

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE
LEAN MANUFACTURING EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE CALZADO
CONVENCIONAL EN LA EMPRESA CROYDON COLOMBIA S.A.**

**LIZETH XIMENA CAÑÓN BAUTISTA
INGENIERA QUÍMICA**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD**

**ORIENTADOR:
GUSTAVO ADOLFO SALAS OROZCO
INGENIERO INDUSTRIAL**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD
BOGOTÁ D.C.**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Maestría

Firma del calificador

Bogotá D. C., mayo de 2021

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector de Desarrollo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Director Departamento Industrial

Dr. Julio Aníbal Moreno Galindo

DEDICATORIA

A Dios por permitirme enriquecer mis conocimientos y alcanzar esta meta tan anhelada por medio de mi trabajo y mi esfuerzo.

A mi madre, quien es una guerrera, por su amor y motivación para llevar a cabo este proyecto.

A mi abuelita y a mi tío Eduardo Bautista Vargas, por estar siempre presentes y quienes van a recibir por sorpresa este nuevo logro profesional, como símbolo de mi agradecimiento por su bondad y compañía.

A mi abuelito y padre quien me dejó una lección de trabajo y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi inspiración, por sus bendiciones, por ser mi guía, por brindarme la inteligencia y la sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi madre, por ser mi compañía, por ser quien ve mi esfuerzo y quien celebra mis triunfos con orgullo.

A mis abuelitos, por ser ese soporte firme y ejemplo de valentía.

A CROYDON COLOMBIA S.A. por la oportunidad de llevar a cabo este proyecto en su organización, en especial al Ing. Carlos Quintero y al Ing. Oscar Arias, quienes me orientaron de principio a fin en este proyecto.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 Productividad	18
1.2 Factores que afectan la productividad de una empresa	21
<i>1.2.1 Sistemas de medición de tiempos</i>	22
<i>1.2.2 Control de la productividad</i>	23
<i>1.2.3 Productividad en procesos de manufactura</i>	24
<i>1.2.4 Innovación y Productividad: Modelo CDM (Crépon, Duguet y Mairesse)</i>	31
1.3 Medición de la Productividad	31
<i>1.3.1 Método de Sumanth</i>	31
1.4 Mejora continua	33
<i>1.4.1 Objetivos de la mejora continua</i>	35
<i>1.4.2 Esquema de la mejora continua</i>	36
1.5 Lean Manufacturing	39
<i>1.5.1 VSM (Value Stream Mapping)</i>	40
1.5.2 SMED (Single Minute Exchange of Die)	41
<i>1.5.3 TPM (Total Member Participation)</i>	42
<i>1.5.4 Kanban</i>	42
<i>1.5.5 Quality Function Deployment (Qfd)</i>	44
<i>1.5.6 Poka Yoke</i>	45
1.6 Investigación del sector de calzado en Colombia	48
1.7 Antecedentes	56

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE CALZADO CONVENCIONAL	59
2.1 Caracterización del proceso y sus variables	59
2.1.1 Descripción general del proceso	59
2.1.2 Value Stream Mapping (VSM) del proceso	65
2.2 Identificación de las posibles mejoras del proceso	66
2.2.1 Observación directa	66
2.2.2 Análisis del proceso por medio de la herramienta de calidad: Ishikawa teniendo en cuenta la metodología 8m's	69
2.2.3 Reconocimiento de los puntos críticos de común acuerdo con los líderes del proceso	71
2.3 Medición de la productividad	71
2.3.1 Productividad total	71
3. ESTABLECIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	76
3.1 Identificación de las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso	76
3.2 Priorización de las mejoras por medio de un análisis de Pareto	80
3.3 Establecimiento de planes de acción por cada actividad a mejorar	83
4. APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	89
4.1 Establecimiento del Equipo Kaizen	89
4.1.1 Conformación.	89
4.1.2 Reuniones	89
4.1.3 Metodología	90
4.1.4 Incentivos	91
4.2 Automatización o semiautomatización de la operación de calzar corte	92
4.3 Evaluación de nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte, y modificación del mecanismo de aplicación del adhesivo en el corte	93
4.4 Eliminación de la cinta de amarre	98
4.5 Modificación del mecanismo de amarrar corte	114
4.6 Evaluación de nuevas mezclas en la aplicación del adhesivo en la segunda cinta	116
4.7 Sistema de control y corte de cintas sobrantes en crudo del zapato	128
4.7.1 Propuesta de almacenamiento de carros para encintar 50 pares	132
4.7.2 Propuesta de almacenamiento de carros para encintar 40 pares	133

4.7.3 <i>Propuesta de almacenamiento de carros similares a los existentes (50 pares)</i>	134
4.8 Sistema de gestión visual	136
4.9 Comprobación de las herramientas de mejora en el proceso a través de una prueba piloto	139
4.9.1 <i>Prueba piloto</i>	146
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO	148
5.1 Medición final de la productividad	148
5.1.1 <i>Productividad total</i>	148
5.1.2 <i>Productividades parciales</i>	149
5.2 Análisis comparativo de la productividad	152
6. CONCLUSIONES	162
BIBLIOGRAFIA	164
ANEXO	168

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. La productividad y sus componentes	299
Figura 2. Ciclo PHVA	36
Figura 3. Evolución de la Mejora Continua	36
Figura 4. Value Stream Mapping	361
Figura 5. Panel de Kanban	44
Figura 6. Adaptación actualizada de la Casa Toyota	47
Figura 7. Índice de Producción de Calzado	488
Figura 8. Variación de Producción, ventas y empleo en el 2017.....	51
Figura 9. Variación de Producción, ventas y empleo en el 2018	53
Figura 10. Variación de Producción, ventas y empleo en el 2019	55
Figura 11. Carro superior	61
Figura 12. Carro inferior	61
Figura 13. Diagrama de bloques	62
Figura 14. Diagrama general del proceso	63
Figura 15. Ubicación de personal en la línea productiva del estilo Discovery	64
Figura 16. Value Stream Mapping de calzado convencional	65
Figura 17. Diagrama de Ishikawa	70
Figura 18. Diagrama de Pareto	883
Figura 19. Máquina semiautomatizada con una pala para calzar corte	100
Figura 20. Prueba piloto sumergiendo los cortes en la mezcla alternativa # 1	95103
Figura 21. Bandeja, espuma y horma	104
Figura 22. Adhesivo propuesto coagulado a los 10 minutos	105
Figura 23. Actividad de cepillado de contorno y cementado de fondo sin filtración	97106
Figura 24. Pruebas de uso sin cinta de amarre para calzado sintético	1099
Figura 25. Pruebas de uso sin cinta de amarre para diferentes estilos	1000
Figura 26. Material elástico para sustituir los cordones de tela	11527
Figura 27. Alternativa de pines de Aluminio	116
Figura 28. Pruebas con rodillos de 9 pulgadas	12436

Figura 29. Prueba N.1 – Rodillo especial epóxico (resistente a epóxicos y adhesivos)	12537
Figura 30. Prueba N.2 – Rodillo epóxico acabado fino antigota	12638
Figura 31. Prueba N.3 – Rodillo en felpa acrílica y poliéster (23 horas después)	126
Figura 32. Prueba N.3 – Rodillo en felpa acrílica y poliéster (a diferentes tiempos)	12740
Figura 33. Carreto	12840
Figura 34. Desplazamiento de la cinta en el carreto	129
Figura 35. Zona lateral del carreto	129
Figura 36. Zona frontal del carreto	130
Figura 37. Área de los discos	132
Figura 38. Distribución de los carretos por carro	133
Figura 39. Almacenamiento de carretos para encintar 40 pares	1346
Figura 40. Distribución de carretos en el área de cauchos	135
Figura 41. Tablero de control de calidad	137
Figura 42. Tablero de control de devoluciones por calidad	137
Figura 43. Tablero digital propuesto	139

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factores que afectan la productividad de una empresa	21
Tabla 2. Modelo Integrado de Factores de la Productividad de la Empresa	24
Tabla 3. Empresas importadoras de calzado y puesto que ocupo Croydon en 2018	49
Tabla 4. Principales empresas exportadoras de calzado y marroquinería en Colombia	50
Tabla 5. Matriz de identificación de herramientas Lean	77
Tabla 6. Calificación de las oportunidades de mejora	80
Tabla 7. Matriz de Análisis Operacional	81
Tabla 8. Datos para el diagrama de Pareto	82
Tabla 9. Plan de acción por actividad a mejorar	84
Tabla 10. Datos sumergiendo los cortes en mezcla alternativa # 1	94
Tabla 11. Pruebas con los diferentes adhesivos	98
Tabla 12. Costos de los diferentes adhesivos	101
Tabla 13. Proporción de la mezcla propuesta	102
Tabla 14. Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 0,5% de componente B en componente A	103
Tabla 15. Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 1,0% de componente B en componente A	105
Tabla 16. Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 1,5% de componente B en componente A	107
Tabla 17. Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 2,0% de componente B en componente A	109
Tabla 18. Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 5.0% de componente B en componente A	111
Tabla 19. Prueba de adhesión de cinta a material sintético	113
Tabla 20. Costo del adhesivo # 2 y del adhesivo propuesto 75%-35%	114
Tabla 21. Adhesión de cinta a suela	117
Tabla 22. Adhesión de material sintético a cinta	118

Tabla 23. Adhesión de cinta a puntera mezcla 50%-50%; 70% - 30% y 80%-20%	119
Tabla 24. Adhesión cinta a corte, puntera a corte y cinta a suela	120
Tabla 25. Adhesión cinta a corte y adhesión cinta a suela	122
Tabla 26. Adhesión de material sintético con diferentes proporciones	123
Tabla 27. Capacidad del carrito	131
Tabla 28. Conformación del Equipo Kaizen	140
Tabla 29. Mejora en la actividad de calzar corte	141
Tabla 30. Mejora en la actividad del cepillado de contorno y fondo	142
Tabla 31. Eliminación de la cinta de amarre	142
Tabla 32. Mejora en la actividad de amarrar corte	144
Tabla 33. Reducción el tiempo de gelificación del adhesivo en la segunda cinta	145
Tabla 34. Sistema de control y corte de cintas sobrantes de la segunda cinta	146
Tabla 35. Prueba piloto para la validación de las mejoras	147
Tabla 36. Caracterización de insumos	153
Tabla 37. Aumento de la productividad	154
Tabla 38. Resultados de las mejoras	156

RESUMEN

La mejora continua es imprescindible en las diferentes industrias, las herramientas de Lean Manufacturing eliminan desperdicios, lo cual afecta positivamente la productividad de las organizaciones. Este proyecto evalúa el impacto de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa Croydon Colombia S.A., ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. Para evaluar el impacto de la aplicación de herramientas Lean en la empresa de calzado, se inicia con el diagnóstico del estado actual del proceso, caracterizando el proceso y sus variables, seguido del análisis del proceso por medio de la herramienta de calidad: Ishikawa teniendo en cuenta la metodología 8m's e identificando las posibles mejoras del proceso de calzado convencional por medio de la observación del autor, como también los puntos críticos de la operación establecidos con los líderes del proceso, midiendo la productividad actual del proceso. Una vez realizado el diagnóstico, se establecen las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso, a través de la clasificación de las oportunidades de mejora en la línea convencional por medio de la matriz de análisis operacional, la identificación de las herramientas Lean aplicables al proceso, la priorización de las mejoras por medio de un análisis de Pareto y el establecimiento de planes de acción por cada actividad a mejorar por medio de una matriz. De acuerdo con la matriz de análisis operacional las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso son: Kaizen PHVA GEMBA, Jidoka, SMED muda, Causa - Raíz, Muda, Gestión Visual. Con esto, se aplican las herramientas de acuerdo con las etapas del proceso a mejorar, se definen los parámetros para la validación de las herramientas y se realiza la prueba piloto. Se procede a medir la productividad final, comparando los índices de productividad antes y después de las estrategias aplicadas, con el fin de realizar el análisis comparativo de la productividad, y de esta forma evaluar el impacto de la aplicación de herramientas Lean en la productividad del proceso.

Palabras clave: Productividad, Mejora Continua, Lean Manufacturing, Desperdicios, Aprovechamiento, Desempeño.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto permite la evaluación de herramientas de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el proceso de calzado convencional en CROYDON COLOMBIA S.A., el sector de calzado para hacer frente a los principales problemas reportados en el último informe de la Asociación Colombiana de Industriales de Calzado, el Cuero y sus Manufacturas (ACICAM), como lo son principalmente la demanda, los costos financieros, la mano de obra y el sobre inventario (ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. , 2020).

Las variables a mejorar son: materiales, métodos, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición, moneda y mando, reduciendo los desperdicios, disminuyendo los costos de no calidad, y aumentando la rentabilidad como también la eficiencia del ciclo de proceso (PCE), optimización del proceso eliminando actividades sin valor agregado, recursos, desechos, tiempo de espera entre procesos, tiempo de entrega, y tiempo de manipulación de materiales, como se evidencia en una investigación de una empresa de calzado en Indonesia, donde se realizó la implementación de operaciones Lean, obteniendo como resultado la mejora del desempeño organizacional reduciendo la tasa de desabastecimiento y aumentando la rotación de operaciones (Bonny & Ratih, 2019, p. 13) y por lo tanto el incremento de la productividad, la mejora en la competitividad y la sostenibilidad de la empresa.

La productividad es uno de los principales determinantes relacionados con la competitividad de las organizaciones a nivel mundial. El aumento de la productividad genera ventajas en los costos y en la calidad, lo cual se constata en el un estudio realizado en una empresa de calzado en Etiopia, África, al desarrollar un método para mejorar la productividad, el modelo integro Lean Manufacturing (Eshetu, 2017, p. 5-84).

Por otra parte el aumento en la productividad genera un impacto positivo en cuanto a sostenibilidad, Prokopenko como se citó en Ramírez, (2018) establece que existe una estrecha relación entre la productividad y la sostenibilidad, puesto que la baja productividad produce más desperdicio, de modo que las mejoras en productividad son parte de una estrategia efectiva para

llegar a un desarrollo sostenible. Esta investigación trasciende en la sostenibilidad, (Ebrahim, et al., 2019) afirman que incluye tres pilares integrados: económico, ambiental y social. Por lo tanto, es importante para las empresas manufactureras reconocer los elementos de sostenibilidad en sus operaciones, (p.1), creando nuevos entornos donde las empresas sean más productivas y competitivas.

