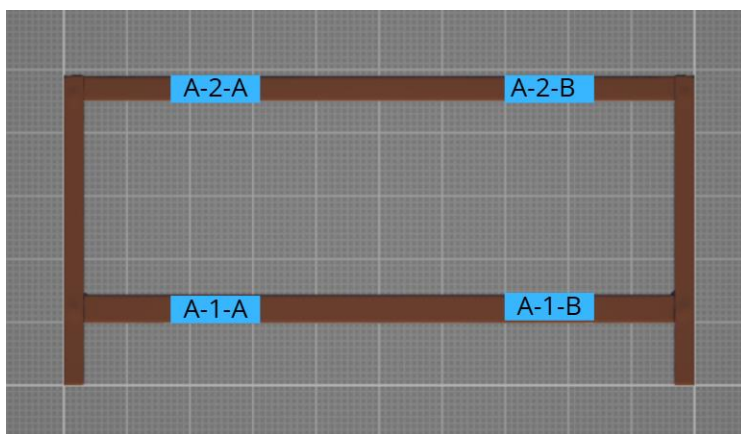


Imagen 31. Codificación propuesta para la estantería No.1

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para un adecuado almacenamiento del cuero y los forros en la estantería No.1, se propone la siguiente disposición, como se muestra en la Imagen 32, con una vista superior de la estantería. Tanto el cuero como los forros deben almacenarse en rollos, asegurando que su longitud no supere los 1,5 m y su ancho no exceda los 16 cm. En la Imagen 33 se presenta un ejemplo visual de cómo deberían organizarse estos materiales.

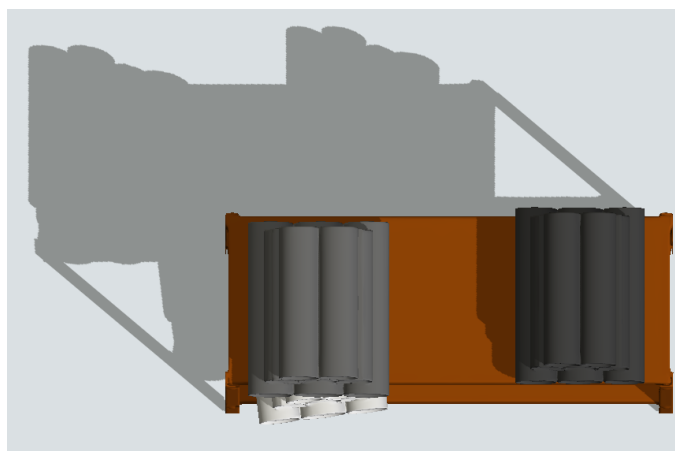


Imagen 32. Vista superior de los materiales almacenados en la estantería no.1

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

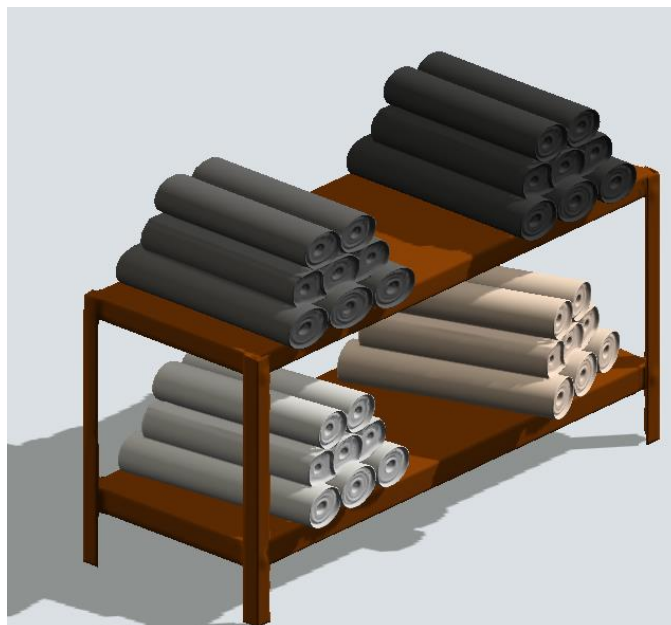


Imagen 33. Ejemplo del almacenamiento propuestos de cueros y forros en la estantería no.1

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La estantería No.2, designada para el suelas, etiquetas, plantillas y punteras/taloneras, se codificó utilizando pequeñas etiquetas de 10 cm x 5 cm, con su respectiva codificación como se muestra en la Imagen 34.

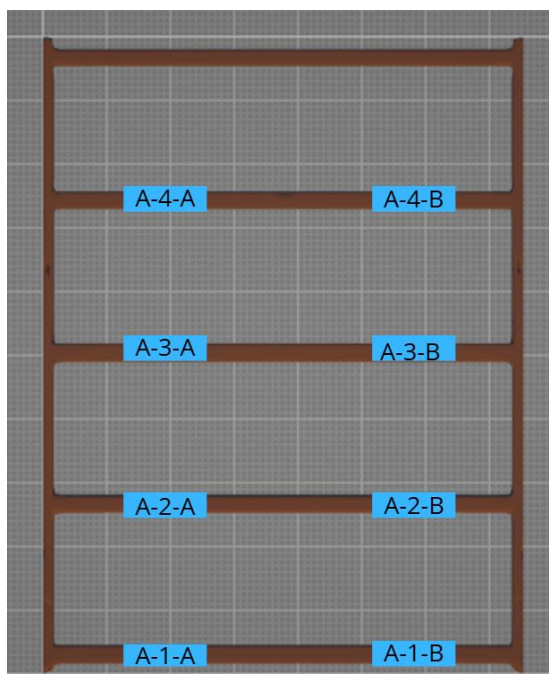


Imagen 34. Codificación propuesta para la estantería No.2

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La estantería No.3, designada para cajas sin ensamblar, hilos y pegantes, se codificó utilizando pequeñas etiquetas de 10 cm x 5 cm, con su respectiva codificación como se muestra en la Imagen 35.

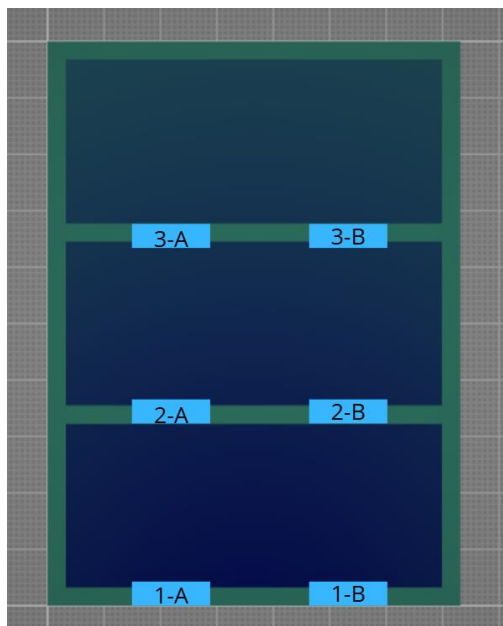


Imagen 35. Codificación propuesta para la estantería No.3

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Una vez codificada la ubicación, se propone registrar la nueva ubicación de los materiales en bodega utilizando la plantilla que se muestra en la Imagen 23. Este registro permitirá tener un control más eficiente y preciso de los materiales almacenados en sus respectivas estanterías ya designadas. Los datos se reflejan en la Tabla 53, donde se especifica la ubicación de cada material, asegurando un fácil acceso y reduciendo posibles errores o demoras en el proceso de selección.

Tabla 53. Propuesta del registro de ubicación de los materiales de bodega

Registro de ubicación de elementos		
Lugar:	Bodega - Calzado Martini	
Responsable:	Anthony Javier Campaña	
Aprobado por:	Supervisor de producción	
Ubicación		
Estantería	Elemento	Ubicación en la estantería
Estantería 1	Cuero Alta Calidad	2A
E1	CA	
Codificación		
E1-CA-2A		
Estantería 1	Cuero Media Calidad	1A

Registro de ubicación de elementos		
Lugar:	Bodega - Calzado Martini	
Responsable:	Anthony Javier Campaña	
Aprobado por:	Supervisor de producción	
Ubicación		
Estantería	Elemento	Ubicación en la estantería
E1	CM	
Codificación		
E1-CM-1A		
Estantería 1	Cuero Sintético	1B
E1	CS	
Codificación		
E1-CS-2A		
Estantería 2	Suela Beige	1A
E2	SB	
Codificación		
E2-SB-1A		
Estantería 2	Suela Negra	1B
E2	SN	
Codificación		
E2-SN-1B		
Estantería 2	Suela Café	2A
E2	SC	
Codificación		
E2-SB-1A		
Estantería 2	Suela Delgada	2B
E2	SD	
Codificación		
E2-SD-2B		
Estantería 2	Cajas	4A
E2	CJ	
Codificación		
E2-CJ-4A		
Estantería 2	Forro Blanco	3A
E2	FB	
Codificación		
E2-FB-3A		
Estantería 2	Forro Negro	3B
E2	FN	
Codificación		
E2-FN-3B		
Estantería 2	Planta de acabado	4B
E2	PA	
Codificación		
E2-PA-4B		
Estantería 3	Pegantes	1A
E3	PG	
Codificación		
E3-PG-1A		
Estantería 3	Puntas y talones	1B
E3	PT	
Codificación		

Registro de ubicación de elementos		
Lugar:	Bodega - Calzado Martini	
Responsable:	Anthony Javier Campaña	
Aprobado por:	Supervisor de producción	
Ubicación		
Estantería	Elemento	Ubicación en la estantería
E3-PT-1B		
Estantería 3	Hilos	2B
E3	HL	
Codificación		
E3-HL-2B		
Estantería 3	Etiquetas	3B
E3	EQ	
Codificación		
E3-EQ-3B		
Estantería 3	Planta de armado	2A
E3	PR	
Codificación		
E3-PR-2A		

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para tener un área limpia se propone el uso de las plantillas de plan de limpieza, instructivo de limpieza Imagen 24).

El plan de limpieza, detallado en la Tabla 54, establece un sistema de codificación del instructivo basado en el código de la estantería seguido del código del área, en este caso, bodega (BO). Se ha determinado que la estantería 1 requiere una limpieza cada 15 días debido a su alta rotación de materiales, asignando esta tarea al operador de corte, quien trabaja directamente con dichos elementos. Para las estanterías 2 y 3, se recomienda una limpieza mensual bajo la responsabilidad del operario de armado, dado su vínculo con los materiales almacenados en estas áreas.

Tabla 54. Plan de limpieza de la bodega

Sector	Frecuencia de limpieza	Responsable	Código de instructivo
Estantería 1	Cada 15 días	Operador de Corte	E1-BO
Estantería 2	Cada mes	Operador de Armado	E2-BO
Estantería 3	Cada mes	Operador de Armado	E3-BO

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para la estantería No. 1, destinada al almacenamiento del grupo A de elementos, se desarrolló un instructivo detallado, como se muestra en la Tabla 55.

Tabla 55. Instructivo de Limpieza de Bodega E1-BO

Instructivo de limpieza		
Código de Instructivo:	E1-BO	
Máquina/Sector:	Estantería 1 - bodega	
Frecuencia de Limpieza:	Cada 15 días	
Paso no.1	Actividad:	Limpieza de la estantería
	Elementos necesarios:	Productos de limpieza
Paso no.2	Actividad:	Ordenar los elementos
	Elementos necesarios:	Registro de ubicación

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para la estantería No. 2, destinada al almacenamiento del grupo B de elementos, se desarrolló un instructivo detallado, como se muestra en la Tabla 56.

Tabla 56. Instructivo de Limpieza de Bodega E2-BO

Instructivo de limpieza		
Código de Instructivo:	E2-BO	
Máquina/Sector:	Estantería 2 - bodega	
Frecuencia de Limpieza:	Cada mes	
Paso no.1	Actividad:	Limpieza de la estantería
	Elementos necesarios:	Productos de limpieza
Paso no.2	Actividad:	Ordenar los elementos
	Elementos necesarios:	Registro de ubicación

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Para la estantería No. 3, destinada al almacenamiento del grupo c de elementos, se desarrolló un instructivo detallado, como se muestra en la Tabla 57.

Tabla 57. Instructivo de Limpieza de Bodega E3-BO

Instructivo de limpieza		
Código de Instructivo:	E3-BO	
Máquina/Sector:	Estantería 3 - bodega	
Frecuencia de Limpieza:	Cada mes	
Paso no.1	Actividad:	Limpieza de la estantería
	Elementos necesarios:	Productos de limpieza
Paso no.2	Actividad:	Ordenar los elementos
	Elementos necesarios:	Registro de ubicación

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Además, es necesario llevar un registro detallado de las actividades de limpieza efectuadas usando la plantilla propuesta como se observa en la Imagen 26.

Se propone señalar las zonas de almacenamiento con franjas amarillas, facilitando el desplazamiento y manejo de materiales como se muestra en la Imagen 36. Para una mejor

identificación de las estanterías en bodega, se implementará un sistema de codificación por colores: rojo para la estantería No. 1, asignada al cuero, amarillo para la estantería No. 2 y verde para la estantería No. 3 como se observa en la Imagen 37. Esta marcación ubicada en cada esquina de las estanterías permitirá una localización más rápida de los materiales y una mejor gestión del espacio de almacenamiento.

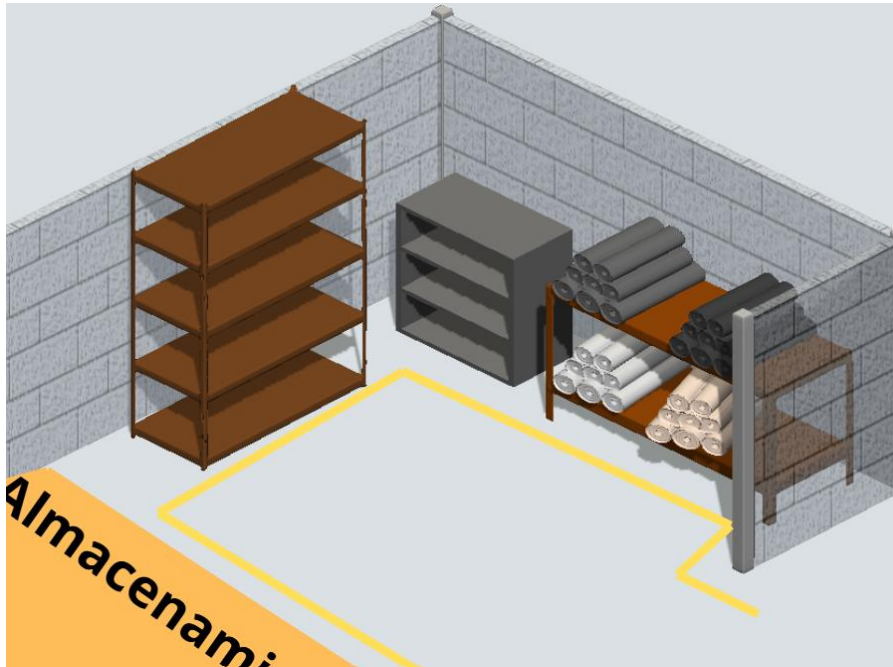


Imagen 36. Propuesta de la señalización de los almacenamientos

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

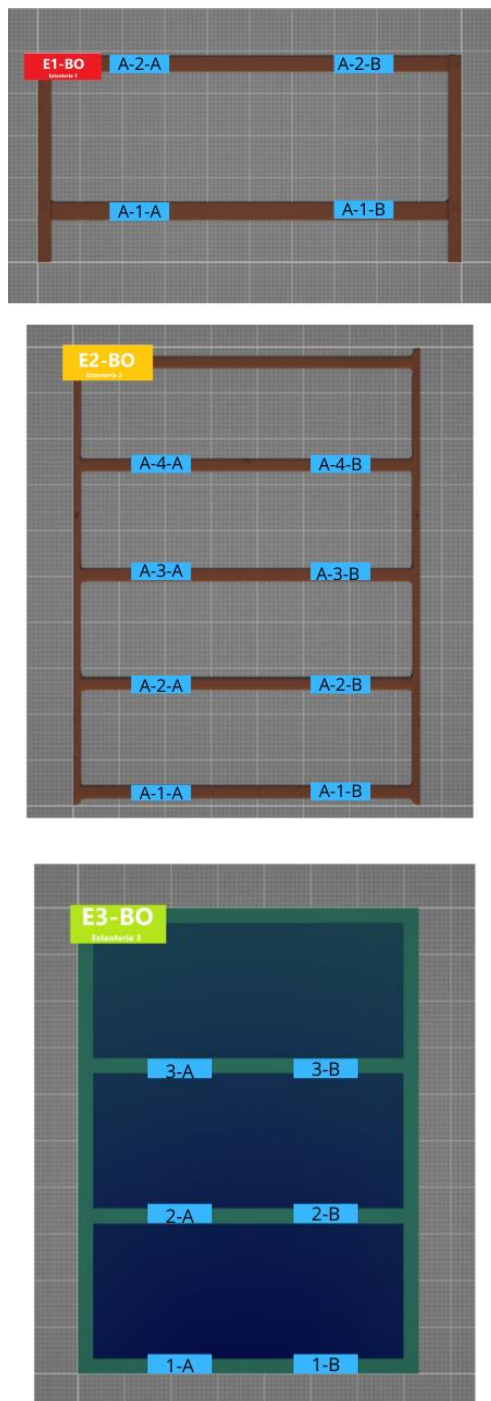


Imagen 37. Codificación de las 3 estanterías por colores

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Es necesario llevar a cabo capacitaciones periódicas para fortalecer las prácticas implementadas y garantizar la mejora continua en el área de bodega. Estas sesiones permitirán reforzar el conocimiento de los operarios sobre la metodología 5S, el manejo adecuado de materiales y el cumplimiento de los procedimientos establecidos.

El programa de capacitación contempla temas clave y una frecuencia definida para asegurar su efectividad, como se detalla en el siguiente plan de formación.

Programa de Capacitación

Objetivo: El objetivo es que los operarios adopten y mantengan las mejoras implementadas en la organización del área de cortes.

Formato:

Duración: 2 sesiones de 1 hora cada una.

Método: Teórico-práctico, con simulaciones en el área de trabajo.

Materiales: Presentaciones, manual impreso con estándares, carteles con recordatorios visuales.

La capacitación debe enfocarse en:

- La importancia de la metodología 5S.
- Cómo utilizar la codificación de ubicación y la plantilla de registro.
- Buenas prácticas en la organización de herramientas y materiales.
- Cómo mantener los estándares de orden y limpieza.

La implementación de la metodología 5S en el área de bodega ha permitido una notable mejora en los tiempos de las tareas, reduciendo el tiempo de 8.50 minutos a 5 minutos, lo que representa una reducción del 41.18%. Esta mejora se debe a la organización adecuada de herramientas y materiales, la limpieza constante del área de trabajo y la estandarización de procesos, lo que permitirá que los operarios realicen las tareas de manera más ágil y sin interrupciones. La reducción en el tiempo no solo incrementa la productividad, sino que también mejora la seguridad al minimizar los riesgos derivados de la desorganización, mejora el uso de los recursos y facilita el cumplimiento de los tiempos establecidos en la gestión de inventarios y pedidos, contribuyendo a una mayor competitividad de la empresa.

Aplicación de la estimación de tiempo

El cálculo del tamaño de la muestra como se muestra en la Tabla 58 se basa en la recolección de tiempos estimados mediante una prueba piloto de la producción propuesta, lo que facilita la identificación de tendencias y variaciones en las operaciones. Con esta información, se podrá definir un nuevo tiempo estándar del proceso de fabricación.