El trabajo de grado es coherente con el programa académico puesto que es una investigación aplicada en el ámbito de plan de mejora, debido a que el proyecto consta de diagnóstico de las oportunidades de mejora del proceso productivo específico, el establecimiento de las estrategias, la aplicación y la evaluación de las herramientas Lean aplicadas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el impacto de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa Croydon Colombia S.A.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar el estado del proceso de calzado convencional.
2. Establecer las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso.
3. Aplicar las herramientas de Lean Manufacturing.
4. Analizar los resultados de la productividad del proceso.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Productividad

Uno de los autores más relevantes en el tema de la productividad y que se va a tener como base para el desarrollo de este trabajo de investigación es Prokopenko (1989), quien define la productividad como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla, es decir el uso eficiente de recursos, tales como el trabajo, el capital, la tierra, los materiales, la energía y la información en la producción tanto de bienes como de servicios (p.19). Una mayor productividad es lograr de más con igual cantidad de recursos, o el aumento de producción en volumen y calidad con los mismos insumos, lo cual se representa en la siguiente ecuación (Prokopenko, 1989 p. 19)

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumo}$$

Al aumentar la velocidad sin disminuir el índice potencial o la vida técnica del equipo, si una velocidad mayor no varía las necesidades de mano de obra o produce más productos de los que se venden, existe alta productividad (Ohno, 1991).

Otros autores relevantes utilizan las siguientes definiciones (como se citó en Lacu. 2017):

- Para (Pritchard, (1990) la productividad organizacional se reconoce como la medida más significativa para establecer como de bien están siendo utilizados los factores de producción de un país, industria o unidad empresarial.
- Mercado (2018) define la productividad o desempeño empresarial como el producto final del esfuerzo y combinación de todos los recursos humanos, materiales y financieros que integran una empresa.

- Según Prokopenko (1989), la productividad organizacional es el punto en el que los conocimientos técnicos, los intereses humanos, la tecnología, la gestión y el medio ambiente social y empresarial convergen.
- Fernández, (2018) dice que: “La productividad es la capacidad de lograr objetivos y de generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano, físico y financiero en beneficio de todos, al permitir a las personas desarrollar su potencial y obtener a cambio un mejor nivel en su calidad de vida”.

Para profundizar en el concepto de productividad se tienen en cuenta otros autores:

La productividad hace referencia a la mejora del proceso productivo, y la mejora es la comparación entre los recursos utilizados y los bienes y/o servicios producidos; por esta razón la productividad se define como el índice entre lo producido (salidas o producto) y los recursos utilizados para generar las entradas o insumos, concepto relacionado en la siguiente ecuación (Carro, R. y González, D., 2018):

$$Productividad = \frac{(Bienes\ y\ servicios)}{(Recursos\ requeridos)}$$

La productividad también se puede definir como una ratio o índice que mide la relación existente entre la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla. La formulación de la productividad se puede plantear básicamente como productividad total, productividad multifactorial y productividad parcial.

$$Productividad = \frac{Producción}{\# Factores}$$

- Productividad total: cociente entre la producción total y todos los factores empleados.
- Productividad multifactorial: relación entre la producción final con varios factores (donde los más comunes son trabajo y capital).

- Productividad parcial: cociente entre la producción final y un solo factor (Cruelles, 2012b, p. 20).

La productividad también se puede definir como la relación entre los resultados y el tiempo necesario para conseguirlo. El tiempo es un buen denominador debido a que es una medida universal. A menor tiempo de lograr un resultado deseado, mayor productividad en el sistema, ya sea de producción, económico o político. Por lo tanto, la productividad puede tener distintos significados para distintas personas, sin embargo, el concepto básico es la relación entre la cantidad y la calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para su producción (Prokopenko, 1989 p. 19).

Generalmente la productividad se mide por el cociente formado por los resultados obtenidos y los recursos utilizados. Los resultados obtenidos se pueden medir en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo empleado en el proceso (horas), maquinaria y equipos, etc. La medición de la productividad es la valoración adecuada de los recursos empleados para producir ciertos resultados (Gutiérrez, 2008).

La productividad tiene relación con la eficiencia, la cual mide la relación entre insumos y productos, buscando minimizar el coste de los recursos, lo que se logra con buena calidad (hacer bien las cosas). A su vez se interrelaciona con la eficacia, la cual es la capacidad para producir un efecto determinado. Por otra parte, la productividad de una empresa tiene relación con la competitividad, lo cual se debe a que, al aumentar la productividad de una empresa, está tendrá mayor competitividad dentro del sector al que pertenece al reducir los costos del producto o servicio (Cruelles, 2012b, p. 20).

Al ver la productividad a través de los componentes de eficiencia y eficacia, donde la eficiencia se relaciona con el resultado alcanzado y los recursos utilizados, es decir optimizar los recursos y evitar el desperdicio de recursos, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y el logro de los resultados planeados o esperados, lo cual implica utilizar los recursos para el logro de estos objetivos, entonces es importante tener claro que se puede ser

eficiente por prevenir los desperdicios y no ser eficaz debido a que no se estén alcanzando los objetivos propuestos. Adicionalmente, la efectividad es el cumplimiento de los dos componentes anteriores (Gutiérrez, 2008).

1.2 Factores que afectan la productividad de una empresa

Algunos factores que afectan la productividad de una empresa se pueden controlar, en los que la empresa debe actuar para lograr el incremento de su rentabilidad en determinado tiempo, otros por el contrario están fuera de control (Cruelles, 2012b, p. 21-22).

En la tabla 1 se listan los factores que influyen en la productividad, clasificados en los que la empresa puede controlar y los que no puede controlar.

Tabla 1.

Factores que afectan la productividad de una empresa

Factores que la empresa no controla	Factores que la empresa controla
Demandas	Terrenos y edificios
Cargas sociales	Materiales almacenados
Tipos de interés	Inversión en tecnología y maquinaria
Disponibilidad de materias primas	Mano de obra contratada
Disponibilidad de mano de obra calificada	
Normas legales y políticas	

Nota. Esta tabla muestra los factores que afectan la productividad de una empresa. Tomado de: Cruelles, J. (2012b). *Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2114/visor/30142#>.

El recurso más importante en una empresa es el hombre, es decir el factor mano de obra. Por esta razón es importante estudiar la actividad humana para definir patrones y estandarizar normas o procedimientos (Cruelles, 2012b, p. 22).

1.2.1 Sistemas de medición de tiempos

La productividad de una empresa se puede determinar teniendo en cuenta el tiempo total de ejecución, es decir el tiempo empleado para determinada cantidad de producto, este tiempo se compone por el tiempo estándar, el tiempo por bajo desempeño y el tiempo por fallos de gestión e incidencias (Cruelles, 2012b, p.23).

La medición de la mano de obra y el cálculo del tiempo estándar lo establece la OIT (Organización Internacional del Trabajo) por medio de la aplicación de técnicas, para así determinar el tiempo invertido de un trabajador cualificado para realizar una tarea específica, según una norma de ejecución preestablecida (Cruelles, 2012b, p.23).

Las técnicas de medición del trabajo son la estimación, los datos históricos, las tablas de datos normalizados, los sistemas de tiempos predeterminados (MTM), la medida de tiempo por muestreo y el sistema Bedaux (Cruelles, 2012b, p.23).

- **Estimación:** se realiza por medio de la observación directa de la tarea que es objeto de estudio.
- **Datos históricos:** es la determinación de los tiempos a partir de los datos obtenidos en trabajos similares, o ya sea por la comparación con tiempos conocidos, lo que hace posible una deducción a partir de los mismos. Esta técnica se emplea cuando los métodos son claros, el producto no varía, no hay cambios en la tecnología utilizada y se cuenta con una cantidad considerable de datos.
- **Tablas de datos normalizados:** técnica empleada utilizando tablas de datos creadas en la empresa, a partir de situaciones típicas recopiladas.
- **Sistemas de tiempos predeterminados (MTM):** esta técnica se limita a la observación de la ejecución de las operaciones, al registro de los gestos necesarios para realizarlos sin tomar tiempos. A partir de tablas donde se cuantifican el tiempo de ejecución de cada gesto, según su tipo y sus características, obteniendo los tiempos totales para cada operación compleja.

- **Medida de los tiempos por muestreo:** efectuar durante un periodo de tiempo determinado un gran número de observaciones instantáneas de elementos específicos de trabajo, en grupo o individualmente, con el fin de determinar el cumplimiento de cierta condición.
- **Sistema Bedaux:** es la división de las tareas que se ejecutan en una sección o puesto de trabajo según las operaciones. La toma de tiempos se realiza con cronómetro por cada operación, corrigiendo el tiempo obtenido de acuerdo con la actividad correspondiente.

El tiempo estándar, también llamado tiempo concedido se debe calcular incluyendo los tiempos de descanso legales, de tal forma que la duración de la jornada trabajada sea el tiempo de permanencia en la misma, es decir que no se reste el tiempo de descanso de la duración de la jornada (Cruelles, 2012b, p.23).

1.2.2 Control de la productividad

El control de la productividad consiste en la comparación entre el tiempo estándar de la operación (trabajo producido) y el tiempo real de ejecución (tiempo empleado), obteniendo información real acerca de las desviaciones que existen en la fábrica (Cruelles, 2012b, p.35).

En la mayoría de los casos la igualdad entre en tiempo estándar y el tiempo de ejecución no se cumple, la igualdad se observa en la siguiente ecuación (Cruelles, 2012b, p.35):

$$t \text{ real de ejecución} = t \text{ estándar} + t \text{ de incidencias} + \text{bajo desempeño}$$

Donde t es igual a tiempo.

El tiempo real de ejecución es equivalente al tiempo estándar o valor punto de dicha tarea más pérdidas de tiempos, es decir, derroches de mano de obra, paradas o tiempos de espera por parte del operario, desequilibrios en líneas de producción y faltas de material para procesar, etc (Cruelles, 2012b, p.35).

El control de la productividad evidencia las posibles ineficiencias en las que se deben tomar acciones correctivas y a su vez permite calcular el porcentaje de mano de obra muerto, al igual que el porcentaje de otros factores (Cruelles, 2012b, p.35).

Los datos necesarios para el control de la productividad son: la cantidad de trabajo realizado, el tiempo dedicado, incidencias ocurridas y horas a no control, el tiempo estándar, y la información acerca del marco legal (Cruelles, 2012b, p.35).

1.2.3 Productividad en procesos de manufactura

La productividad en las empresas manufactureras se ven afectadas por diferentes factores, según S. K. Mukherjee y D. Singh (como se citó en Prokopenko, 1989) clasifican estos factores en internos y externos, a su vez, los factores internos pueden ser duros o blandos, los factores duros incluyen los productos, la tecnología, la innovación, el equipo y las materias primas, mientras que los factores blandos incluyen la fuerza de trabajo, los sistemas y procedimientos de organización, los estilos de dirección y los métodos de trabajo, como se puede observar en la siguiente tabla:

La tabla 2 muestra los factores internos y externos, y a su respectiva clasificación. (Lacu, 2017) según (Mukherjee y Singh (1975) y Prokopenko, 1989)

Tabla 2.*Modelo Integrado de Factores de la Productividad de la Empresa*

Factores duros	Factores blandos	Ajustes estructurales	Recursos naturales	Administración pública e infraestructura
<p>Productos</p> <p>Según Prokopenko (1989:11), la productividad del factor producto significa el grado en el que el producto satisface las exigencias de producción. El factor volumen en particular aporta una mejor noción de las economías de escala por medio del aumento del volumen producido.</p>	<p>Personas</p> <p>Como principal recurso y factor central en todo intento de mejoramiento de la productividad, todas las personas que trabajan en una organización tienen una función que desempeñar como trabajadores, ingenieros, gerentes, empresarios y miembros de los sindicatos y cada función tiene doble aspecto: dedicación y eficacia (Prokopenko, 1989, p.29).</p>	Económicos	Mano de Obra	Mecanismos institucionales
<p>Planta y equipo</p> <p>Estos elementos desempeñan un papel clave en todo el proceso de mejoramiento de la productividad mediante (Prokopenko, 1989:11): - un buen mantenimiento- el funcionamiento del plante y el equipo en condiciones óptimas.</p>	<p>Organización y sistemas</p> <p>Los conocidos principios de la buena organización, como la unidad de mando, la delegación y el área de control, tienen por objeto prever la especialización y la división del trabajo y la coordinación dentro de la empresa (Prokopenko, 1989. p.29).</p>	Demográficos y sociales	Tierra	Políticas y estrategias

Tabla 2.*(Continuación)*

Factores duros	Factores blandos	Ajustes estructurales	Recursos naturales	Administración pública e infraestructura
<p>Tecnología</p> <p>La innovación tecnológica constituye una fuente importante de aumento de la productividad. Se puede lograr un mayor volumen de productos y servicios, perfeccionamiento de la calidad, nuevos métodos de comercialización, etc., mediante una mayor automatización y tecnología de la información (Prokopenko, 1989:28).</p>	<p>Métodos de trabajo</p> <p>La mejora de los métodos de trabajo – especialmente en las economías en desarrollo que cuentan con escaso capital y en las que predominan el trabajo, constituye el sector más prometedor para mejorar la productividad (Prokopenko, 1989. p.31).</p>		Energía	Infraestructura
<p>Materiales y energía</p> <p>Incluso una pequeña reducción en el consumo de materiales y energía puede producir notables resultados. Esas fuentes vitales de productividad incluyen las materias primas y los materiales indirectos (Prokopenko, 1989. p.28).</p>	<p>Estilos de dirección</p> <p>No existe ningún estilo perfecto de dirección y la eficacia depende de cuándo, dónde, cómo se aplica el estilo de dirección. (Prokopenko, 1989. p.31).</p>		Materias primas	Empresas públicas

Nota. Esta tabla muestra el modelo integrado de factores de la productividad de la empresa. Tomado de: Cruelles, J. (2012b). *Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2114/visor/30142#>.

Por esta razón S. K. Mukherjee y D. Singh (como se citó en Prokopenko, (1989) afirman que es necesario identificar los factores internos que afectan de forma negativa la productividad de la organización, establecer los factores en que se puede influir fácilmente y los que requieren intervenciones financieras y organizativas más fuertes para después analizarlos, mejorarlos y evaluarlos.

Algunas de las maneras de afrontar esta problemática se basan determinando los tiempos específicos de los procesos productivos, como también las especificaciones de la maquinaria, invirtiendo en tecnología, incrementando las cantidades de producto, el rendimiento de los trabajadores y la rentabilidad, y reduciendo los plazos de entrega del producto; con el fin de aumentar la eficiencia de los procesos y por ende mejorar la productividad de la empresa.

El factor humano incluye los aspectos: individuales (la motivación, las competencias, la satisfacción laboral, el compromiso y la implicación con la organización), grupales (la participación, la cohesión y la gestión de conflictos) y los factores organizacionales (la cultura organizacional, el clima organizacional y el liderazgo) (Cequea, et al, 2014, p. 3).

Todos estos factores tienen impacto en la productividad de la organización y son abordados en el presente trabajo de investigación.