Tabla 58. Cálculo del tamaño de la muestra del proceso de fabricación propuesto

No. de op.	Descripción de la Tarea	Operario	V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F	N
1	Comprobar y chequear especificaciones técnicas de la producción	Cortador	90%	2,00	2,10	1,90	1,89	2,10	2,00	2,50	2,20	2,25	2,10	1	11
2	Seleccionar moldes correspondientes y materiales para el cortado	Cortador	90%	2,10	2,00	2,50	2,20	2,25	2,10	1,90	1,89	2,10	2,00	1	11
3	Transporte al cortado	Cortador	90%	1,52	1,49	1,53	1,48	1,55	1,60	1,66	1,59	1,63	1,66	1	3
4	Cortar las piezas	Cortador	90%	32,00	30,00	30,00	28,00	28,00	29,00	32,00	28,00	28,00	28,00	1	4
5	Clasificar las piezas que conforman el modelo	Cortador	90%	6,99	7,00	7,40	6,80	7,20	7,25	7,34	7,29	7,20	7,19	1	1
6	Trasporte al destellado	Cortador	100%	2,10	2,00	1,90	2,08	1,98	2,00	1,80	2,00	2,10	2,13	1	4
7	Destellar de las piezas cortadas	Aparador	100%	14,00	14,30	14,20	14,33	14,50	14,00	14,60	13,90	15,00	14,30	1	1
8	Transporte al Maquilado	Aparador	100%	0,40	0,50	0,49	0,40	0,40	0,45	0,42	0,50	0,49	0,43	1	14
9	Maquilar las piezas cortadas	Aparador	95%	50,00	52,00	51,00	50,00	51,00	49,00	50,50	50,25	48,00	50,10	1	1
10	Inspeccionar las piezas maquiladas	Aparador	90%	12,00	12,17	11,90	12,20	12,25	11,95	12,10	12,30	12,15	12,17	1	0
11	Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	Aparador	100%	1,00	1,10	0,98	1,20	1,25	1,10	1,15	1,20	1,11	1,12	1	8
12	Armar punteras y taloneras	Armador	100%	20,00	23,00	21,50	22,60	23,50	24,00	22,10	23,50	24,00	21,00	1	5
13	Transporte a maquinarias para preparación de hormas	Armador	95%	0,40	0,39	0,43	0,41	0,40	0,40	0,39	0,43	0,41	0,40	1	2
14	Parear de hormas de acuerdo con la numeración	Armador	90%	1,50	1,65	1,42	1,53	1,62	1,70	1,72	1,65	1,75	1,69	1	6
15	Esperar que el horno esté listo	Armador	90%	1,90	2,00	2,10	1,80	2,00	2,00	1,99	2,10	2,09	2,00	1	3
16	Preparar y fijar con las plantillas de las hormas	Armador	90%	10,00	10,00	10,00	9,00	11,00	9,00	10,00	9,00	9,00	11,00	1	9
17	Transporte a máquina para montar	Armador	90%	1,20	1,10	1,20	1,25	1,00	1,16	1,20	1,25	1,00	1,16	1	9
18	Montar el corte maquilado en la horma	Armador	100%	38,00	38,00	38,00	38,00	39,00	38,00	38,00	39,00	37,00	38,00	1	0
19	Transporte a la estación de pulido	Armador	100%	2,00	2,10	1,90	1,98	2,00	2,10	2,05	2,04	2,05	2,04	1	1
20	Pulir sobrantes de la capellada	Armador	100%	10,90	11,00	11,20	11,15	11,14	11,30	11,60	11,58	11,64	11,00	1	1
21	Transporte a la estación de pegado de suelas	Armador	95%	3,30	3,10	3,20	3,12	3,25	3,32	3,16	3,15	3,20	3,29	1	1
22	Esperar preparación del adherente en la suela	Armador	90%	19,00	21,00	18,00	19,00	18,00	21,00	21,00	21,00	18,00	18,00	1	8
23	Pegar la suela al zapato	Armador	100%	19,00	20,00	21,00	20,00	19,30	20,10	19,90	20,00	21,00	20,50	1	1
24	Fijar las suelas en la prensa al vacío	Armador	100%	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	20,00	21,00	19,00	21,00	21,00	1	2
25	Desmontar los zapatos de la horma	Armador	95%	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	15,00	17,00	17,00	16,00	16,00	1	4
26	Transportar a estación de terminado	Armador	90%	1,20	1,10	1,25	1,16	1,30	1,25	1,25	1,16	1,30	1,25	1	4
27	Inspección de fallas en las piezas	Terminado	100%	17,00	16,00	16,00	17,00	16,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	1	1
28	Limpiar restantes de goma del zapato	Terminado	95%	38,00	41,00	40,00	38,00	40,00	39,00	40,00	40,00	38,00	38,00	1	1
29	Preparar y colocar plantillas de terminado	Terminado	90%	10,00	11,00	9,00	11,00	10,00	10,00	10,00	9,00	9,00	9,00	1	9
30	Transportar a estación de almacenamiento	Terminado	90%	1,10	1,10	1,20	1,00	1,15	1,20	1,00	1,12	1,23	1,00	1	9
31	Ensamblar cajas	Terminado	90%	19,00	21,00	19,00	21,00	19,00	21,00	21,00	19,00	21,00	19,00	1	4
32	Empaquetar el zapato	Terminado	90%	19,00	20,00	19,00	19,00	21,00	19,00	21,00	20,00	21,00	19,00	1	3
33	Almacenar el producto terminado	Terminado	100%	4,50	4,60	4,70	4,30	4,35	4,40	4,55	4,60	4,75	4,70	1	2

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Simulación 3D del rediseño del área de producción

Para una mejor comprensión de la propuesta de recorrido y los tiempos establecidos, se realizaron simulaciones en 3D utilizando el software FlexSim. Esta herramienta editable además para diferentes escenarios permitió representar de manera detallada y precisa el proceso de fabricación del calzado Ana, incorporando los tiempos de cada etapa del proceso. La simulación contribuyó al análisis y la visualización de la operación,

facilitando la identificación de posibles mejoras en la organización y en el flujo de trabajo (Díaz-Martínez et al., 2018).

Descripción del caso simulado

La fábrica de calzado Martini tiene un sistema de producción con un principal Queue donde se selecciona los materiales y abastece a la estación de corte. El producto llega a la Queue desde el Source con un estilo de llegada secuencial es este caso 10 unidades de producto cada uno para la fabricación de un lote de 21 pares, el tiempo de ciclo de prueba es de 480 min, se representa 11 operarios con 14 procesos distribuidos en la planta de fabricación.

Se diseñó virtualmente la fábrica de calzado Martini, incorporando las áreas de los procesos y sus respectivas maquinarias, las cuales fueron representadas en 3D. En este diseño, se asignaron los operadores correspondientes a cada área, distribuidos de acuerdo con las nuevas distancias, operarios, maquinarias operativas propuestas como se observa en la Imagen 38.

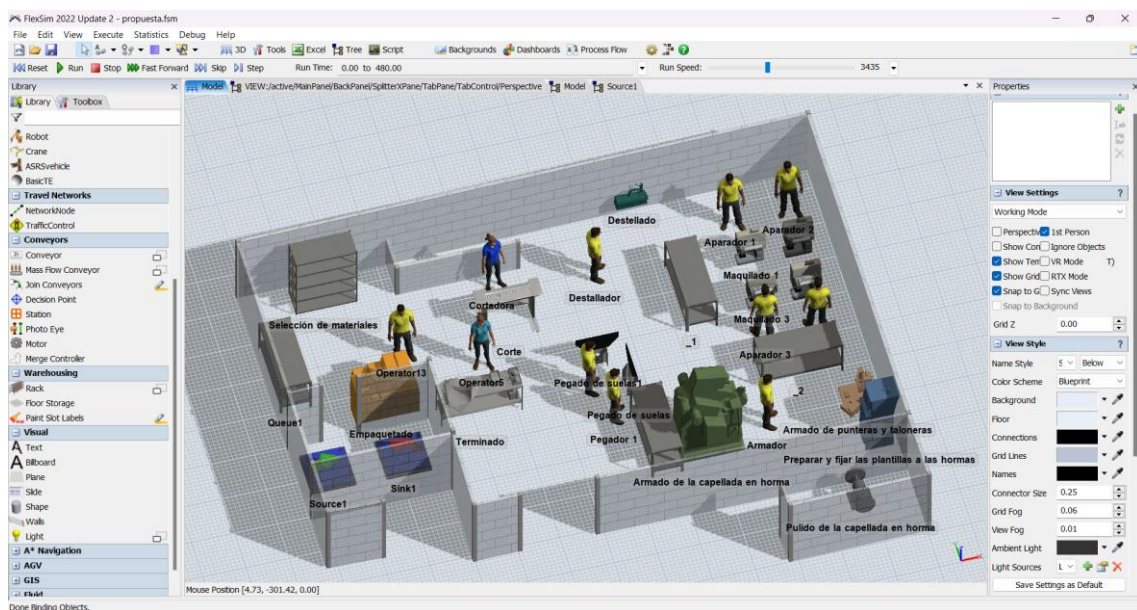


Imagen 38. Modelado del entorno de producción en FlexSim

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Descripción de los objetos del modelo

- El Source 1 tiene un arribo instantáneo al momento de correr la simulación con 10 productos disponibles hacia el Queue de selección de materiales con su capacidad máxima de 20 unidades de materiales.

- El Queue (Selección de materiales) envía al puerto el primero disponible eso quiere decir que abastece al proceso de corte y luego al proceso de destallado.
- Los materiales procesados en el destallado pasan al (_1) Queue donde los materiales se separan a los procesos de maquilado 1, 2, 3 y 4, en esta estación existe el problema donde no se encuentran operativas 3 máquinas maquiladoras.
- Los materiales procesados en la estación de maquilado pasan al (_2) Queue y proceso de armado hasta llegar al (_3) Queue.
- En el (_3) Queue abastece al proceso de Pegado de plantas, donde se aumenta un segundo operario para lograr el balanceo de la línea, y así completar la producción con los consecutivos procesos hasta ser almacenados como se observa en la siguiente Imagen 39.