En Perú se diseñó y aplicó un modelo de Gestión del Conocimiento (GC) en una empresa manufacturera con el fin de lograr resultados favorables con enfoque a la mejora del Talento Humano (TH) y de la productividad de la organización; así mismo, desarrollar competencias en los empleados; ya que ellos ejecutan los procesos relacionados con la identificación, creación, obtención, protección y transferencia del conocimiento. Los resultados confirmaron que al contar con una gestión del TH la productividad mejoró en 5%, este estudio deja la posibilidad de realizar estudios para desarrollar tareas de GC, en este caso, comunidades de práctica y virtuales, redes de conocimiento en el campo de estrategia y GH (Campos et al, 2018, p. 1).

En Colombia se realizó una investigación en las tendencias tecnológicas que influyen en el aumento de la productividad empresarial, donde se revisan algunas características de las TIC y su

influencia en las empresas, analizan la conceptualización y los beneficios que internet, el teletrabajo, la formación virtual y la computación en la nube, concluyeron que las TIC pueden simplificar y agilizar los procesos empresariales, como también fortalecerse en cuanto a la competitividad, pues la entrada de vigencia de los Tratados de Libre Comercio (TLC) abocan a las compañías a aumentar su efectividad y eficiencia (Patiño, 2015, p.1).

El factor de métodos y tiempos facilita el trabajo al operador, de manera que su productividad se vea lo menos afectada posible con el fin de aumentar la productividad en las líneas de producción (Vélez et al., 2013), Maynard & Zandin (como se citó en Vélez et al., 2013) afirmaron que el estudio de tiempo es el análisis de una operación específica con el fin de determinar los elementos de trabajo requeridos para realizarla, el orden en que ocurren estos elementos y los tiempos requeridos para llevarla a cabo en forma eficiente.

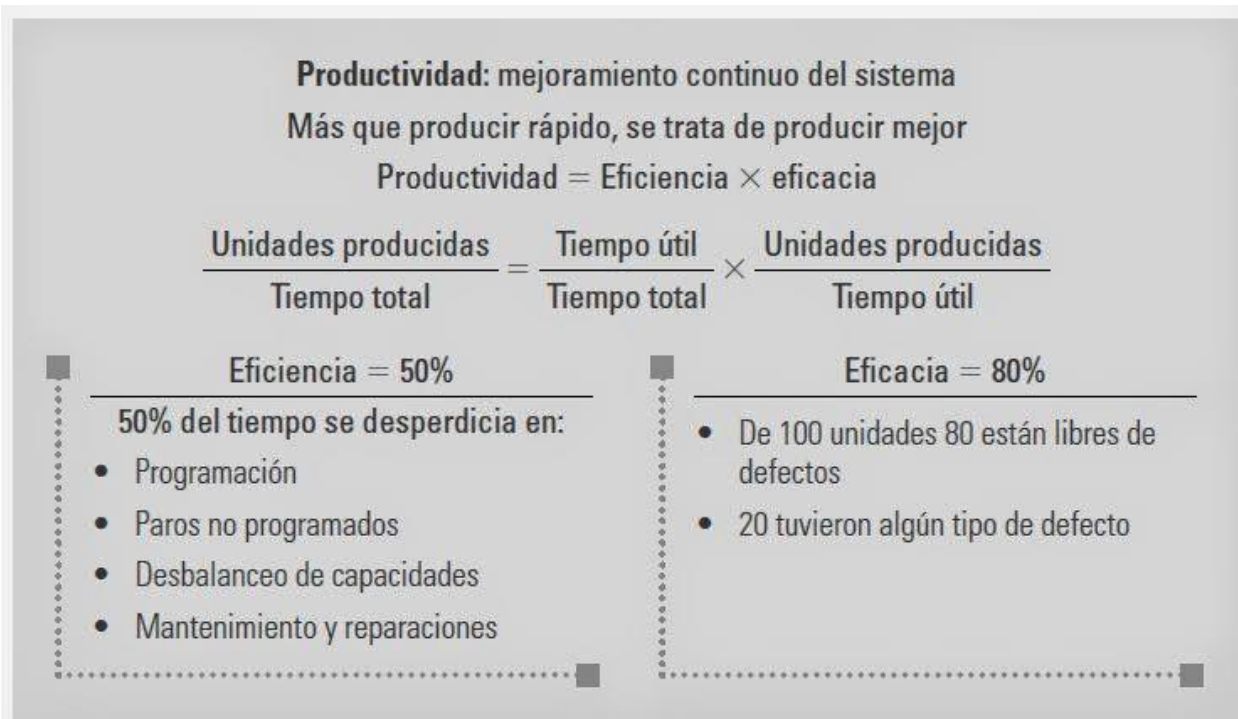
El análisis de métodos y tiempos sirve para evaluar los distintos procesos en una empresa de manufactura, buscando siempre que estos sean realizados de la mejor manera posible dentro de los parámetros establecidos, para conseguir mejores eficiencias dentro de los mismos; este análisis busca principalmente encontrar los aspectos que afectan la eficiencia del proceso, es decir los tiempos improductivos, y permite establecer tiempos estándar para cada proceso, para de ahí poder mejorar los métodos de trabajo. (Carangui, M., 2015).

Las empresas tienen la necesidad de aumentar su productividad, lo cual implica la mejora del aprovechamiento de los recursos empleados al aumentar su producción con igual o menor cantidad de recursos (Cruelles, 2012b, p.57).

En la siguiente figura se pueden observar los componentes de la productividad, ejemplificando la definición de eficiencia y eficacia midiendo los recursos empleados a través del tiempo total y los resultados mediante la cantidad de productos en buenas condiciones.

Figura 1.

La productividad y sus componentes



Nota. La figura representa la productividad y sus componentes. Tomado de: Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad.*

La figura sugiere dos programas para incrementar la productividad: mejorar la eficiencia al reducir los tiempos de desperdicio por fallas en equipos, falta de materiales, desbalanceo de capacidades, mantenimiento sin programar, reparaciones, retrasos en los suministros como en las órdenes de compra (Gutiérrez, 2008).

De acuerdo con una encuesta aplicada en los sectores metal – mecánica, calzado, muebles, textil y confección en México (Giral et al., 1998) cómo se citó en Gutiérrez, (2008), la eficiencia promedio detectada fue de 50%, lo que quiere decir que la mitad del tiempo empleado era desperdiciado, en promedio en aspectos inherentes a fallas en la planeación y en la organización de la producción, principalmente. Lo cual se relaciona con la figura anterior al decir que más que la producción se haga más rápida, se trata de reducir los tiempos de desperdicio de los procesos (Gutiérrez, 2008).

La mejora de la eficacia tiene como propósito la optimización de la productividad del equipo, los materiales y los procesos, también de capacitar al personal para lograr los objetivos propuestos, mediante la disminución de productos defectuosos, fallas en arranques y en operación de procesos, y deficiencias tanto en materiales, como en diseños y equipos. La eficacia debe buscar mejorar e incrementar las habilidades de los trabajadores y generar programas que les ayude a realizar mejor su trabajo. De acuerdo con la encuesta anteriormente nombrada, la eficacia promedio detectada fue de 80%, lo que indica que en un tiempo útil en que se producen 100 unidades, sólo 80 están libres de defectos, las otras 20 tenían algún defecto durante el proceso, de estas 20 unidades algunas podrán ser reprocesadas y otras serán desperdicio (Gutiérrez, 2008).

Al multiplicar la eficiencia por la eficacia, se obtiene una productividad promedio del orden de 40%, lo cual indica el potencial y el área de oportunidad que existe en mejorar el sistema de trabajo y en organizar mediante programas de mejora continua (Gutiérrez, 2008).

En una empresa hay muchos factores que afectan la calidad y la productividad, tales como la desorganización, falta de calidad, falta de información clara y oportuna, costos altos, retrasos, devoluciones y reclamos de clientes, si se preguntara por las causas de las fallas y de los retrasos, probablemente la mayoría les atribuiría el problema a los trabajadores lo cual se ataca con la administración por reacción (regaños, reclamos, juntas, avisos de advertencia, despidos, presión) (Gutiérrez, 2008).

No obstante, la historia de la calidad y la mejora ha demostrado ampliamente que la calidad y la productividad dependen de los procesos y los sistemas, por esta razón es necesario capacitar, rediseñar, mejorar métodos de organización, de solución de problemas, de toma de decisiones y de comunicación. Los trabajadores son quienes se adaptan al sistema y no son la causa primordial de la mala calidad y por ende de la baja productividad (Gutiérrez, 2008).

Más de 90% de las fallas está fuera del alcance del personal de labor directa, es por esta razón que es necesario buscar las causas a lo largo del proceso, iniciando desde el cumplimiento de los requerimientos y de la recepción de los insumos, pasando por la inspección de los procesos de transformación y el incumplimiento de estos, analizando el origen de estos y las posibles

soluciones. También se debe investigar acerca de la satisfacción del cliente en cuanto al producto y la entrega a tiempo de este (Gutiérrez, 2008).

1.2.4 Innovación y Productividad: Modelo CDM (Crépon, Duguet y Mairesse)

De acuerdo con Crespi y Zuñiga, (2017) (como se citó en Tello, (2017), los modelos CDM están compuestos por cuatro etapas: la decisión de una empresa de inversión en innovación, las decisiones acerca del monto de la inversión, la producción de conocimiento tecnológico y no tecnológico producto de esa inversión y el efecto de la innovación en la productividad.

En primer lugar, el tamaño de la empresa, la participación de mercado, la demanda, la tecnología y la diversificación de productos son factores que incrementan la probabilidad de que la empresa invierta en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). En segundo lugar, la productividad de una empresa se correlaciona positivamente con la producción de innovación. En tercer lugar, la innovación tecnológica tanto en productos como en procesos puede aumentar la productividad de la empresa y la rentabilidad de esta. En último lugar, las empresas que invierten en I+D (Investigación y Desarrollo) son más proclives a desarrollar innovaciones de productos, procesos y/o patentes (Tello, 2017).

1.2 Medición de la Productividad

La medición de la productividad se puede realizar por dos principales métodos: método de Sumanth y método de valor agregado.

1.3.1 Método de Sumanth

También conocido como productividad total, es ampliamente utilizado en empresas manufactureras. Este modelo fue desarrollado por Sumanth en 1979, y consiste en que la productividad total incluye todos los factores de resultados e insumos y se basa en elementos tangibles. El modelo proporciona índices de productividad total y productividades parciales de las unidades operacionales de una empresa (Medina, 2007, p.32).

La productividad es el cociente entre la salida y el conjunto de entradas.

$$Productividad\ Total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total}$$

$$Productividad\ Total = \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Mano\ de\ Obra + Capital + Materias\ Primas + Otros}$$

La productividad parcial es la que relaciona lo producido (salida) con uno de los recursos utilizados (insumos o entrada).

Por ejemplo, la productividad de la mano de obra, que es el resultado del cociente entre los bienes y servicios producidos y la medida de la mano de obra empleada (Carro, R. y González, D. 2018).

$$Productividad\ Total = \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Mano\ de\ Obra}$$

Las entradas son los insumos empleados, como lo son: humanos, materiales, de capital, de energía, de servicios, y de gastos varios (Medina, 2007, p.32).

1.3.2 Método del valor agregado

La productividad del valor agregado se define como la relación entre el valor agregado y el valor del recurso de interés, este modelo proporciona índices de productividades parciales.

$$Productividad = \frac{Valor\ Agregado}{Recurso}$$

Existen dos métodos para medir el valor agregado, el método de la resta y el método de la suma.

1.3.2.a Método de la resta. El valor agregado se puede calcular restando del valor de las ventas las compras a terceros. Restando de las ventas, V, los costos de materiales, M, los pagos por servicios, S, y otros pagos a terceros, G, se tiene que el valor agregado VA es igual a:

$$VA = V - M - S - G$$

1.3.2.b. Método de la suma. La suma de los valores de los componentes del valor agregado permite su cálculo. Los componentes del valor agregado son: costos laborales, CL; depreciación, D; arrendamientos, A, intereses pagados, I; impuestos, T; utilidades, U. Por tanto, el valor agregado por el método de la suma es (Centro Nacional de Productividad):

$$VA = CL + D + A + I + T + U$$

1.3 Mejora continua

La mejora continua, que en japonés recibe el nombre de Kaizen. Según Masaaki Imai, fundador del Kaizen Institute Consulting Group:

Kaizen es un estado mental en el que nunca se está satisfecho con la manera actual de trabajar. Significa siempre intentar mejorar el estatus operacional, sin gastar dinero. Los gerentes normalmente piensan que, para generar mejoras, se necesita más presupuesto, ya sea para contratar a más personal o para adquirir maquinaria. Pero este enfoque propone generar mejoras sin invertir dinero, cambiando la percepción de la gente sobre la manera en la que realiza su trabajo. La idea es que, cada vez que la gente comete errores o algo malo sucede, nuestra responsabilidad es encontrar la raíz, por qué sucede. Luego, revisar la manera de operar y reformularla para continuar con un nuevo método (Rajadell, 2019, p.217).

Kaizen, hace referencia a la mejora de todos los aspectos que influyen en el proceso empresarial. Surgió en Japón, por las necesidades de superarse a sí misma con el fin de alcanzar a las potencias industriales occidentales d tener el sustento para una población de un país escaso en tamaño y recursos. Actualmente el mundo necesita una mejora día tras día. La contaminación ambiental, el incremento de la población mundial y el agotamiento de los recursos, hacen que sea necesario buscar las soluciones, para lo cual es necesario la mejora continua en el uso de los recursos, evitando los desperdicios (Cruelles, 2012a. p.121).

La primera gran alteración económica fue en 1973, después de un período extenso el precio del petróleo sufrió una subida que puso en jaque las economías occidentales, siendo el petróleo el insumo de la energía. Las empresas que triunfaron fueron las que tuvieron mayor flexibilidad al cambio y mayor adaptación. Las fábricas norteamericanas de autos y de electrodomésticos sufrieron este ataque de las empresas japonesas, las cuales estaban capacitadas para asombrar a los consumidores tanto americanos como europeos con artículos distinguidos y más económicos, haciendo que las industrias occidentales fueran cayendo ante la gran competencia japonesa (Cruelles, 2012a. p.121).

Dicha capacidad de las empresas japonesas se fundamentó en el sistema Kaizen, el cual se basa en una filosofía con diferentes herramientas, métodos e instrumentos, de esta manera grandes empresas como Toyota, Honda, Mazda, Isuzu, Suzuki, Yamaha, Kawasaki, Mitsubishi, Olimpia, Minolta, Bridgestone, Subaru, Canon, Matsushita, Konica, Sharp, Sanyo, Casio, Seiko, Orient, NEC, JVC, National, Hitachi, Daihatsu, Fuji Electric, Fujitsu, Ricoh, Nissan, Nipón Steel, Pentel, Komatsu, entre otras empresas, desplazaron a las marcas occidentales. Productos de baja calidad y asequibles se convirtieron en productos de alto nivel, de alta relación en calidad y costo. Japón a donde pertenecían los grandes gurúes en calidad, como lo fueron Deming y Juan, se había convertido en exportador de asesores y de conocimiento a naciones occidentales. De esta manera fueron reconocidas figuras como Ohno, Imai, Ishikawa, Shingo, Mizuno, Taguchi, Otha y Karatsu (Cruelles, 2012a. p.121).