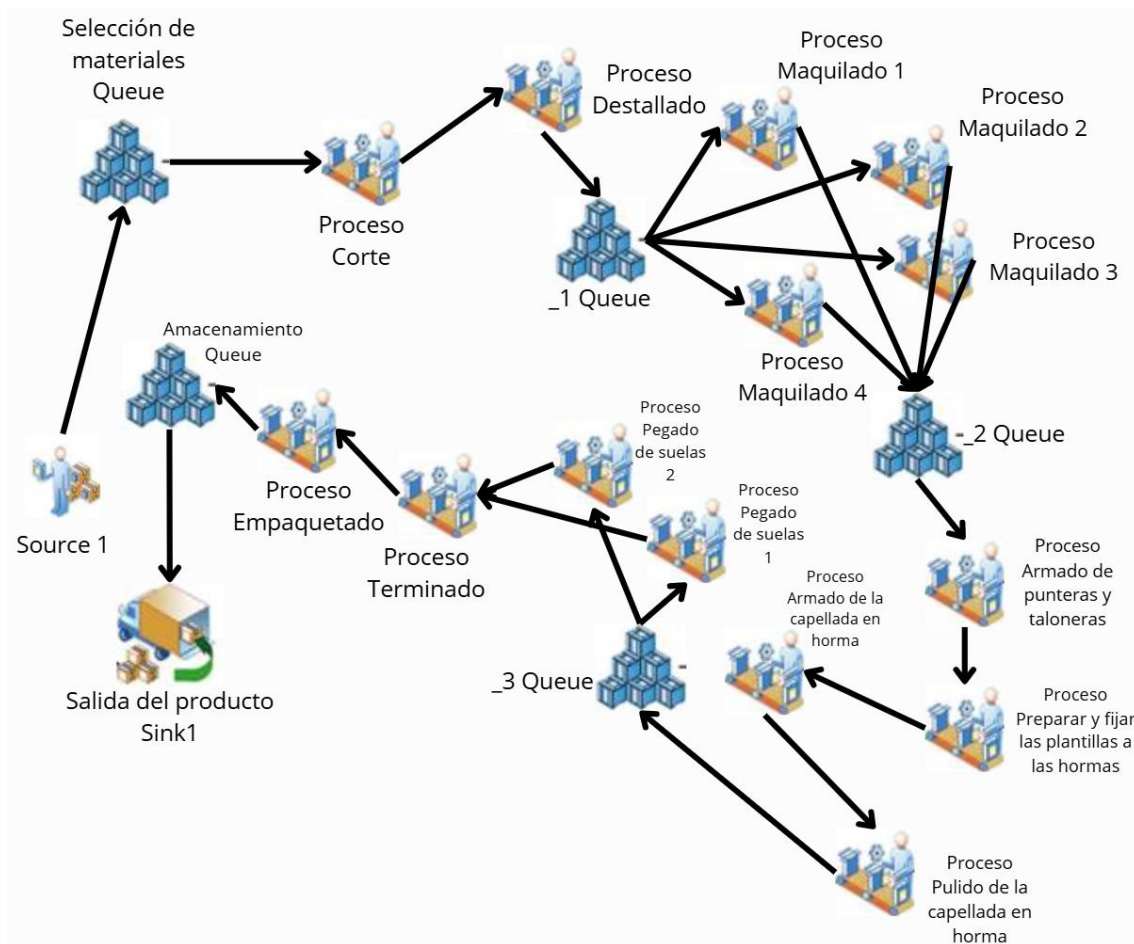


Imagen 39. Diagrama de flujo de producción del modelo simulado

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Construcción del modelo

Se crea una nueva hoja de trabajo basado en la distribución desarrollada propuesta y el balanceo de línea propuesta, se selecciona los recursos necesarios para representar el proceso de fabricación del modelo Ana arrastrándolos al área de trabajo, además cada recurso se cambió su modelo 3D siendo más fiel a la realidad de la fábrica como se observa en la Imagen 40. Los objetos necesarios para representar la propuesta son:

- 1 Source es el proveedor del producto hacia la línea de cola Queue (Selección de materiales).
- 5 Queue que son las líneas de cola que envían los materiales a los procesos.
- 14 procesos encargados de transformar la materia en el producto final.
- 1 Sink que representa la salida del producto.

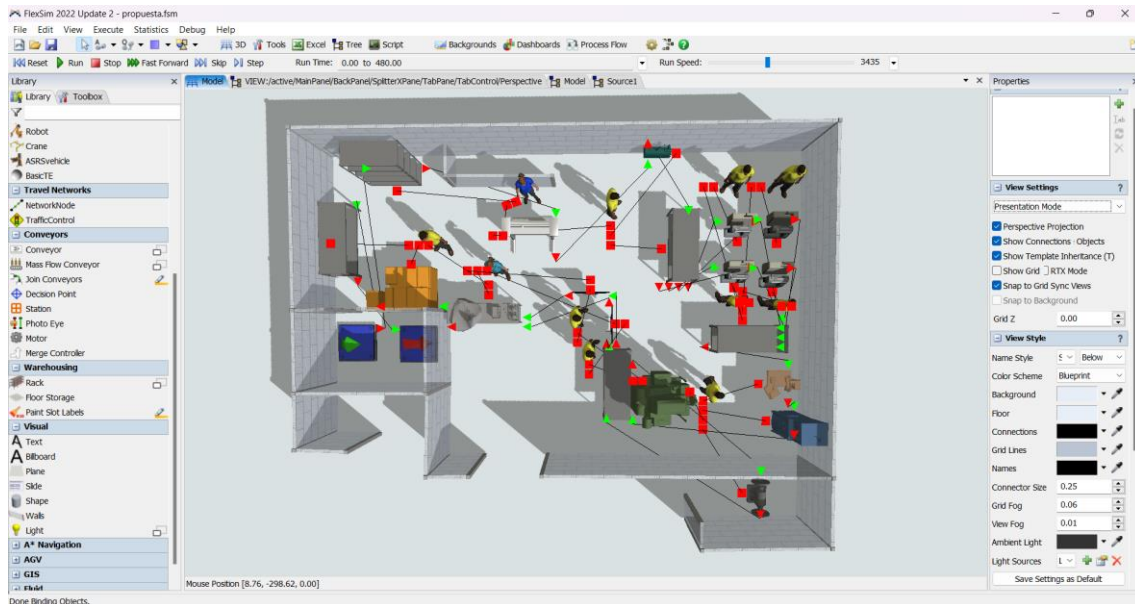


Imagen 40. Modelo final de la simulación propuesta

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Conexión de objetos

Utilizando la herramienta "Connect Objects" y "Connect Center Ports", se conectaron cada una de las estaciones del proceso de fabricación, estableciendo la secuencia completa del proceso, desde la selección de materiales hasta el almacenamiento del producto terminado. También se asignaron los operadores encargados de cada estación y del transporte entre ellas. Las interconexiones esta ejecutadas según el diagrama de flujo

mostrado en la Imagen 39. Las interconexiones que se mencionan están enlistadas en la siguiente Tabla 59.

Tabla 59. Conexión de elementos de la simulación propuesta

Actividad	Dependencia
Source 1	Queue (Selección de materiales)
Queue (Selección de materiales)	Proceso (Corte)
Proceso (Corte)	Proceso (Destallado)
Proceso (Destallado)	Queue (_1)
Queue (_1)	Proceso (Maquilado 1)
Queue (_1)	Proceso (Maquilado 2)
Queue (_1)	Proceso (Maquilado 3)
Queue (_1)	Proceso (Maquilado 4)
Proceso (Maquilado 1)	Queue (_2)
Proceso (Maquilado 2)	Queue (_2)
Proceso (Maquilado 3)	Queue (_2)
Proceso (Maquilado 4)	Queue (_2)
Queue (_2)	Proceso (Armado Punteras, Taloneras)
Proceso (Armado Punteras, Taloneras)	Proceso (Preparar plantillas en hormas)
Proceso (Preparar plantillas en hormas)	Proceso (Armado de capellada)
Proceso (Armado de capellada)	Proceso (Pulido)
Proceso (Pulido)	Queue (_3)
Queue (_3)	Proceso (Pegado de suelas 1)
Queue (_3)	Proceso (Pegado de suelas 2)
Proceso (Pegado de suelas 1)	Proceso (Terminado)
Proceso (Pegado de suelas 2)	Proceso (Terminado)
Proceso (Terminado)	Proceso (Empaquetado)
Proceso (Empaquetado)	Queue (Almacenamiento)
Queue (Almacenamiento)	Sink 1 (Salida del producto)

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Configuración de parámetros de los objetos

La configuración de parámetros del Source, Tiene un arribo secuencial de 10 unidades de material que abastecen al Queue principal al inicio de la simulación como se muestra en la Imagen 41.

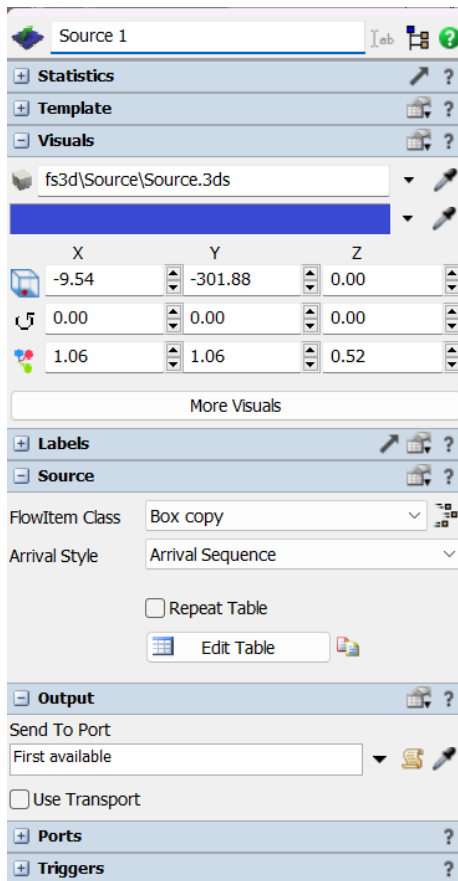


Imagen 41. Configuración de los parámetros del Source 1

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La configuración de los Queue o línea de cola, las cuales tiene como parámetro de una capacidad máxima de 20 unidades de materiales cada una para 21 pares modelo Ana, se ubican los artículos en pila dentro del Queue, y con envío al puerto que este primero disponible, además habilitado el uso de transporte en este caso el operador designado para cada estación respectivamente como se muestra Imagen 42.

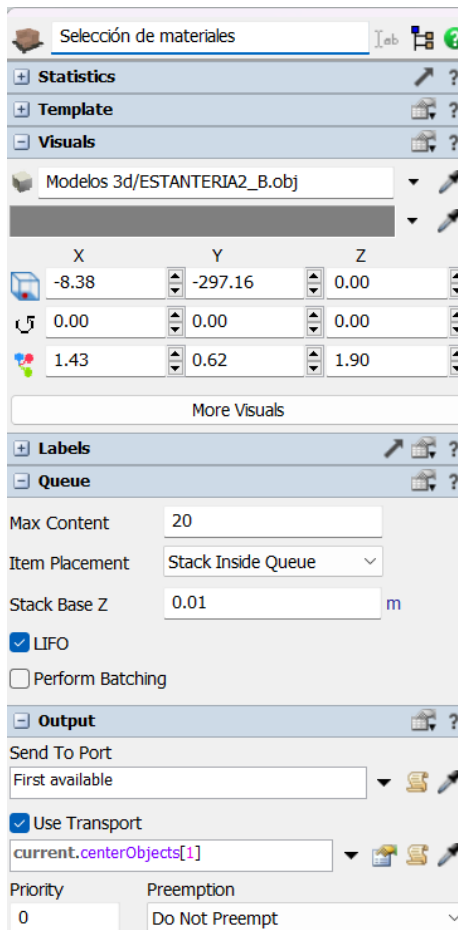


Imagen 42. Configuración de los parámetros de los Queues

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Configuración de los procesadores, cada proceso tiene una capacidad máxima de 1 lote, se incluyeron los tiempos estimados de cada estación, los cuales se detallan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Y habilitada la opción de que cada proceso necesita que la ejecute el operador designado, con envío al puerto que este primero disponible y con uso de transporte al mismo operador designado.