Así Japón se convirtió en ejemplo de disciplina por la mejora en la calidad y en la productividad para países como Corea del Sur, Singapur y Hong Kong (Cruelles, 2012a. p.121).

El Kaizen en acción: Para lograr la mejora continua se requiere constancia, disciplina y seis sistemas fundamentales nombrados a continuación:

- Control de calidad total / Gerencia de Calidad Total
- Un sistema de producción justo a tiempo
- Mantenimiento productivo total
- Despliegue de políticas

- Un sistema de sugerencias
- Actividades de grupos pequeños

En conclusión, el propósito de la metodología Kaizen es mejorar todos los aspectos que influyen en determinado proceso (Cruelles, 2012a. p.121).

1.4.1 Objetivos de la mejora continua

El principal objetivo de la mejora continua es resolver problemas con medidas correctivas y así mismo aumentar permanentemente la eficiencia del sistema productivo (Rajadell, 2019, p.217).

Otro de los objetivos de la mejora continua es la búsqueda de la perfección en toda actividad, la autoiniciativa y disciplina de los operarios para encontrar oportunidades de mejora, la comunicación funcional y la estandarización del trabajo para eliminar despilfarros. Desde esta perspectiva, el Kaizen es elemento que forma parte de la cultura de la empresa y, por tanto, es un principio armonizador del entorno con los valores de cada individuo (Rajadell, 2019, p.217).

Otros de los objetivos son:

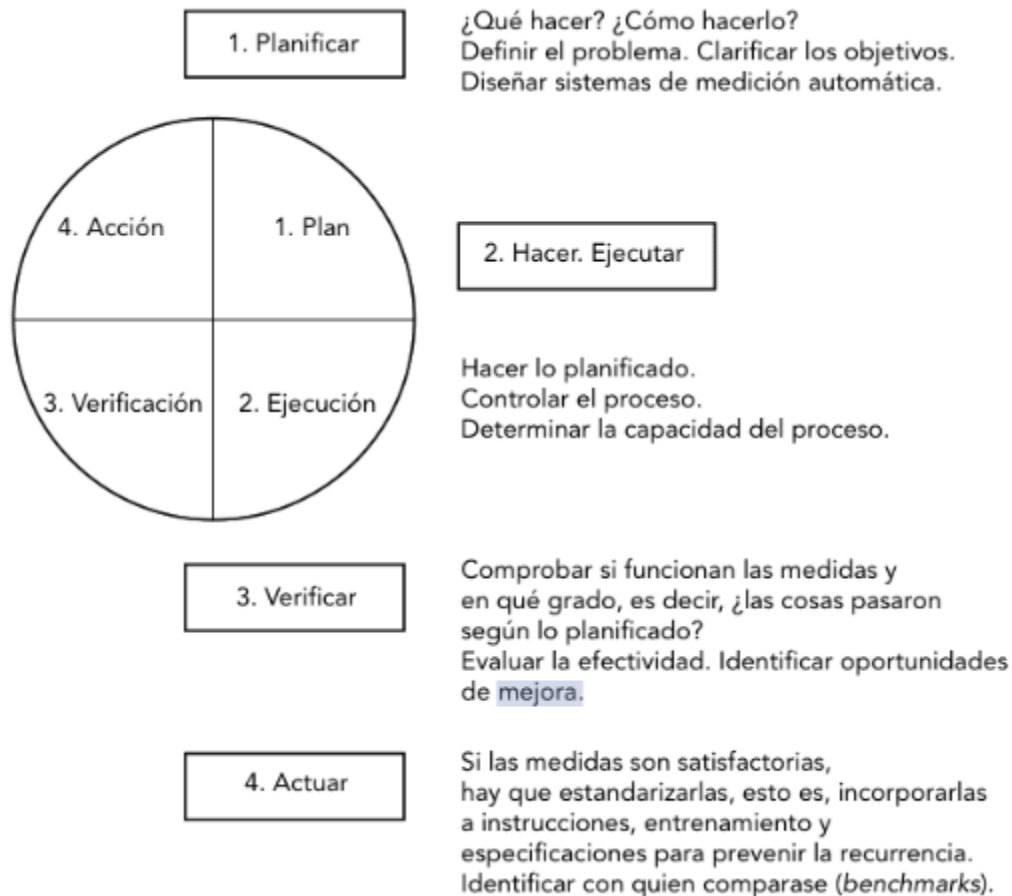
- Mejorar el nivel de calidad.
- Aumentar la satisfacción de los clientes (reducir las reclamaciones).
- Mejorar la gestión y la protección del conocimiento de las organizaciones.
- Aprovechar las capacidades de los recursos humanos, la satisfacción del personal y, de manera colateral, su motivación en el desempeño del trabajo. La suposición de que el progreso continuo es posible suele crear una atmósfera que estimula el descubrimiento de ideas o la captación de estas cuando uno se tropieza con ellas (Rajadell, 2019, p.218).

1.4.2 Esquema de la mejora continua

El ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), conocido como el círculo de Deming, es importante en la implementación de sistemas de mejora. A continuación, se presenta el esquema de los pasos para aplicar este ciclo: analizar la situación inicial, planificar y estudiar la viabilidad, formar al personal, seleccionar una línea piloto e implementarla en la misma, verificar la efectividad de las mejoras y estandarizar las mejoras. (Rajadell, 2019, p.228), como se muestra en la figura 2.

Figura 2.

Ciclo PHVA



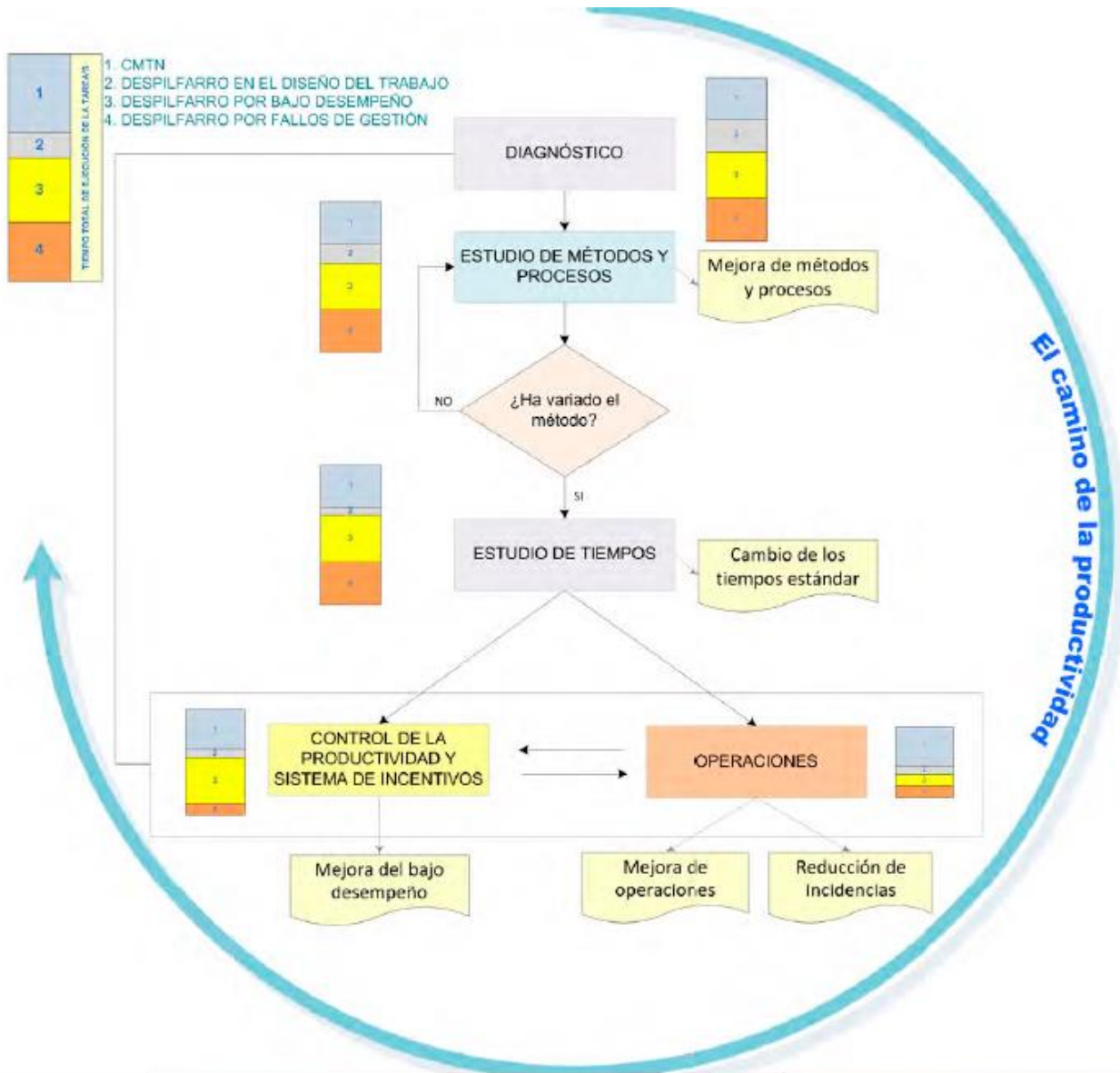
Nota. La figura representa el ciclo PHVA. Tomado de: Rajadell, M. (2019). *Creatividad. emprendimiento y mejora continua*.

1.4.3 Etapas y evolución de la mejora continua

La mejora continua tiene una relación con la reducción del despilfarro, lo que hace necesario pasar por las etapas de la mejora continua, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3.

Evolución de la mejora continua



Nota. La figura representa la evolución de la mejora continua. Tomado de: Cruelles, J. (2016). *Beneficios y necesidades del mantenimiento del sistema de productividad.*

- **Fase de diagnóstico:** se identifica el nivel de despilfarro de la fábrica y sus distintas tipologías. Esta fase es responsabilidad de la gerencia; debido a que es quien debe tomar las decisiones en cuanto al despilfarro a atacar.
- **Fase de ingeniería de procesos y de métodos:** fase en la cual se reduce el despilfarro mediante el método CdM (Coeficiente de método) y CdP (Coeficiente de Proceso). Esta fase está bajo la responsabilidad del departamento de Ingeniería de procesos y de métodos y tiempos. Una vez mejorados los métodos y/o procesos, se tiene un nuevo tiempo estándar de las diferentes tareas y del proceso total. Los nuevos tiempos estándar deben ser modificados en la alimentación de datos del sistema de control de la productividad y de la planeación, por el departamento de operaciones.
- **Fase de aplicación de tiempos estándar:** la aplicación de los tiempos estándar afecta al control de la productividad y a la planeación de operaciones. Al mejorar los tiempos estándar se deben reducir los costos de la aplicación de los nuevos tiempos, lo que es responsabilidad del director de operaciones. Independientemente de la mejora de tiempos, es necesario mejorar el CdFo (Coeficiente objetivo en fabricación total), mejorando la productividad de los recursos de manufactura y la planeación de la producción.
- **Repetición del ciclo:** la gerencia debe proponer reducciones de los coeficientes del despilfarro cada cierto tiempo, también debe asignar responsables, tiempo, recursos y fechas a cada mejora.
- **El camino hacia la productividad:** el camino hacia la productividad no tiene límite. La productividad no es un término absoluto, pues se ve afectada por la competencia, por esta razón se habla de mejora continua. Es decir, que el ciclo es permanente y debe ser un hábito. Esta es la cultura de la productividad y afecta a todos los departamentos de la empresa (Cruelles, 2012a, p.119 -121).

Un ejemplo de mejora en la productividad es método de producción estilo Toyota, consiste en establecer un flujo en el proceso de fabricación. Anteriormente, los tornos se situaban en la sección

de tornado y las fresadoras en la sección de fresado. Ahora, se coloca un torno, una fresadora y una taladradora en la secuencia real del proceso de fabricación. De esta forma, en lugar de tener un trabajador por máquina, un trabajador controla varias máquinas o, incluso, un trabajador opera varios procesos (Ohno, 1991, p. 120).

1.4 Lean Manufacturing

Entendemos por *Lean Manufacturing* (en castellano “producción ajustada”), consiste en la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar (Rajadell y Sánchez 2010, p.2).

La producción ajustada también es llamada *Toyota Production System*, consiste en un conjunto de herramientas desarrolladas en Japón, inspiradas por William Edwards Deming (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 5).

Este modelo se basa principalmente en:

1. Eliminación del despilfarro y suministro *just-in-time* de los materiales.
2. La relación, basada en la confianza y la transparencia, con los proveedores elegidos en función de su grado de compromiso en la colaboración a largo plazo.
3. Una importante participación de los empleados en decisiones relacionadas con la producción: parar la producción, intervenir en tareas de mantenimiento preventivo, aportar sugerencias de mejora, etc.
4. El objetivo de la calidad total, es decir, eliminar los posibles defectos lo antes posible y en el momento en que se detecten, incluyendo la implantación de elementos para certificar la calidad en cada momento (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 5).

El principio fundamental de *Lean Manufacturing* es que el producto y/o servicio es ajustar y satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, evitando los despilfarros (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 11).

La implementación de *Lean Manufacturing* en una planta de producción tiene básicamente tres objetivos: aumentar la rentabilidad, la competitividad y la satisfacción de los clientes. Para lograr estos objetivos el modelo tiene tres pilares:

1. Mejora continua (Kaizen)
2. Control total de la calidad (Garantizar la calidad en todas las actividades)
3. Just in time (reducir costos eliminando el despilfarro) (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 11).