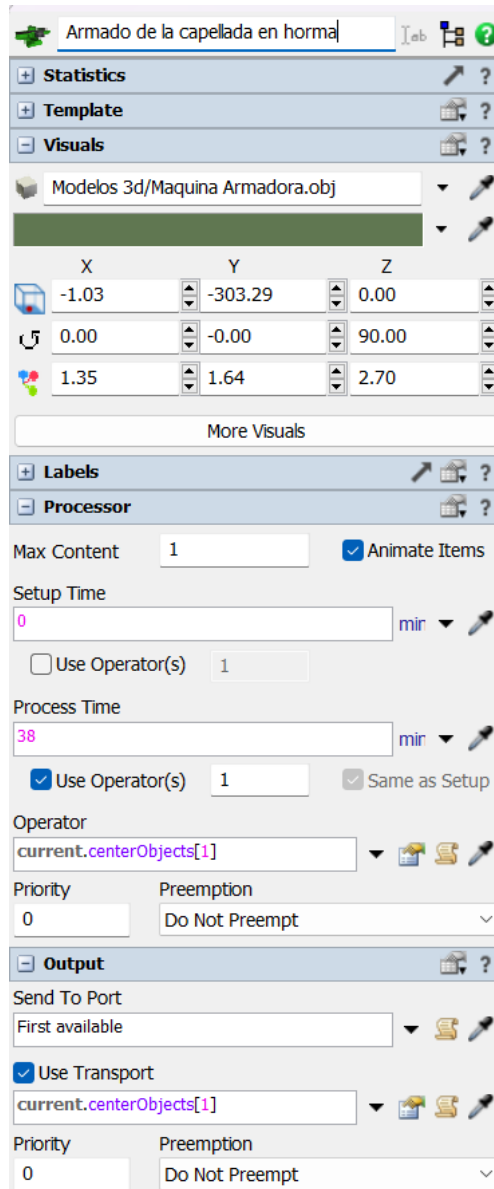


Imagen 43. Configuración de los parámetros de los procesadores.

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Configuración del Sink 1 (Salida del producto), donde se envía el producto terminado después de pasar por cada proceso a haber aprobado las inspecciones correspondientes.

Ejecución de la simulación

Para ejecutar la simulación se determinó el tiempo 480 min lo que es el tiempo de un día de trabajo normal, para poner iniciar y que todos los ajustes y configuraciones se establezcan se da clic en reset y run, puede observarse como cumple cada operario y proceso con sus tareas, además del flujo del proceso y el recorrido del producto fabricado.

Se ejecutó la simulación del proceso de fabricación del calzado Ana, como se ilustra en la Imagen 44. En este proceso, se logró reducir el recorrido total, lo que resultó en un flujo de trabajo más secuencial. El software resalta las maquinarias de armado en rectángulos amarillos, lo que indica posibles cuellos de botella en el proceso. Esta visualización permite identificar de manera clara los puntos críticos del flujo de trabajo, facilitando la toma de decisiones para futuras mejoras en el proceso de fabricación.

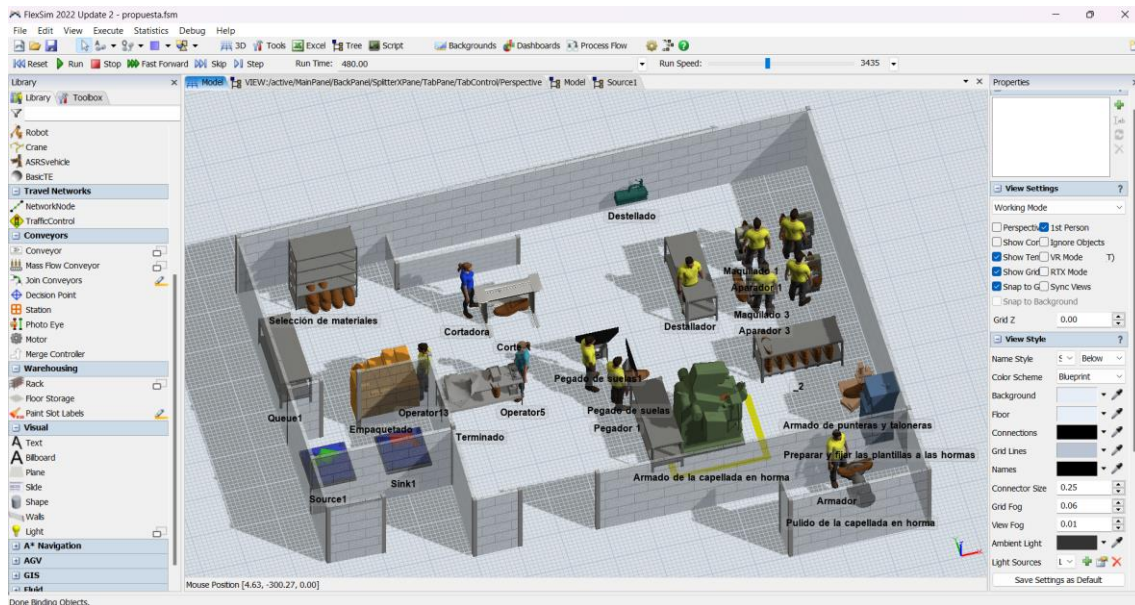


Imagen 44. Ejecución de la simulación en FlexSim

Análisis de resultados de la simulación

En el siguiente diagrama de Gantt, Imagen 45 se puede observar la aplicación de las propuestas anteriormente mencionadas, como la redistribución de la planta y el balanceo de línea con 11 operarios, la simulación presentan un mejor aprovechamiento del tiempo. El color naranja representa el tiempo en el que cada estación se mantiene productiva, mientras que el azul oscuro indica los tiempos muertos o no productivos, los cuales se han reducido significativamente en las estaciones optimizadas. Además, se evidencia un proceso de fabricación más secuencial. Sin embargo, se identifica que la estación de armado, compuesta por cuatro maquinarias, presenta el mayor tiempo de espera por un operador.

Con esta simulación de la propuesta se puede producir hasta 4 lotes en una producción continua en un día laborable.

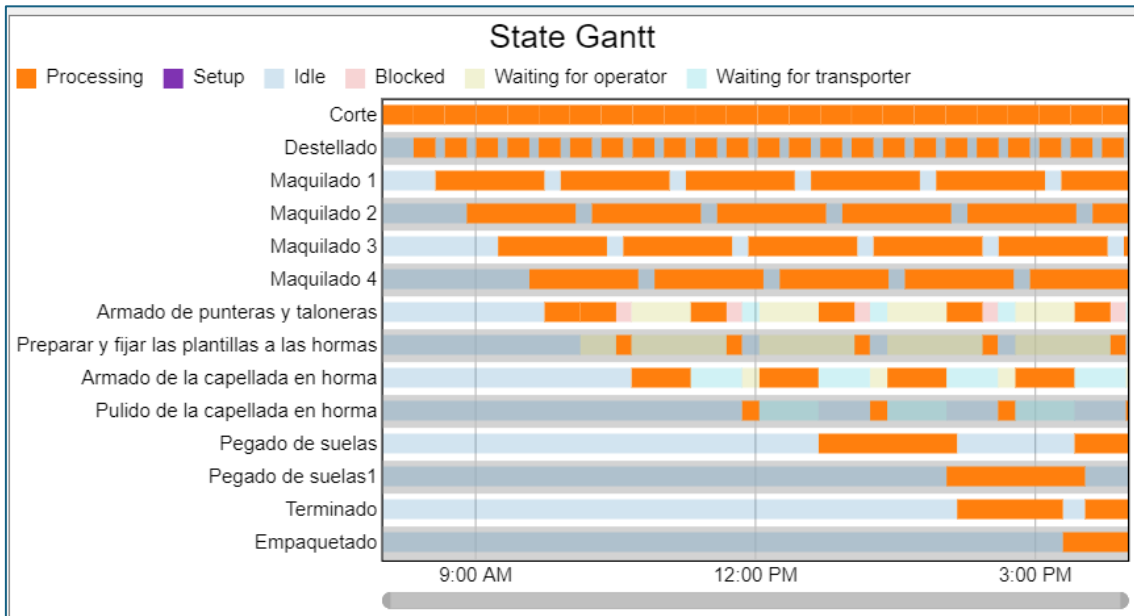


Imagen 45. Análisis de resultados simulados aplicando las propuestas en FlexSim

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

La simulación de la situación actual como se muestra en el Anexo 1, representada los resultados en la Imagen 46, muestra un escenario en el que se dispone únicamente de una máquina para el maquilado y un solo puesto para el pegado de suelas, con un total de siete operarios, uno asignado a cada proceso. En esta simulación se evidencia que los procesos de maquilado y pegado de suelas presentan una alta carga de trabajo continua, sin pausas, lo que genera cuellos de botella y limita la producción a un solo lote.

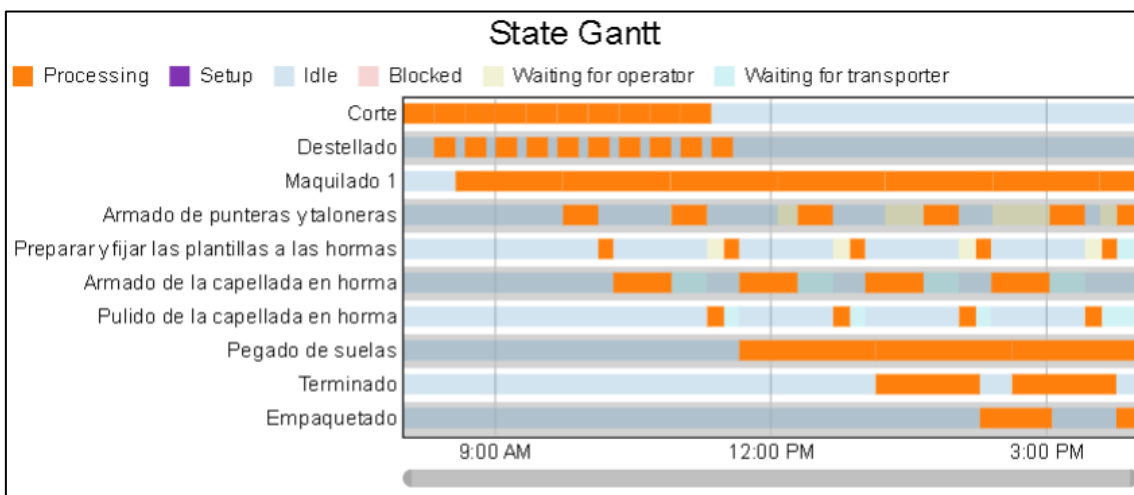


Imagen 46. Análisis de resultados simulados en la situación actual en FlexSim

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Resultados esperados:

La implementación de las mejoras mencionadas en la propuesta se puede esperar los siguientes resultados que demuestran la mejora del proceso resumidas en la siguiente Tabla 60.

Tabla 60. Comparativo de la situación actual vs la propuesta de los resultados esperados

Propuesta	Resultado Esperado	Datos actuales
Reducción del tiempo de producción	Aumento de la productividad de la capacidad de fabricar a 18% de un par por minuto, al producir 84 pares en 452 minutos.	Productividad de la capacidad de fabricar es de 3% pares por minuto y de un lote de 21 pares en 713 min.
Balanceo de operarios en la línea de producción	Incremento de la capacidad de producción es de 36% de un lote por operario por jornada laboral, representa un aumentando del 22% respecto a la productividad actual con la utilización de 11 operarios.	La capacidad de producción es de 14% de un lote por operario, utilizando 7 operarios.
Mejora en la distribución de maquinarias	Reducción del recorrido del proceso a 17,5 metros, disminuyendo un 41,94% los desplazamientos y facilitando el trabajo de los operarios.	El recorrido actual en el proceso de fabricación es de 31 metros.
Implementación de orden y clasificación en bodega (5S)	Reducción del tiempo de tareas en bodega a 5 minutos, lo que representa una disminución del 41,18% en el tiempo empleado.	Área de bodega desordenada y no clasificada, tareas que se realizan en esta área alcanzan los 8,5 minutos.
Simulación 3D del proceso con FlexSim	Validación de la capacidad de producir 4 lotes Visualización del flujo de trabajo y detección de cuellos de botella, facilitando la toma de decisiones y posibles mejoras en el proceso productivo. Como se muestra en la Imagen 48.	Visualización de cuellos de botella, recorrido extensos, capacidad de producción reducida como se muestra en la Imagen 47.

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

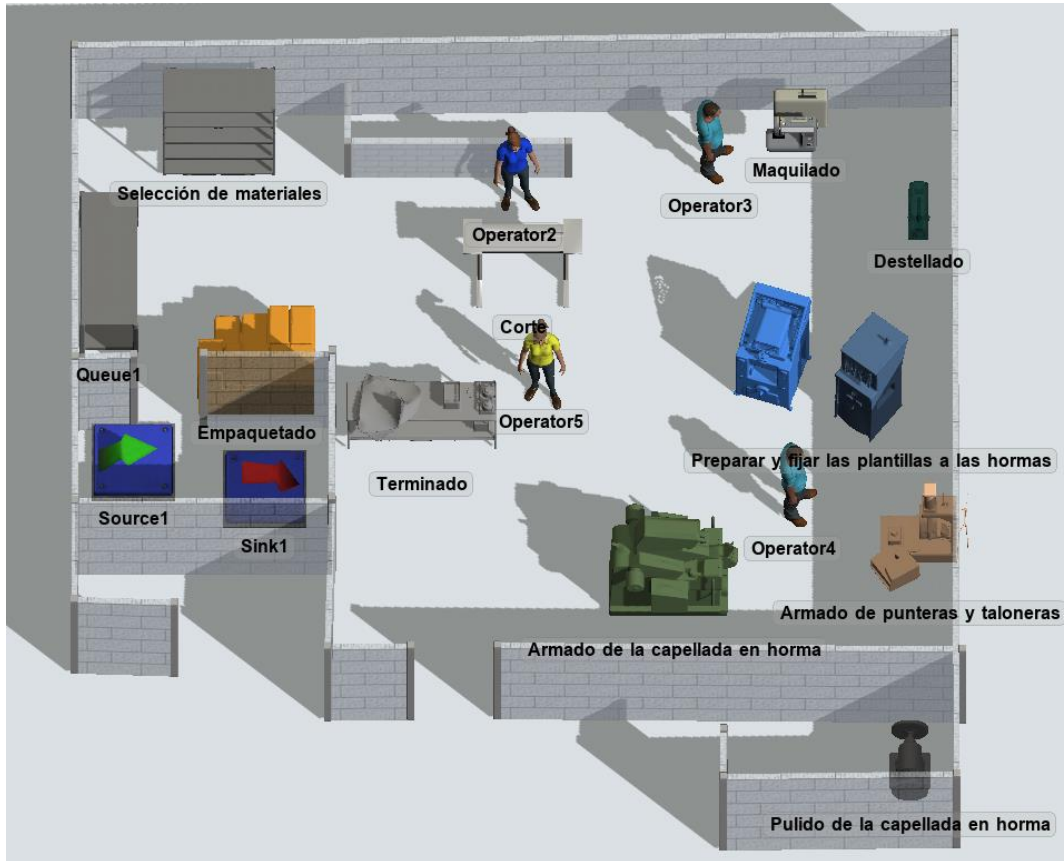


Imagen 47. Simulación de la situación actual

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

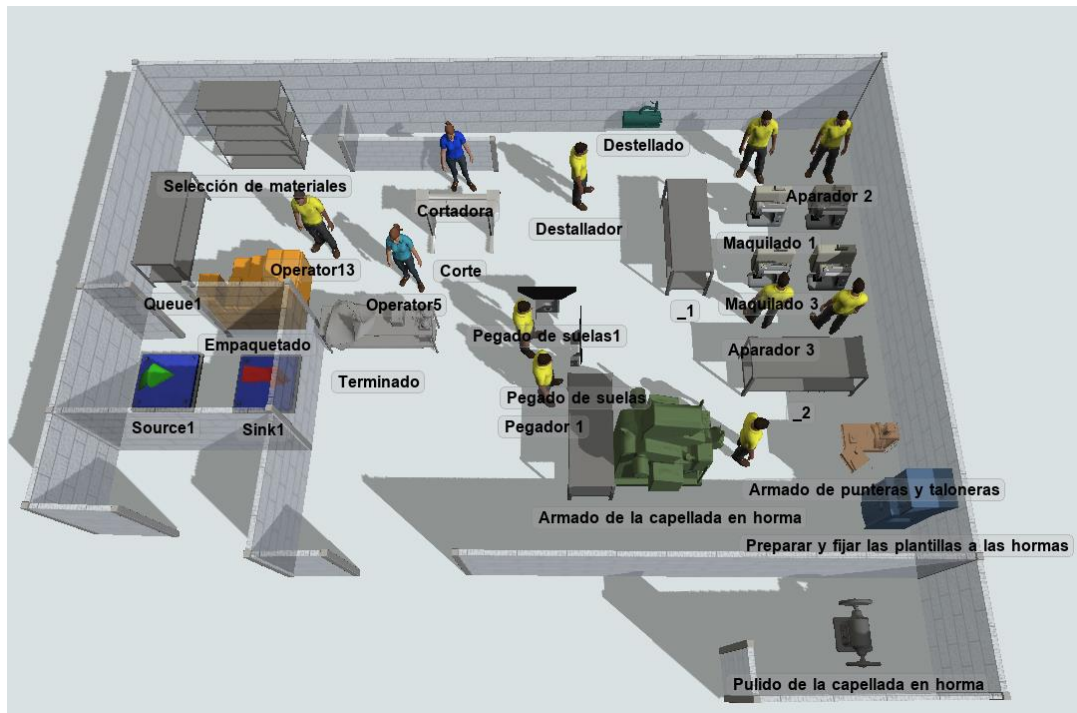


Imagen 48. Simulación de las propuestas mencionadas

Tabla 61. Comparación de tiempos actuales y propuestos del proceso de fabricación

Proceso	Operaciones	Tiempos actuales (min)	Tiempos propuestos (min)
Cortado	1. Comprobar y buscar materiales de las especificaciones técnicas de la producción	4,25	2,5
	2. Seleccionar moldes correspondientes y materiales para el cortado	4,25	2,6
	3. Transporte al cortado	1,66	1,7
	4. Cortar las piezas	30	30,8
	5. Clasificar las piezas que conforman el modelo	7,34	7,6
	6. Transporte al destallado	2,07	2,4
Destallado	7. Destallar de las piezas cortadas	14,5	16,7
	8. Transporte al Maquilado	0,83	0,6
Aparado	9. Maquilar las piezas cortadas	260	56,2
	10. Inspeccionar las piezas maquiladas	12,17	12,7
	11. Transporte a maquinarias de armado de punteras y taloneras	7,5	1,3
Armado	12. Armar punteras y taloneras	23,5	26,8
	13. Transporte a maquinarias para preparación de hormas	1,25	0,5
	14. Parear de hormas de acuerdo con la numeración	1,75	1,7
	15. Esperar que el horno esté listo	2	2,1
	16. Preparar y fijar con las plantillas de las hormas	10	9,8
	17. Transporte a máquina para montar	1,66	1,3
	18. Montar el corte maquilado en la horma	38,34	45,0
	19. Transporte a la estación de pulido	3,33	2,3
	20. Pulir sobrantes de la capellada	11,67	13,1
	21. Transporte a la estación de pegado de suelas	4,16	3,6
Pegado	22. Esperar preparación del adherente en la suela	20	22,0
	23. Pegar la suela al zapato	100	23,7
	24. Fijar las suelas en la prensa al vacío	20	23,8
	25. Desmontar los zapatos de la horma	16,84	18,4
	26. Transportar a estación de terminado	1,66	1,3
Terminado	27. Inspección de fallas en las piezas	16,34	19,7
	28. Limpiar restantes de goma del zapato	40	44,0
	29. Preparar y colocar plantillas de terminado	10	9,9
	30. Transportar a estación de almacenamiento	1,25	1,2
Empacado	31. Ensamblar cajas	20	21,1
	32. Empaquetar el zapato	20	21,0
	33. Almacenar el producto terminado	4,75	5,2693
Total		713,07	452,4

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Cronograma de actividades

El cursograma de actividades fue elaborado para la implementación del método propuesto, con un inicio programado en marzo y finalización en junio. Este cronograma se basa en el plan de acción que se muestra en la Tabla 33, distribuidas de manera estratégica a lo largo del período establecido como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62. Cronograma de actividades

Acción	Observaciones Cómo? Dónde?	Responsable	Inicio Cuándo?	Semanas
Simulación de las acciones de la mejora	Utilización del software FlexSim	Supervisor de producción	3/3/2025	1
Mejora del recorrido del proceso	Redistribución del área de producción según medidas de maquinarias	Supervisor de producción	3/5/2025	2
Codificación de la ubicación de los materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Supervisor de producción	10/5/2025	3
Ordenar y limpiar materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Supervisor de producción	17/5/2025	2
Poner operativas las 3 máquinas de aparado	Contratando mantenimiento	Gerente	24/5/2025	3
Contratar operarios	Balanceo de la línea de producción	Gerente	7/6/2025	3

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Seguimiento

Según la Tabla 62, la acción que ya ha sido ejecutada es la simulación de las propuestas, cuyo costo de implementación ya fue cubierto. Por otro lado, las acciones que aún están pendientes de implementación, pero que ya fueron desarrolladas, incluyen: la mejora del recorrido del proceso, para la cual se ha realizado la planificación y el rediseño del nuevo trayecto; y la codificación y ordenamiento de materiales, donde ya se definieron los códigos correspondientes y se diseñaron las estanterías destinadas a su ubicación.