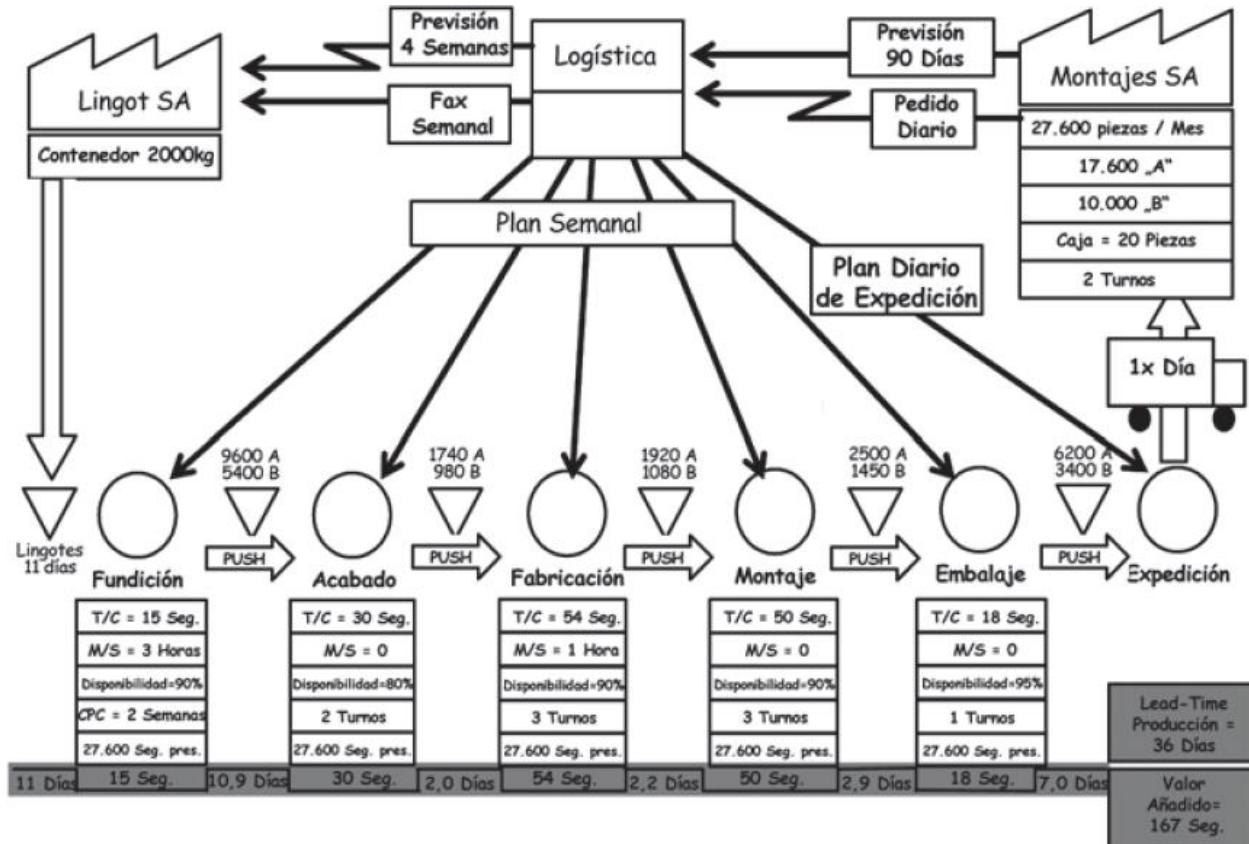
A continuación, se explican algunas herramientas Lean, las cuales permiten identificar oportunidades de mejora.

1.5.1 VSM (Value Stream Mapping)

Antes de iniciar un proceso de Lean Manufacturing, es necesario diagramar el flujo de material y de información desde el proveedor hasta el cliente. El mapa muestra todas aquellas actividades actuales para obtener un producto, determinando así cual es la cadena de valor; y a su vez identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes. Los beneficios de la aplicación del VSM son: ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje y a su vez obtener un sistema estructurado para llevar a cabo mejoras (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 33). A continuación, se presenta un ejemplo de Value Stream Mapping.

Figura 4.

Value Stream Mapping (VSM) de Lingot S.A.



Nota. La figura representa el Value Stream Mapping (VSM) de la empresa Lingot S.A. Tomado de: Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*.

1.5.2 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Las técnicas SMED se enfocan en la mejora, requiriendo del método y la constancia. Su principal objetivo es reducir el tiempo de cambio (set up), es decir, el tiempo que transcurre entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza del producto “B”, con sus respectivas especificaciones (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 123).

Los pasos para reducir los tiempos de cambio son:

1. Identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo.
2. Diferenciar las operaciones internas de las externas.
3. Transformar las operaciones internas en externas.

4. Reducir las operaciones internas.
5. Reducir las operaciones externas (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 123).

1.5.3 TPM (Total Member Participation)

En español “Mantenimiento Productivo Total”, “es un sistema de gestión del mantenimiento industrial que busca que éste sea una fuente de mejora, e induce a la preocupación por facilitar dicho mantenimiento de los equipos existentes ya en la fase de diseño”, tiene como objetivo principal asegurar las perfectas condiciones del equipo de fabricación y cumplir continuamente con los estándares de calidad en un tiempo determinado. Los tipos de mantenimiento son: mantenimiento planificado, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

Las ventajas incluyen cero averías y mínimas paradas de producción por problemas de calidad, retrasos en los cambios de piezas y faltas de ajustes. Al elevar la tasa de operación de los equipos, disminuye los costos. La calidad de la implementación de este sistema se mide por medio del índice OEE (operatividad efectiva del equipo) (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 139).

1.5.4 Kanban

Kanban se centra en eliminar constantemente el “desperdicio”, es decir, todo aquello que no aporta valor. Se aplicó por primera vez en un proyecto de ingeniería de software, de la mano de David J. Anderson 55 en el año 2004 en Microsoft, con un equipo encargado del mantenimiento de software. El resultado fue exitoso, puesto que la productividad del departamento se triplicó y los plazos de entrega disminuyeron en un 90%.

Kanban es una palabra de origen japonés que significa signo, señal o tarjeta y debe ser entendido como un “otorgador de permisos” o “tarjetas visuales”. Este método permite mostrar de forma permanente y visual el estado del proyecto a los implicados. Es un método útil para gestionar los productos cuyos requisitos cambian constantemente, debido a sus nuevas necesidades o a la variación de su prioridad. Este método también es útil cuando la planificación del trabajo es complicada, cuando no se pueda comprometer un equipo a trabajar con iteraciones de duración fija y predeterminada por algún motivo (interrupciones, cambios, dependencias, etc.). Kanban se

utiliza mucho para la resolución de incidencias de mantenimiento, es decir, cuando no es posible prever la cantidad de trabajo ni su naturaleza (Lasa, et al., 2018, p.283).

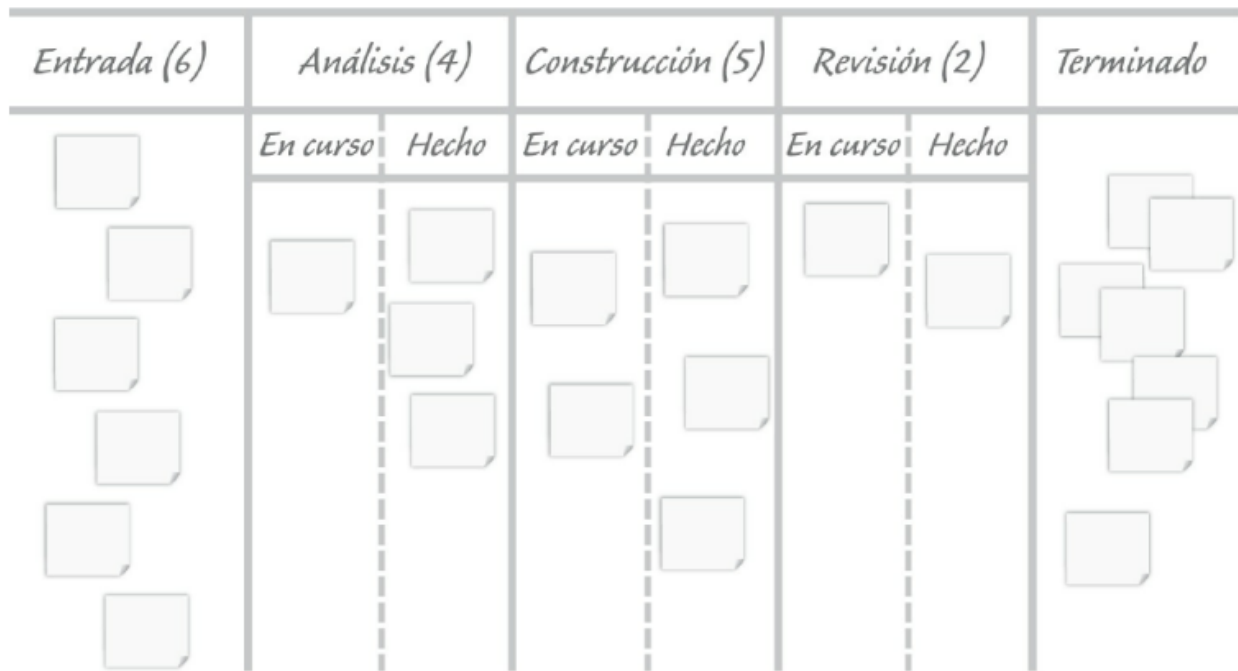
Los pasos que se deben seguir para trabajar con Kanban son los siguientes:

- **Visualizar el flujo de todo el trabajo:** representar el flujo del trabajo a realizar en el proyecto de principio a fin, debe estar representado en un panel organizado en columnas. Cada actividad es representada por una tarjeta. La utilidad del panel se basa en que debe representar en qué estado del flujo este cada ítem en cada momento. La primera columna representa el Backlog del producto, es decir, la lista priorizada de las necesidades o actividades pendientes.
- **Dividir el trabajo en ítems pequeños:** (escribir cada ítem en una tarjeta). Priorizar los ítems en la primera columna del tablero. Es recomendable tratar de dividir los ítems con cargas similares, porque permite estimar visualmente el trabajo asociado a cada estado.
- **Limitar el trabajo en curso:** es clave limitar el trabajo en curso para que Kanban funcione. Es necesario limitar el número de ítems en cada columna para evitar colapsos, cuellos de botella y eliminar los impedimentos que surjan. El límite permitido debe estar visible en la parte superior de cada columna.
- **Medir el tiempo empleado en completar un ciclo:** calcular el tiempo que se emplea en un ítem, desde que se inicia hasta que se finaliza, es importante buscar la manera de reducir el tiempo empleado. Así se puede predecir y estimar el tiempo empleado en completar cada ítem (Lasa, et al., 2018, p.283).

En la figura 5 se presenta la estructura del panel de Kanban.

Figura 5.

Panel de Kanban



Nota. La figura representa el Panel de Kanban. Tomado de: Lasa, C., Alvarez, A., de las Heras. R. (2018). *Métodos ágiles Scrum, Kanban, Lean*.

Kanban permite que los implicados en la creación de un producto accedan a la información y al estado de cada una de las partes en cada momento. El grado de compromiso aumenta, debido a la participación en la mejora directa inmediata del proceso. El trabajar de forma visual facilita identificar los problemas, detectar cuellos de botella y eliminar impedimentos, reduciendo costos y aumentando la calidad y por ende la productividad. También permite que todo el equipo participe en la mejora de la totalidad y no solo en la parte a la que pertenece (Lasa, et al., 2018, p.283).

1.5.5 Quality Function Deployment (Qfd)

En español “Despliegue de la Función de la Calidad”, también conocido como casa de la calidad, es una herramienta de desarrollo de producto y/o servicio para el control de la calidad. Su origen es japonés y está fundamentada en “Kanji”, término que hace referencia al proceso de diseño y desarrollo. Sus autores son Shigeru Mizuno y Yoji Asao, quien presentó en Japón la herramienta

QFD en 1966, y su primera aplicación también fue en este país en 1972 en Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

Esta herramienta de la calidad convierte las necesidades o requerimientos del cliente en planes específicos para los productos y/o servicios, sus beneficios en la organización son: los cambios oportunos, reducción de tiempos y costos en el desarrollo, mejor calidad y competitividad en el mercado. La metodología consta de la selección del proceso a mejorar, la gestión de mejora, la implementación de la mejora y la retroalimentación y Benchmarking (Miranda, et al., 2007).

1.5.6 Poka Yoke

El Ingeniero Shigeo Shingo, fue quien desarrolló esta metodología, con el fin cero defectos y eventualmente, eliminar las inspecciones de calidad, el término se traduce como “a prueba de errores” o “de folios” (“fail safing”), yokerau significa evitar y poka hace referencia a errores inadvertidos. No es aceptable un error, ni siquiera en un número bajo de unidades defectuosas. Si se quiere ser competitivo a nivel mundial, una organización debe adoptar la práctica de producir con cero defectos (Hirano, 1991).

El método Poka Yoke realiza la inspección en la fuente o causa del error y determina si las condiciones existentes son óptimas para producir con calidad. Si estas condiciones no son óptimas, el sistema no permite que el proceso continúe o como mínimo envía una señal de alerta. Un dispositivo poka yoke también permite que las personas autoevalúen su trabajo. Existen dos tipos de dispositivos: preventivos, los cuales nunca permiten el error, y detectores, el cual envía la señal avisando el posible error (Gutiérrez et al., 2008).

La responsabilidad de una compañía con “cero defectos” últimamente recae sobre la dirección, los líderes deben tener una visión de calidad y deben fomentar una cultura organizacional que motive al personal a cumplir esa visión (Hirano, 1991).

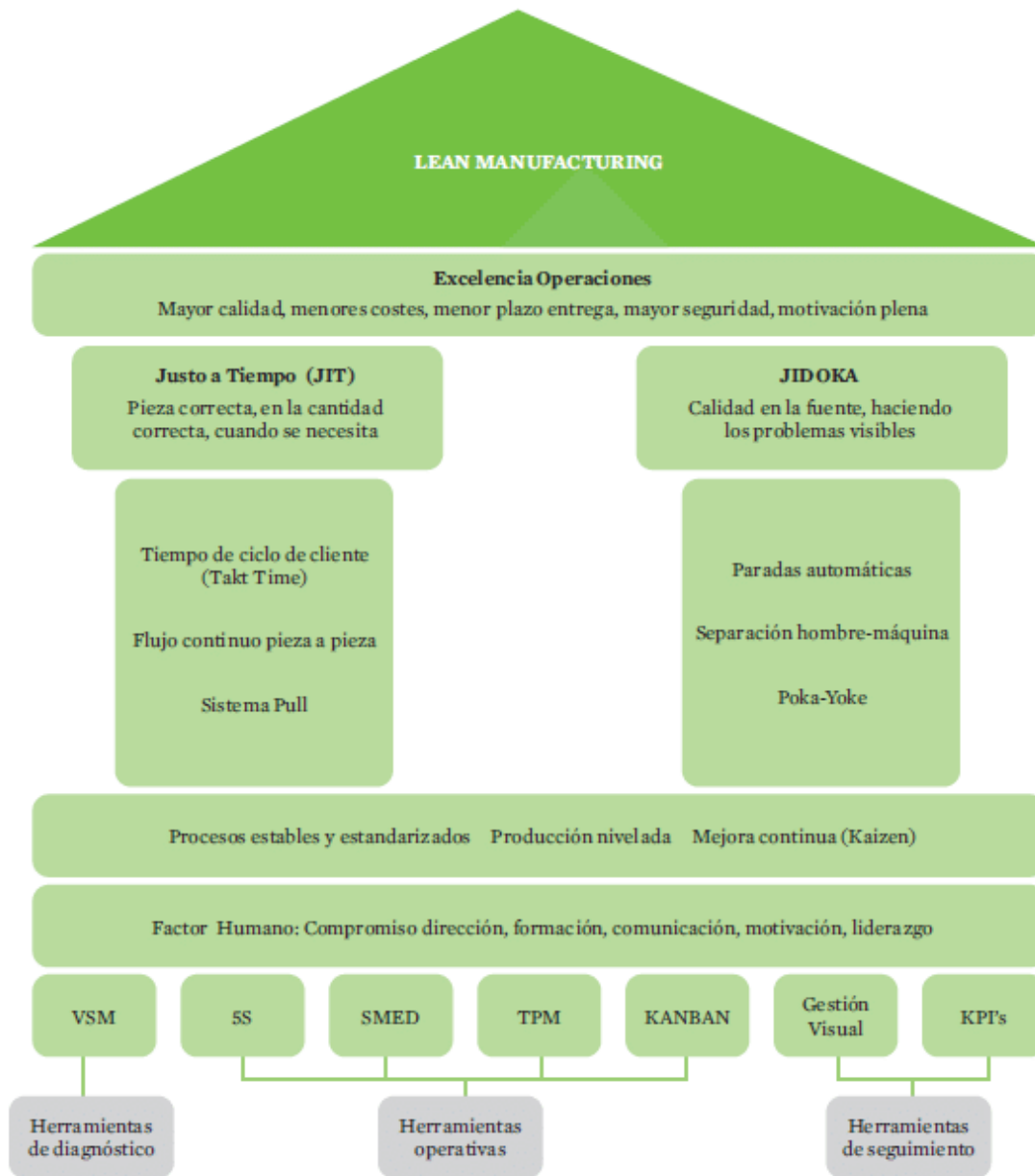
Una vez realizada la revisión bibliográfica en cuanto a los modelos de mejora continua, se identifica que el modelo más apropiado para la realización de este proyecto es Lean

Manufacturing, debido a los antecedentes consultados como lo son: mejora de la productividad de la industria de productos de cuero en Bangladesh utilizando herramientas Lean, implementación de operaciones Lean en un productor de calzado Indonesio, línea de producción de calzado corte: mejora de la eficiencia del ciclo de proceso al usar herramientas Lean, utilización de la mano de obra, aumento de la productividad mediante el uso de Lean Management en el área de kits de las instalaciones de fabricación de motores, y método de producción de manufactura esbelta utilizando el enfoque de gestión de cambios para reducir los pedidos pendientes en las pyme de la industria del calzado en Perú; estos antecedentes evidencian que la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, mejoran la eficiencia del proceso de calzado y aumentan la productividad.