Análisis de costos

Costos para la aplicación de la propuesta planificados

Según la planificación para aplicar la propuesta se estimaron los costos realizando una investigación de los precios actuales con una inversión total planificada de 1386 dólares como se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63. Costos para la aplicación de la propuesta

Acción	Costos USD
Mejora del recorrido del proceso	500
Codificación de la ubicación de los materiales de bodega	186
Ordenar y limpiar materiales de bodega	180
Poner operativas las 3 máquinas de aparado	120
Contratar operarios	400

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Cronograma valorado de componentes y actividades

El diagrama de Gantt como se muestra en el Gráfico 16 fue utilizado para mejorar la comprensión y facilitar una visualización estructurada del cronograma de actividades. Esta representación permite identificar claramente la duración en semanas de cada actividad y el costo planificado de cada uno con un total de inversión de \$1386 y 8 semanas para la implementación. Además, se agregó el costo por la simulación de las acciones de mejora que tiene un costo de 230 dólares, un costo que no pertenece a la planificación, el diagrama proporciona un mecanismo de control y seguimiento sobre el avance del proyecto, permitiendo realizar ajustes cuando sea necesario y asegurando que las actividades se ejecuten dentro del tiempo establecido.

Se recopilieron datos de costos para la implementación del método propuesto, incluyendo la actividad y su costo total. Permitiendo un análisis detallado de los recursos financieros requeridos y facilitando la toma de decisiones sobre la viabilidad económica del proyecto.

#	Fecha	Tema (Causa Raíz) Por qué?	Acción	Observaciones Cómo? Dónde?	Indicador	Medio de verificación	Detalles del gasto	Inicio Cuándo?	Fin Cuándo?	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	5/1/2025	Demostración de la propuesta	Simulación de las acciones de la mejora	Utilización del software FlexSim	Tiempo simulado vs. tiempo real en proceso actual.	Reporte de simulación con gráficos de FlexSim	Licencia de uso de FlexSim o laboratorio	3/3/2025	10/3/2025	230							
2	16/12/2024	No se ha realizado una redistribución del espacio en la fábrica	Mejora del recorrido del proceso	Redistribución del área de producción según medidas de	Indicador 1= tiempo real/tiempo programado Análisis de la distancia recorrida por el operario	Diagrama de recorrido antes y después.	Mano de obra especializada, uso de grúa, materiales auxiliares, supervisión y control de	3/5/2025	17/5/2025		\$500						
3	17/12/2024	Falta de etiquetado de la ubicación de los materiales de bodega	Codificación de la ubicación de los materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Indicador de codificación=Numero de ítems codificados/ número totales de ítems	Registro de codificación en planilla	Compra de etiquetas y materiales de señalización	10/5/2025	31/5/2025				\$186				
4	18/12/2024	No se ha implementado orden en bodega	Ordenar y limpiar materiales de bodega	Aplicando metodología 5s	Nivel de cumplimiento de las 5S (% de áreas organizadas y limpias)	Lista de verificación 5S con fotos antes y después	Insumos de limpieza y señalización	17/5/2025	31/5/2025				\$180				
5	19/12/2024	No se ha realizado mantenimiento en las máquinas de aparado	Poner operativas las 3 máquinas de aparado	Contratando mantenimiento	Porcentaje de disponibilidad de máquinas (máquinas operativas / total máquinas)	Informe técnico de mantenimiento realizado	Pago por servicio técnico	24/5/2025	14/6/2025					\$120			
6	20/12/2024	No se ha contratado personal adicional para pegado	Contratar operarios	Balanceo de la línea de producción	Número de operarios contratados vs. número requerido según balanceo de línea	Contrato firmado y control de asistencia	Costos de producción (sueldos)	7/6/2025	28/6/2025								\$400

Gráfico 17. Diagrama de Gantt del cronograma de actividades

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Análisis Curva “S”

En el gráfico de la curva S, Gráfico 18 se observa la comparación entre los costos reales y los planificados, evidenciando que la inversión real supera a la planificada en 230 dólares en lo único que se ha invertido que es la simulación. Se estima que para el mes de junio se habrán completado todas las actividades, alcanzando un costo total de 1,616 dólares. Además, el gráfico permite visualizar con claridad la evolución de los costos acumulados en cada semana de la implementación, facilitando un seguimiento detallado del gasto a lo largo del tiempo y fortaleciendo el control financiero del proyecto. A partir de la semana 6, se nota un incremento en los costos reales, tendencia que continúa en las dos semanas siguientes.

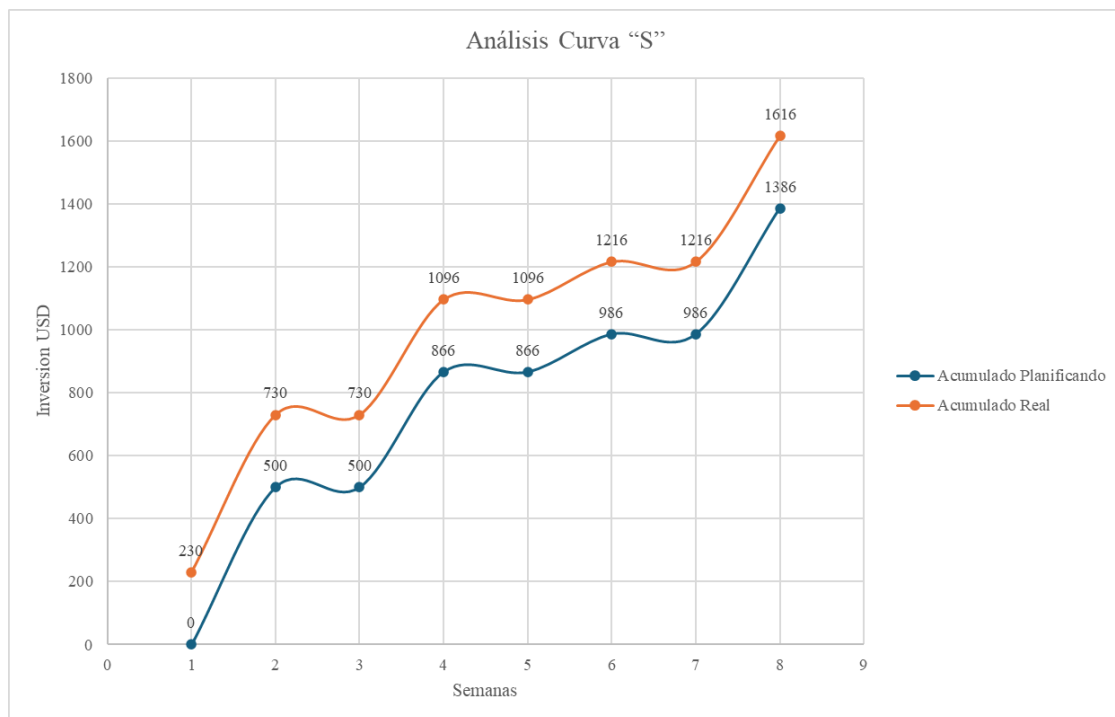


Gráfico 18. Análisis de la Curva “S”

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se realizó un análisis del estado actual del proceso de fabricación del calzado Ana de dama en la empresa Martini, identificando que la producción mensual presenta una media de 322 pares, con una variabilidad de ± 115 pares. El modelo Ana es un producto recientemente introducido, con un precio de venta de \$28 por par y un costo de elaboración de \$19,39. Su proceso de fabricación involucra a cuatro operarios: Cortador, Aparador, Armador y Terminador, y está compuesto por 10 tareas y 33 operaciones. Para la elaboración de un lote de 21 pares se requieren 713 minutos y un recorrido total de 31 metros. A través del análisis de la ruta crítica se determinaron las operaciones que no forman parte de la misma, siendo estas Plantillar terminado y Preparar cajas. Finalmente, se calculó la productividad del proceso, obteniendo un valor del 0.03 par por minuto.
- Se propusieron cinco alternativas de mejora para el proceso de fabricación del calzado Ana de dama, enfocadas en su viabilidad y aplicabilidad futura. Las propuestas incluyen la redistribución del área de producción, que permitiría reducir el recorrido del proceso a 17,5 metros, lo que proyecta una disminución del 41,94 % en los desplazamientos; la codificación de la ubicación de los materiales en bodega mediante clasificación y diseño de estanterías codificadas, con lo cual se estima una reducción del tiempo de búsqueda y organización a 5 minutos, es decir, una disminución del 41,18 %. También se considera la habilitación de tres máquinas de aparado y la contratación de operarios

- adicionales. De implementarse estas mejoras, se espera alcanzar una productividad del 18 % de un par por minuto, lo que permitiría fabricar 84 pares en 452 minutos, equivalentes a cuatro lotes. Además, se proyecta un aumento de la capacidad de producción a un 36 % de un lote por operario por jornada laboral, lo que representaría una mejora del 22 % respecto a la productividad actual. Todas estas alternativas fueron evaluadas como factibles según el plan de acción diseñado.
- Se simuló el proceso de fabricación incorporando las estrategias de mejora en cada una de las etapas, reorganizando las estaciones de trabajo de forma consecutiva para evitar trayectos de retorno innecesarios y aumentando el número de operarios con el propósito de incrementar la producción. La simulación se desarrolló en FlexSim, empleando modelos 3D de la maquinaria y un entorno virtual que representó la distribución de la planta, lo que permitió validar la nueva disposición de las estaciones. Como resultado, se logró una reducción del 43,55 % en la distancia total recorrida. Asimismo, se simuló el flujo del proceso con un comportamiento más secuencial y se comparó con la situación actual, lo que permitió identificar los cuellos de botella y contrastar las mejoras obtenidas.