Por otra parte, las mejoras que se van a realizar en el proceso incluyen diferentes variables, tales como materiales, métodos, mano de obra, maquinaria, recursos, desechos, tiempo de espera entre procesos, tiempo de entrega, tiempo de manipulación de materiales, entre otros; lo cual hace que Lean Manufacturing sea el modelo de gestión adecuado, y que al eliminar diferentes desperdicios del proceso se utilicen herramientas como Kaizen, Kanban, Jidoka, VSM, entre otras. El modelo de Lean se puede ver resumido en la figura 6.

Figura 6.

Adaptación actualizada de la Casa Toyota



Nota. La figura representa la adaptación actualizada de la casa Toyota. Tomado de: ernández, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación.*

<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

En la figura se pueden identificar todos los elementos de esta casa que se construyen través de la aplicación de múltiples herramientas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento. (Hernández & Vizán 2010, p.18)

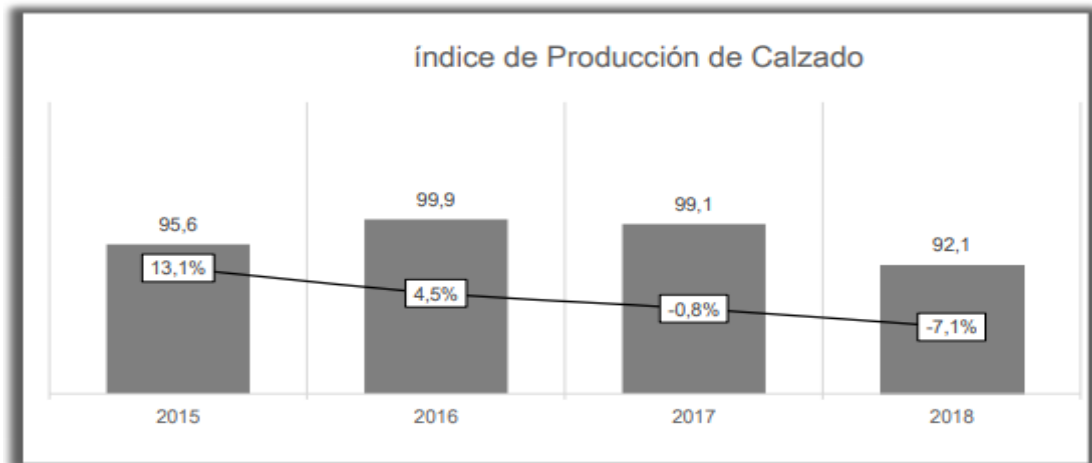
1.6 Investigación del sector de calzado en Colombia

En Colombia en el año 2018, el sector textil, confecciones, calzado y marroquinería tuvo una participación en el PIB industrial de 10.2%, a diferencia al 2017 donde el PIB fue del 10.4%. Los niveles de importaciones son la principal limitante frente a los productores nacionales. La Andi realizó una encuesta para identificar las principales problemáticas de la industria en el 2018 y obtuvo como resultados la alta demanda, la tasa de cambio y el costo de la materia prima.

En la figura 7 se puede observar el índice de producción del 2015 al 2018, de acuerdo con cifras del DANE (ACICAM. 2018).

Figura 7.

Índice de producción de calzado



Nota. La figura representa el índice de producción de calzado de 2015 al 2018. Tomado de: ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2018). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2018.* <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Los principales países de importaciones de calzado y marroquinería en el 2018 son China (47%), Vietnam (23.1%), Brasil (10.3%), Indonesia (7.3%), Ecuador (3.7%), Italia (1.3%), México (1.2%), España (0.9%), y otros (5.3%). En el 2018 Croydon Colombia S.A. ocupó el lugar 17 entre las principales empresas importadoras de calzado y marroquinería en el 2018, con un valor CIF en dólares de \$9'199.156 (ACICAM. 2018), se puede observar a continuación:

Tabla 3.

Empresas importadoras de calzado y puesto que ocupó Croydon en 2018

	NIT	Razón Social Exportador	Valor FOB dólares
1	805011074	Adidas Colombia Limitada	\$ 83.458.960
2	800020706	Nalsani S.A.S.	\$ 53.404.099
3	805003626	Stf Group S.A.	\$ 52.407.429
4	890801339	Compañía Manufacturera Mmisol S.A.	\$ 32.437.096
5	830003583	Athletic Sport Inc Ltda	\$ 28.649.188
6	900197265	Payless Shoesource Pss De Colombia S.A.S	\$ 20.851.227
7	900868671	Decathlon Colombia S.A.S.	\$ 20.253.154
8	805014351	Plasticaucho Colombia S.A.	\$ 17.905.143
9	800191700	Cueros Velez S.A.S.	\$ 16.059.890
10	890926803	Estudio de Moda S.A.S.	\$ 15.855.009
11	900158685	Century Sports S.A.S.	\$ 15.678.160
12	900262186	Inversiones Vía Tropical S.A.S.	\$ 14.065.352
13	900469230	Bigfoot Colombia S.A.S.	\$ 13.906.096
14	900142335	Acqua Marketing Colombia S.A.S.	\$ 12.009.904
15	900872769	Skechers Colombia S.A.S.	\$ 11.040.911
16	830018350	Promos Ltda.	\$ 10.527.828
17	800120681	Croydon Colombia S.A.	\$ 9.199.956
18	805004875	Calzatodo S.A.	\$ 8.181.881
19	860520243	Comercializadora Baldini S.A. Baldini	\$ 7.814.457
20	900184576	Auscol S.A.	\$ 7.156.708

Nota. Esta tabla muestra las empresas importadoras de calzado en 2018. Tomado de: ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2018). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2018*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Los principales exportadores de calzado y marroquinería en el 2018 fueron Ecuador (39.6), EE. UU. (10%), Panamá (9.7%), Costa Rica (8.3%), Venezuela (4.7%), Chile (4.6%), Perú (4.3%), Guatemala (3.5%) y Otros (15.3%). En el 2018 Croydon Colombia S.A. ocupó el quinto lugar entre las principales empresas exportadoras de calzado y marroquinería en el 2018, con un valor FOB en dólares de \$1'836.169, (ACICAM. 2018, 2018) se puede observar a continuación:

Tabla 4.

Principales empresas exportadoras de calzado y marroquinería en Colombia

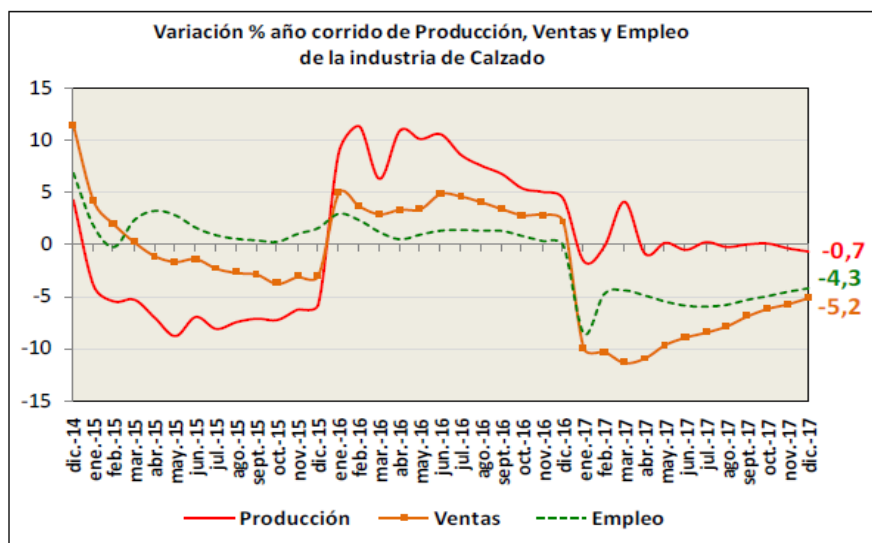
	NIT	Razón Social Exportador	Valor FOB dólares
1	805011316	C. I Diseño Y Moda Internacional S.A.S. En R	\$ 8.196.044
2	800086297	Spectrum Brands Corp S.A.S	\$ 4.911.074
3	901132114	Grupo Modaplass S.A.S	\$ 2.991.266
4	830120857	Inpieles S.A.S.	\$ 2.081.484
5	800120681	Croydon Colombia S.A.	\$ 1.836.169
6	800219222	Manufacturas Rical Ltda	\$ 1.651.572
7	900291294	Industrias Saga De Colombia S.A.S.	\$ 1.651.572
8	890801339	Compañía Manufacturera Manisol S.A.	\$ 1.317.759
9	800092677	Grupo Nova S.A.	\$ 1.140.024
10	860009034	Stanton S.A.S	\$ 1.119.967
11	890913861	Uniformes Industriales Ropa y Calzado Quir	\$ 1.071.452
12	860069040	Industrias de Calzado Jovical S.A.	\$ 1.022.506
13	900330105	Quintero Leather S.A.S	\$ 923.994
14	800204486	Dotakondor S.A.S.	\$ 922.881
15	830028860	L V Colombia S.A.S.	\$ 851.398
16	860079291	Gabriel Fonseca Y Cía. S. En C.	\$ 828.615
17	900823537	Creaciones Vespa S.A.S.	\$ 823.491
18	900436389	Safety 2011 S.A.S.	\$ 812.493
19	800242987	D'Lapel S.A.	\$ 797.617
20	800078522	Fábrica de Calzado Romulo S.A.S.	\$ 740.425

Nota. ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2018). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2018*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Según la Encuesta Mensual Manufacturera (EMM) del DANE, en el sector de calzado en el año 2017, registraron una variación de -0.7% en la producción y -4.3% en las ventas reales. El empleo registró una caída de -5.2%. El comportamiento de estas variables está basado principalmente en la disminución de ventas institucionales, cierres de puntos propios, altos inventarios y a la caída de las ventas, y se puede observar en la siguiente gráfica (ACICAM. 2017).

Figura 8.

Variación de producción, ventas y empleo en el 2017



Nota. La figura representa la variación en porcentaje Variación del porcentaje de Producción, Ventas y Empleo de la industria de calzado en el 2017. Tomado de: ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2017). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2017.* <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Comercio Exterior: Las exportaciones del calzado y sus partes en el año 2017 fueron de 40 millones de dólares, presentaron un aumento de 19.1%, en comparación al año 2016; y las exportaciones de calzado terminado fueron de USD 30 millones, también con un crecimiento de 19.1% en valores y de 21.7% en cantidades, siendo en total 2.3 millones de pares. El volumen aumento principalmente por el incremento en ventas a Ecuador, Bolivia, Costa Rica y Estados

Unidos, donde las ventas alcanzaron las siguientes variaciones: 42% en Ecuador, 39% Estados Unidos y 89% Costa Rica (ACICAM. 2017).

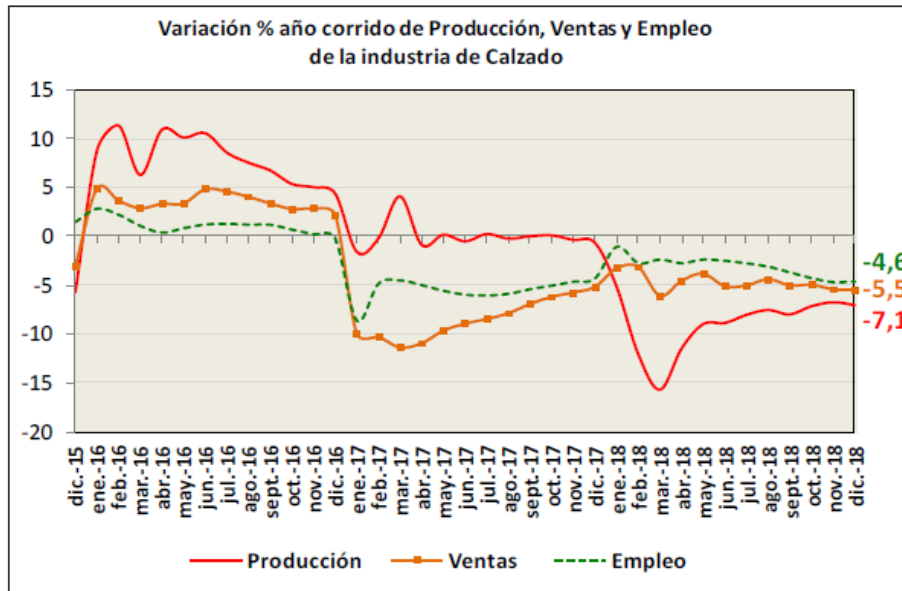
Importaciones: Las importaciones de calzado y sus partes en 2017, registran un valor de 355.3 millones de dólares con una variación de 6% respecto al año 2016, principalmente de países como China y Vietnam con variaciones de 8% y 14% respectivamente. Las importaciones de partes de calzado registran 7.4 millones de dólares con una disminución de -12%. Las importaciones de calzado terminado en el año 2017 alcanzaron USD 347.9 millones con una variación de 6% en valores y de -26% en pares, para un volumen de 34 millones de pares. La caída de las compras externas en pares se debe principalmente a la entrada en vigencia de los decretos 1744 (1786 de 2017) y 1745 de noviembre de 2016, en el cual se establecen medidas tanto de prevención como de control del fraude aduanero. Los principales importadores en volumen son Bogotá y Cundinamarca (49%), Valle del Cauca (19%), Atlántico (9%) y Antioquia (8%) (ACICAM. 2017).