Recomendaciones:

- Incorporar herramientas o maquinaria adicional para optimizar actividades repetitivas o manuales, especialmente en las etapas de aparado y ensamblaje. Como acción concreta, se sugiere la adquisición de máquinas de costura automática y prensas neumáticas para el pegado de suelas, que reduzcan el esfuerzo físico de los operarios y aseguren una producción más uniforme. También se recomienda realizar un análisis de retorno de inversión (ROI) previo a la compra, para justificar económicamente su implementación. Esta incorporación permitiría disminuir los tiempos de ciclo, reducir la fatiga del personal y aumentar la capacidad de respuesta ante incrementos en la demanda.
- Implementar la metodología 5S en todas las áreas de la fábrica, empezando por la capacitación del personal en los cinco principios (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Sostener). Como acciones concretas, se puede elaborar un cronograma de implementación por áreas, señalar espacios de trabajo y almacenamiento, codificar herramientas y materiales por colores y categorías, y establecer auditorías internas mensuales para asegurar la continuidad del sistema.

Esta metodología permitirá reducir pérdidas de tiempo en la búsqueda de insumos, mejorar la seguridad laboral y mantener condiciones de trabajo que favorezcan la productividad y la calidad.

- Adoptar herramientas tecnológicas y software para la simulación y monitoreo de los procesos de producción en tiempo real. Se recomienda utilizar plataformas como FlexSim, MES (Manufacturing Execution System) o software de gestión visual que integren datos de producción, tiempos de operación y rendimiento de máquinas. Como acción inicial, se puede implementar un piloto en una línea de producción para evaluar su aplicabilidad, capacitar al personal en el uso del software y definir indicadores clave (KPIs) para hacer seguimiento de la mejora continua. Esta digitalización facilitará la identificación temprana de cuellos de botella, tiempos muertos o sobrecargas operativas, contribuyendo a una gestión más ágil y precisa del proceso productivo.
- Considerar la incorporación de herramientas o maquinaria adicional que optimice actividades repetitivas o manuales, especialmente en procesos como el armado y el ensamblaje. Esto permitiría reducir la carga operativa y mejorar los tiempos de producción sin afectar la calidad del producto.

Bibliografía

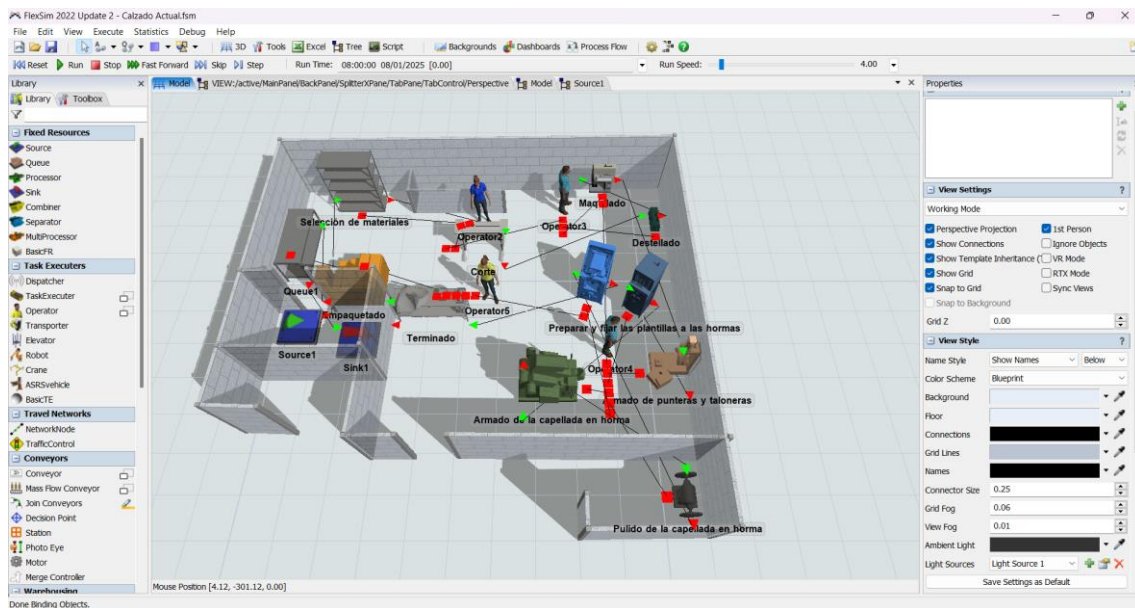
- Apiccaps. (2024). The World Footwear 2024 Yearbook. The World Footwear Yearbook 2024.
- Aponte, M. B. (2024). Propuesta arquitectónica del centro de diseño, producción y exposición de calzado en el cantón Cevallos. Universidad Técnica de Ambato.
- Arévalo, W. I. (2021). Análisis económico del cantón Cevallos del sector calzado de la provincia de Tungurahua del período 2017-2019.
- Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., & Román-Salinas, R. V. (2018). Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2), 97–104.
- El Comercio, F. (2019). El cantón Cevallos, en Tungurahua, bulle con la fabricación de calzado. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/cevallos-fabricacion-calzado-artesanal-economia.html>
- Escalante, A., & Gonzáles, J. (2015). *Ingeniería Industrial—Métodos Y Tiempos Con Manufactura Ágil* (1a ed.). Alfaomega.
- Freivalds, A., & Niebel, B. W. (2020). *Ingeniería Industrial De Niebel—Métodos, Estándares Y Diseño Del Trabajo* (13a ed.). McGraw-Hill.
- George, T. (2022, enero 27). Semi-Structured Interview | Definition, Guide & Examples. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/semi-structured-interview/>
- Gómez, I., & Brito, J. G. (2020). *Administración de Operaciones* (1a ed.). Universidad Internacional del Ecuador.
- Gómez, S. P., & Vicente, L. (2019). *Lean Manufacturing: Paso a paso*. Marge Books.
- Jiménez Martínez, J. (2020). *Estudio Del Proceso De Producción De Calzado En La Empresa Gamos De La Ciudad De Ambato Durante El Año 2019*. Universidad Tecnológica Indoamérica
- Marmolejo, I. (2016). *Un primer paso a la simulación con FlexSim*. FlexSim Iberia.

- Méndez, M. A. (2013). Análisis de la industria del calzado ecuatoriano y formulación de estrategias para su mejora continua. Universidad Espiritu Santo
- Nacevilla, C. J. (2020). Estudio del proceso de fabricación de calzado en la Empresa Ludwing Fer ubicada en la Ciudad de Ambato durante el año 2019. Universidad Tecnológica Indoamérica
- ONUDI. (2023). Informe sobre el desarrollo industrial 2024: Convertir los desafíos en soluciones sostenibles. <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2024-02/IDR24-Overview-SP.pdf>
- Peña-Orozco, D. L., & Jiménez-Gómez, J. L. (2019). Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: Caso de una línea de confección de prendas. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), 176–196.
- Peralta, J. L. (2015). Estudio del trabajo: Una nueva visión. Grupo Editorial Patria.
- Sánchez, L. F., Sanaguano Salguero, H. R., Abril Carvajal, L. M., & Guato Pozo, J. C. (2022). La industria del calzado y la formación dual en la provincia de Tungurahua. *VICTEC. Revista Académica y Científica*, 3(4), 49–61.
- Sulca, E. (2023). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de calzado masculino en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
- Tejero, J. (2021). Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitario y sociosanitario (171a ed.). Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- TGR Studio. (2024). La industria del calzado avanza con el uso de materiales alternativos—Brazilian Footwear. <https://www.brazilianfootwear.com/index.php/news/la-industria-del-calzado-avanza-con-el-uso-de-materiales-alternativos>
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons.
- Trávez, L. M. (2021). Estandarización del proceso productivo de La Empresa Taller Artesanal terminado en cuero América de la Ciudad de Ambato en el año 2019. Universidad Tecnológica Indoamérica

Vásquez, G. (2021). Proceso Administrativo: Factor Determinante En El Desarrollo Organizacional De Las Mipymes.
<https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/download/2249/2456>

Anexos

Simulación 3D de la fábrica de Calzado Martini en la actualidad tanto el proceso y la digitalización del área.



Anexo 1. Simulación 3D del proceso de fabricación - situación actual

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Ambato, 02 de septiembre del 2024

Señor:

Ph.D Cristian Medina

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍAS – UTI

Presente. –

De mi consideración:

En referencia a la petición directa realizada el 29 de agosto del 2024 por el estudiante **Anthony Javier Campaña Guevara**, quien está cursando la carrera de Ingeniería Industrial, me dirijo a usted para informar que ha sido aceptado para realizar su trabajo de titulación en esta empresa.

- Proveer de los recursos necesarios al estudiante para el desarrollo de su trabajo de titulación.
- Brindar las facilidades del caso para el estudiante pueda recolectar o tomar datos suficientes y necesarios para el desarrollo de su trabajo de titulación.
- El estudiante se compromete a entregar el documento con la propuesta realizada y desarrollada para la empresa.

Nombre del estudiante	Anthony Javier Campaña Guevara
Cédula de identidad	1850042191
Teléfono	0987713366
Correo electrónico	acampana4@indoamerica.edu.ec
Tema propuesto	MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA CALZADO MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024.
Fecha de inicio	09 de septiembre del 2024

Atentamente,


Gerente Calzado Martini
Edwin Vinicio Leon Sanchez
1600255259



Anexo 2. Carta de aceptación de la empresa Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña

Carta de conformidad

Ambato, 5 de abril de 2025

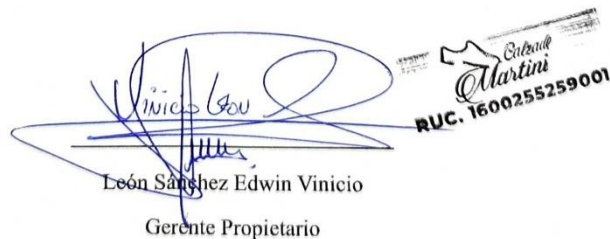
Yo, León Sánchez Edwin Vinicio, portador de la cédula de identidad 1600255259, en calidad de Gerente Propietario de la empresa "Calzado Martini", certifico que el Sr. Campaña Guevara Anthony Javier con cédula de identidad 1850042191, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica, realizó su trabajo de titulación con el tema:

"MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO DE DAMA EN LA EMPRESA MARTINI DE LA CIUDAD CEVALLOS DURANTE EL AÑO 2024"

Habiendo revisado la estructura de su trabajo, puedo afirmar que la propuesta servirá para incrementar la productividad, reduciendo distancias de transportes y balanceado la línea de producción en el proceso de fabricación Ana.

Por lo tanto, puedo certificar que el Sr. Campaña Guevara Anthony Javier ha demostrado responsabilidad, compromiso y un alto nivel de competencia en la ejecución de este Proyecto, cumpliendo con los objetivos planteados desde un inicio.

Atentamente,



León Sánchez Edwin Vinicio
Gerente Propietario

Anexo 3. Carta de conformidad de la empresa Calzado Martini

Elaborado por: Anthony Javier Campaña