2018

Según la Encuesta Mensual Manufacturera (EMM) del DANE, la producción y ventas reales del sector de calzado en el año 2018, registraron variaciones de -7.1% y -5.5% respectivamente. El empleo registró una caída de -4.6%. El comportamiento de las variables es fundamentalmente por altos niveles de inventarios, descenso de licitaciones, caída de pedidos de clientes nacionales, cierre de puntos de ventas, menores exportaciones y a la disminución de la demanda. En la figura 9 se observa la variación de la producción, ventas y empleo en el 2018 (ACICAM. 2018).

Figura 9.

Variación de producción, ventas y empleo en el 2018



Nota. La figura representa la variación en porcentaje Variación del porcentaje de Producción, Ventas y Empleo de la industria de Calzado en el 2018. Tomado de: ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2018). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2018*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Comercio Exterior: El sector de calzado y sus partes en 2018, registró exportaciones por 35.7 millones de dólares, con una caída de -10.7%, frente a las exportaciones de 2017. Las exportaciones de calzado terminado fueron de USD 28.8 millones con una caída de -4.1% en valores y de -15% en cantidades, para un total de 2 millones de pares. La disminución en pares se debe principalmente a la reducción de las ventas a Estados Unidos, Costa Rica, Bolivia, Perú y El Salvador. Los principales destinos de las ventas externas de calzado en pares son Ecuador, Estados Unidos y Costa Rica, con variaciones de -1%, -29% y -37% respectivamente. Las exportaciones de partes de calzado sumaron 6.5 millones de dólares, con una caída de -29%, como resultado de la disminución de las ventas a Venezuela, Ecuador y Estados Unidos (ACICAM. 2018).

Importaciones: Las importaciones de calzado y sus partes en el año 2018, registraron un valor de 396.2 millones de dólares con una variación de 12% respecto al 2017, principalmente de países como China y Vietnam con variaciones de 21% y 18% respectivamente. Las importaciones alcanzaron USD 388 millones con una variación de 12% en valores y de 11% en pares, para un volumen de 37.9 millones de pares. La caída (-18%) de las importaciones en pares en comparación al año 2016 se debe principalmente a la aplicación de los decretos 1786 de 2017 y 436 de 2018, por el cual se adoptan medidas para la prevención y control del fraude aduanero. Los principales importadores de calzado terminado en volumen son Bogotá y Cundinamarca (39%), Valle del Cauca (18%), Bolívar (16%), Caldas (8%) y Atlántico (8%). Las importaciones de Partes de Calzado registraron 8.1 millones de dólares con un aumento de 10% (ACICAM, 2018).

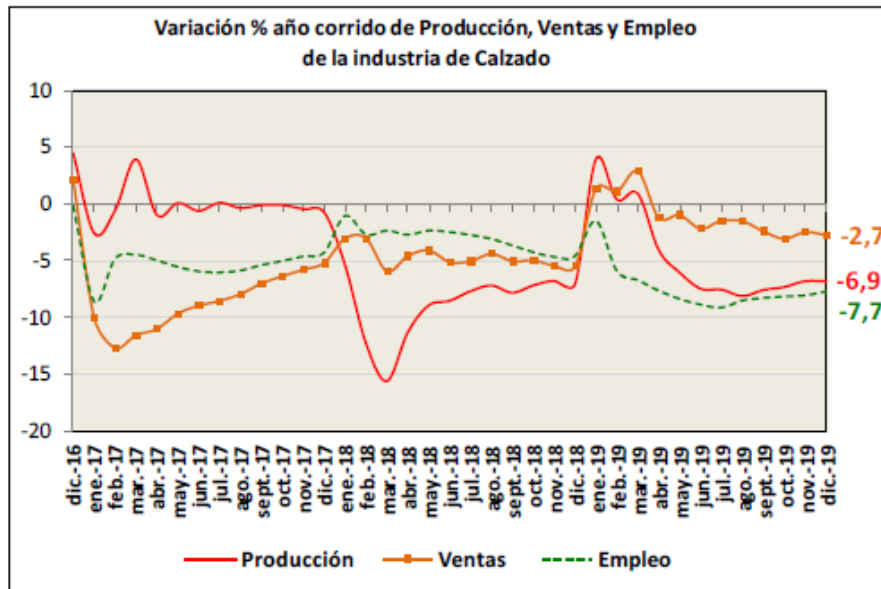
En la tercera feria de insumos del calzado y afines de Cúcuta, los expertos destacaron que uno de los futuros para la zapatería colombiana es la producción más rápida y personalizada, colocando originalidad en cada pieza. El primer día de la feria los productos más llamativos fueron relacionados con suelas, telas, sintéticos, capelladas (la parte del calzado que cubre la totalidad del pie) y accesorios. El expositor, Junior Hincapié, informó que en Colombia se deben buscar estructuras de producción más rápidas y el uso de materiales como suelas fabricadas de etileno, vinilo y acetato, ligeras de peso que no requieren costuras, podrían reducir el tiempo de producción a 15 minutos, es decir que una sola persona trabajando en una empresa de calzado puede producir bajo este modelo hasta 300 pares al día (ACICAM, 2018).

2019

Según la Encuesta Mensual Manufacturera con Enfoque Territorial (EMMET) del DANE, la producción y ventas reales del sector de calzado en el año 2019, presentaron variaciones de -6.9% y -2.7% respectivamente. El empleo registró una caída de 7.7%., principalmente por la caída de la demanda interna, a la disminución de los pedidos de grandes superficies y tiendas especializadas, a las exportaciones a la baja y a las menores proyecciones de ventas esperadas. En la figura 10 se observa variación de la producción, ventas y empleo en el 2019 (ACICAM. 2019).

Figura 10.

Variación de producción, ventas y empleo en el 2019



Nota. La figura representa la variación en porcentaje Variación del porcentaje de Producción, Ventas y Empleo de la industria de Calzado en el 2019. Tomado de: ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. (2019). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2019.* <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.

Comercio Exterior: El sector de calzado y sus partes en enero a diciembre de 2019, tuvo exportaciones por 33.3 millones de dólares, con una caída de 6.8%, frente a las exportaciones en 2018. En comparación con las exportaciones de calzado terminado, estas alcanzaron USD 27.9 millones con una variación de -3.1% en valores y una caída de 7.3% en cantidades, siendo un total de 1.8 millones de pares, principalmente por la disminución de las ventas a Ecuador, Bolivia, Panamá y Venezuela (ACICAM. 2019).

Importaciones: Las **importaciones de calzado y sus partes** en enero a diciembre de 2019, registraron un valor de USD 419.4 millones con una variación de 6% en comparación con el año 2018, principalmente de países como China y Vietnam con variaciones de 9% y -3% respectivamente (ACICAM, 2019).

1.7 Antecedentes

Para el desarrollo de esta idea de mejora se realiza una investigación científica de los antecedentes específicos en la metodología de Lean Manufacturing en el sector de calzado, con el fin de ratificar la importancia del objeto de estudio del presente proyecto.

Mejorar la productividad es una de las principales preocupaciones de las industrias de productos de cuero. Las herramientas de Lean Manufacturing son las más importantes que pueden ayudar a aumentar la productividad en este tipo de industria. En un estudio de caso realizado en Bangladesh se aborda la implementación de principios Lean en una industria de fabricación de artículos de cuero con el fin de evaluar la eficiencia del ciclo de proceso actual (PCE), el tiempo de entrega, la reducción del tiempo de entrega. La aplicación de estas herramientas mejoro la productividad en un 85.42%. En el estado inicial, el PCE se encontró 38.19% y después de está implementación sería de 77.51% y el tiempo de entrega también se reduciría en 46.68% evaluado por tiempo takt, análisis de cuellos de botella, análisis de causa y efecto y análisis de Pareto. El flujo de producción se optimizó al minimizar las actividades sin valor agregado (NVD), como el cuello de botella, la avería de la máquina, el tiempo de espera, el tiempo de manipulación de materiales, etc. La realización de esta investigación concluye que la rentabilidad de la industria de cuero está relacionada con el aumento en la productividad y la implementación de Lean en esta industria se basa principalmente en la reducción del tiempo de entrega y la eficiencia del proceso (Akter N., & Abu, S., 2018 p. 1-11).

En una empresa de calzado en Indonesia, se analizó el impacto de la implementación de operaciones Lean, donde se identificaron los factores claves de éxito y se propusieron mejoras en el desempeño de la organización, investigación que tuvo como resultado la mejora del desempeño financiero de la compañía al reducir la tasa de desabastecimiento y el aumento de la rotación de inventario, la implementación de operaciones Lean mejoró el desempeño de la compañía al reducir la tasa de desabastecimiento de artículos calientes y aumentar la rotación del inventario, aumentando el beneficio neto. También se identificaron los cinco factores más importantes en la implementación de estas herramientas los cuales son: el compromiso y la participación de la gerencia, el trabajo en equipo, la comunicación, la gestión del cambio cultural y la mejora continua,

por lo cual se sugieren otras iniciativas como lo son los pedidos electrónicos, la implementación de Kanban en la producción, la entrega directa de materias primas y disminución en el tiempo de producción de los proveedores, estas iniciativas permitirán que la empresa responda oportunamente a los cambios en el mercado (Bonny & Ratih, 2019, p.13).

En otro estudio relacionado con la línea de producción de calzado de corte donde se mejora la eficiencia del ciclo de proceso al implementar herramientas Lean, con el objetivo de evaluar la eficiencia inicial del ciclo del proceso (PCE) y el tiempo de entrega y la reducción del tiempo de entrega, inicialmente el PCE se encontró en 8.32% y después de la implementación de herramientas Lean en 19.46%, el tiempo de entrega se reduciría en 57.24%, lo cual se evalúa por medio del análisis de Pareto y mapeo de flujo de valor (VSM). El flujo de producción se optimizó, minimizando varias actividades sin valor agregado y por lo tanto minimizando tiempos, como el cuello de botella, la maquinaria, el tiempo de espera, el tiempo en el manejo de los materiales, entre otras. Esta investigación proporciona el análisis de caso de la mejora en el proceso productivo, evidenciando que las herramientas Lean son efectivas para identificar y eliminar las actividades los tiempos de fabricación que no agregan valor (NVD) (Abu et al., 2017, p.1-11).

Por otra parte, en Perú, se propuso un método de producción para aumentar la capacidad de fabricación de una pequeña y mediana empresa (PYME) de calzado para reducir los pedidos pendientes. Para lo que se realizó una evaluación e identificación de los retrasos en los procesos productivos como en el tiempo de transporte del producto, los productos defectuosos y los métodos de trabajo ineficientes. Se diseñó un método de fabricación Lean con enfoque en la gestión del cambio. De esta manera se confirmó que las herramientas de Lean junto con la gestión de cambio aumentaron las entregas de pedidos en 82%, la capacidad de producción aumento en 24 docenas por mes. El tiempo de espera entre procesos se redujo 9.28 minutos por docena. A su vez se obtuvo un entorno de trabajo más organizado y fluido relacionados con los turnos del personal, al aplicar la herramienta 5S, se mejoró la organización y la limpieza en 38% (Dextre, et al., 2020 p. 1-8)

Las industrias de calzado en Etiopia, África, no son competitivas globalmente, esto se debe a la baja productividad. En una investigación de Maestría en la empresa Anbesa Shoe S.C. se desarrolló un método en la mejora de la productividad, donde se realizó una revisión bibliográfica,

encontrando que la medición de la productividad, los factores de la productividad y la mejora se ha evaluado a partir de cuestionarios y datos secundarios. Existen factores de productividad multidimensionales relacionados con mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, procesos, entre otros. Se diseñó y evaluó un modelo de Mejora Continua en la Productividad, integrando la metodología de Lean Manufacturing, con el cual se identificaron los principales factores e indicadores de la productividad, se optimizaron los recursos y se disminuyeron los desechos al minimizar la tasa de productos defectuosos, los tiempos de espera y transporte, etc. Por otra parte, aumento la satisfacción en el servicio, mejoro las condiciones del trabajo y la satisfacción de los empleados. Este estudio aporta una guía para el desarrollo de un método que mejore la productividad en empresas manufactureras (Eshetu, 2017, p. 5-84).

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE CALZADO CONVENCIONAL

Inicialmente se realiza un diagnóstico del proceso de calzado convencional teniendo en cuenta los factores que afectan la productividad, para así identificar las posibles actividades a mejorar en el mismo.

2.1 Caracterización del proceso y sus variables

2.1.1 Descripción general del proceso

Antes de iniciar el proceso de montaje de calzado convencional, está el proceso de troquelación donde se corta a presión el material a utilizar (lona, tela, cuero), por medio de una troqueladora y por medio de la cortadora a base de Láser, posteriormente el material pasa por el proceso de costura.

El proceso de la línea convencional inicia con el montaje de corte en la horma, el cual se rige por las hojas de construcción, donde se encuentran las especificaciones del estilo a producir, y se verifica que el corte no está torcido y no presenta ninguna anomalía, se colocan los orificios de la horma en la calzadora de corte y se coloca la pala entre el corte y la horma, accionando la pala con el pie (golpear con martillo, la pala abre el corte). Luego se amarra el corte con un cordón de tela para ajustar el corte a la horma.

Antes de iniciar el proceso de montaje de calzado convencional, está el proceso de troquelación donde se corta a presión el material a utilizar (lona, tela, cuero), por medio de una troqueladora y por medio de la cortadora a base de Láser, posteriormente el material pasa por el proceso de costura.

Se procede a aplicar el adhesivo en el borde del material, el adhesivo puede ser Látex (compuesto a base de agua), o compuestos a base de poliuretano (en solvente o agua), también puede ser una mezcla bipolar, beneficiando la reacción con la aplicación del aditivo, el cual se aplica con un

cepillo a una altura determinada de acuerdo con el estilo, después se aplica una capa con brocha de otro adhesivo bipolar en la puntera.

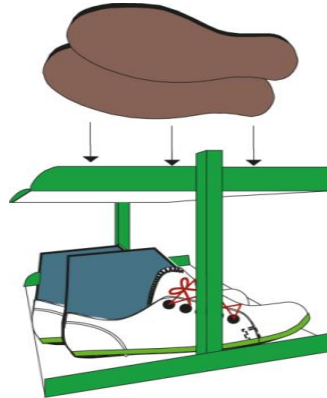
Posteriormente se aplica el cemento base caucho al borde y en el fondo de la suela, para así poder unir el zapato a la suela; mientras el calzado se transporta en un túnel de secado, a una temperatura de aproximadamente 90°C, se coloca el caucho de la puntera, el cual debe ir refrescado con cemento y más adelante el caucho de la primera cinta en el borde de la altura de cepillado, todo procedimiento relacionado con la aplicación del caucho va seguido de prensa y/o rodillo, por esta razón el siguiente paso es pasar el calzado por una máquina de prensado y rodillar alrededor del caucho adherido.

Se coloca la suela, la cual lleva una plantilla intermedia, llamada “Filler” (material reutilizado de las cintas de otros procesos) y se pega la suela, se transporta el calzado y se adhiere la segunda cinta, se rodilla la cinta y se coloca el caucho en la sobrepuntera, la cual es una cinta fraccionada (especialmente para jugar micro fútbol), se coloca el sello de la marca y se prensa el contorno del zapato, pasa por un proceso de rodillado o asentamiento nuevamente y se ubica el calzado en la “mesa de crudo”, donde se revisa el mismo para detectar los problemas de la línea y evitar que el producto tenga defectos. El zapato pasa por el túnel secador, donde se activan los adhesivos y el cemento, en rango de temperatura de 90°C a 100°C, durante 11 - 15 minutos, para luego prensar la suela junto con el caucho.

Los cortes, las suelas, las cintas y los zapatos se ubican en un elemento llamado carro, el cual se desplaza a lo largo de la línea y pasan por todas las operaciones para llevar a cabo el proceso, a continuación, se pueden observar imágenes de carros utilizados en el proceso de calzado. En la figura 11 se puede observar el carro superior.

Figura 11.

Carro superior

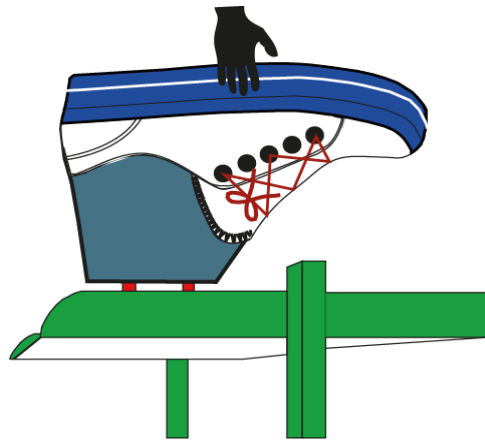


Nota. La figura representa el carro superior.

En la figura 12 se observa la ubicación de la horma en el carro ubicado en la parte inferior.

Figura 12.

Carro inferior



Nota. La figura representa el carro inferior.

Los pares de zapatos son ubicados en los carros superiores e inferiores para ingresar al proceso de vulcanizado por autoclave, el calzado ingresa al horno en cochadas, cada cochada consta de 37 carros, cada carro consta de 4 pares, es decir que ingresan al horno 148 pares, el horno se encuentra

a una temperatura aproximada de 110 - 120°C y después de un ciclo de 51 minutos sale la cochada del horno.

Por último se descalza el zapato de la horma, y catorce (14) personas se encargan de realizar los retrabajos necesarios (por lo general pegar las cintas y limpiar nuevamente la suciedad generada por el vapor de la caldera), los revisadores verifican que los pares de zapatos se encuentren en buen estado y se empaca cada par de zapatos con su respectiva etiqueta, los zapatos empacados pasan por un transportador donde se reparten por cajas de acuerdo a las tallas, una vez empacado se inspecciona el producto terminado y se transporta al área de almacenamiento.

A continuación, se sintetiza el proceso de calzado convencional por medio del diagrama de bloques:

Figura 13.

Diagrama de bloques

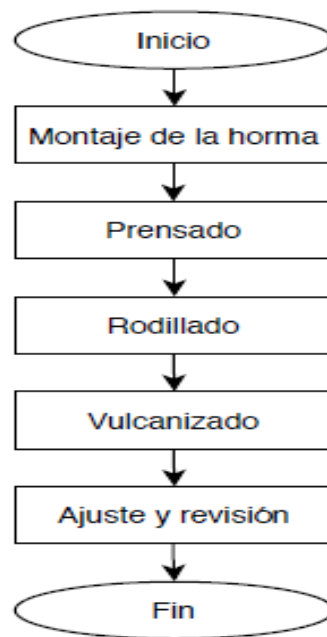


Nota. La figura muestra el diagrama de bloques del proceso.

También se presenta el diagrama general del proceso con las principales etapas del proceso de montaje de calzado, por medio del siguiente diagrama de flujo en la figura 14.

Figura 14.

Diagrama general del proceso

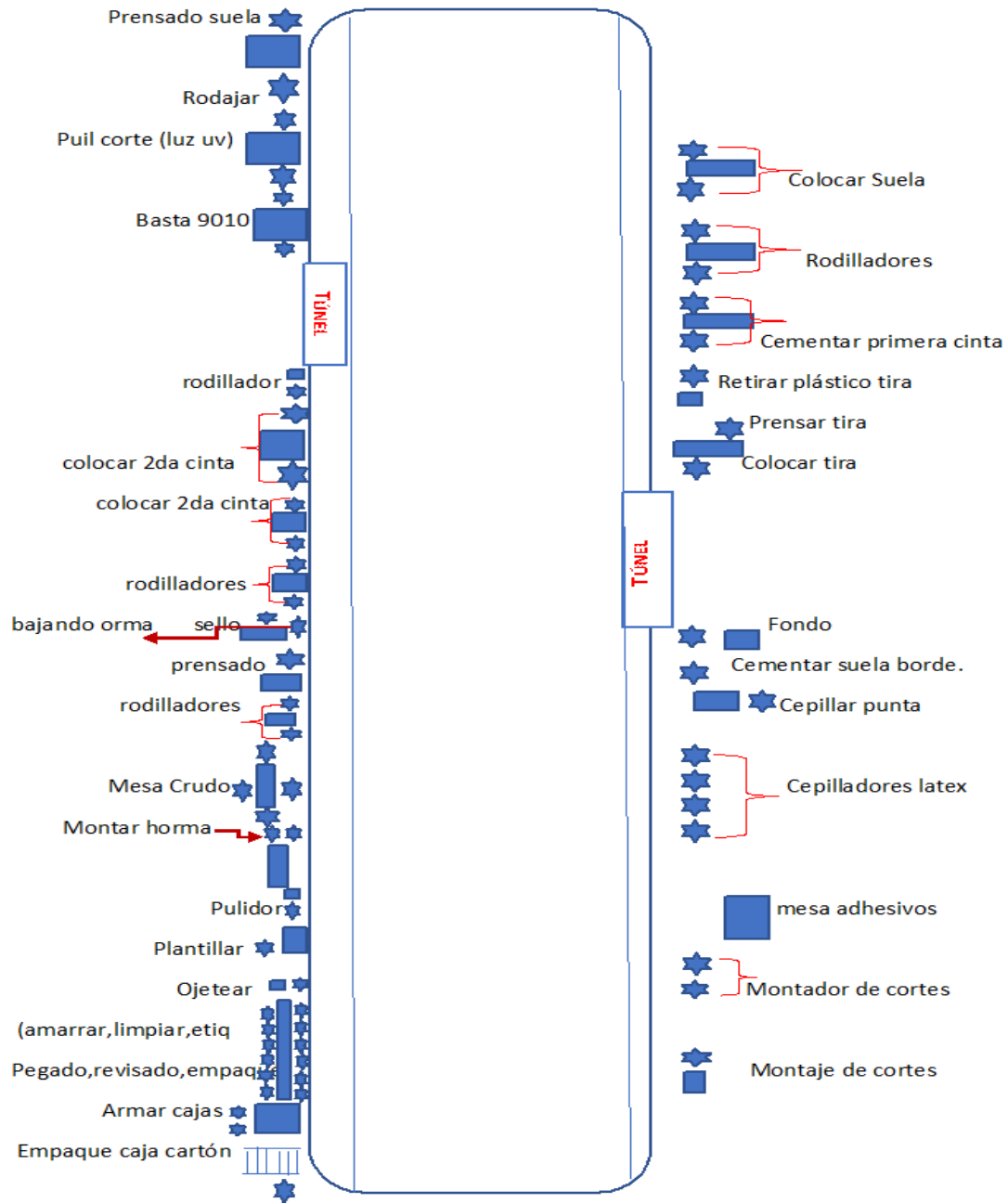


Nota. La figura muestra el diagrama de flujo del proceso.

Con el fin de brindar claridad en cuanto a la secuencia del proceso, se muestra en la figura 15 la ubicación del personal en la línea de producción.

Figura 15.

Ubicación de personal en la línea productiva



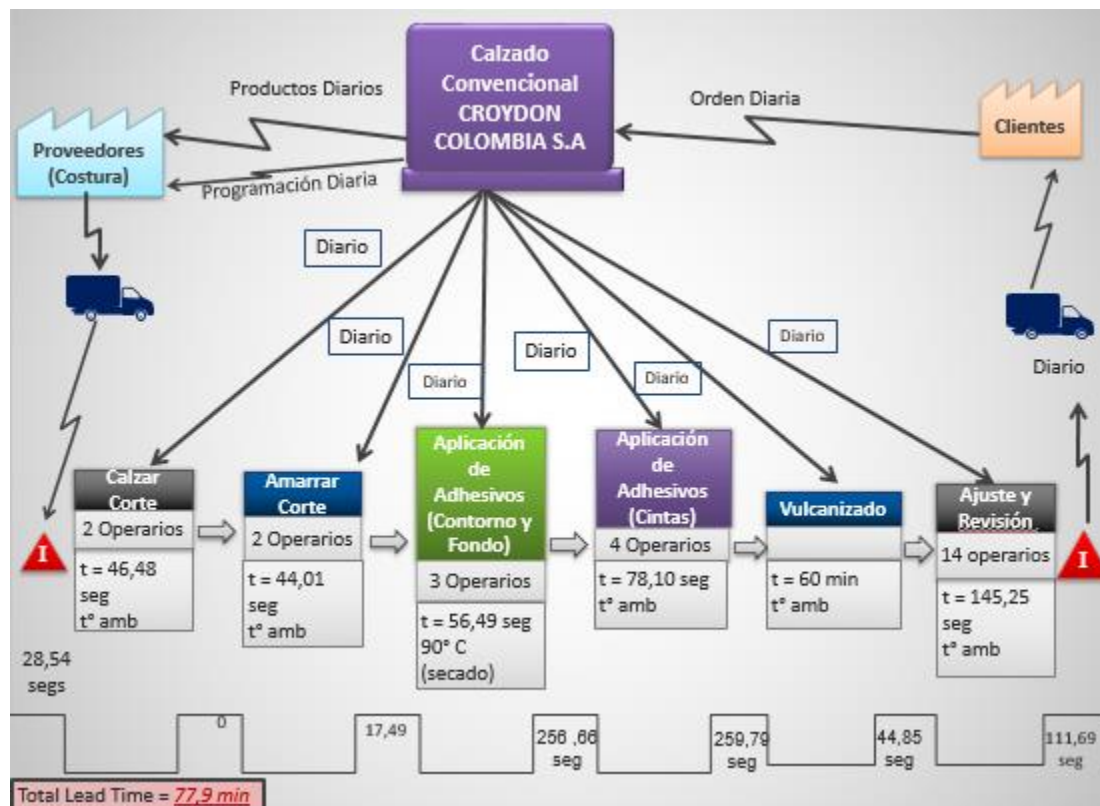
Nota. La figura muestra la ubicación del personal de acuerdo a las diferentes operaciones en la línea de producción.

2.1.2 Value Stream Mapping (VSM) del proceso

Es primordial representar esquemáticamente el proceso de montaje de calzado para así identificar las operaciones a mejorar, el cual se presenta a continuación:

Figura 26.

Value Stream Mapping del proceso de calzado convencional



Nota. En la figura se expone el Value Stream Mapping del proceso con sus principales operaciones.

Las operaciones que se representaron en el mapa de flujo de valor son: calzar corte, amarrar corte, aplicación de adhesivos (contorno y fondo), aplicación de adhesivos, encintado, vulcanizado, y ajuste y revisión.

Las variables que intervienen en estas operaciones son: tiempo, mano de obra y temperatura. La operación que necesita mayor número de operarios es ajuste y revisión, lo cual se debe a los

inconvenientes que se presentan en las operaciones anteriores, especialmente por suciedad del calzado y despegue de las cintas.

El total de tiempo de las operaciones mostradas en el Value Stream Mapping Value (VSM) es de 77, 9 min, siendo el mayor tiempo requerido el de vulcanizado, estos datos hacen referencia únicamente al seguimiento de un par de zapatos, aunque es un proceso continuo; pero se hace de esta forma para poder realizar la medición de los tiempos requeridos al detalle.

2.2 Identificación de las posibles mejoras del proceso

La identificación de las posibles mejoras del proceso de calzado convencional se realiza por medio de la observación directa y del reconocimiento de los puntos críticos, de común acuerdo con los líderes del proceso.

2.2.1 Observación directa

El papel del investigador en esta observación directa es la participación activa, debido a que participa en la mayoría de las actividades, manteniéndose como observador y no mezclándose con los participantes del proceso. Este instrumento permite analizar el proceso desde el inicio hasta el final, con el fin de identificar las posibles oportunidades de mejora a realizar.

En la observación se encuentra que en cada carro se pueden ubicar 4 pares de zapatos y se pueden enviar 4 carros por hora, que corresponde a 36 y 40 carros por turno (7.5 horas), 7 a 8 cochadas, a partir de la cuarta cochada la energía se acumula en los hornos, por lo cual se podría modificar el diseño de los carros ubicados en la parte inferior, donde el pin metálico se ajuste a la horma de Aluminio, como también modificar la distribución del carro, de tal forma que exista firmeza en la horma y el correcto espacio entre zapatos.

En cuanto al ingreso de los pares de calzado al horno, existe el inconveniente de las hormas (de material de aluminio), tienen un orificio que hace que la horma se incline y el zapato caiga, teniendo fricción con el zapato ubicado a su lado, por esta razón.

La acumulación de energía en los hornos debido a la antigüedad y a la falta de rigurosidad en los parámetros de los equipos genera variaciones de temperatura en los mismos, ocasionando que la temperatura indicada por el equipo sea diferente a la temperatura real, como resultado de esto la adhesión de los pares que ingresan al horno no es la misma, lo que hace que existan reprocesos.

Adicional el sistema de refrigeramiento es antiguo, y su temperatura varía en los diferentes puntos, lo que hace que a los pares de zapatos que atraviesan el sistema salgan con una temperatura elevada, ocasionando que las cintas se despeguen y se deban limpiar nuevamente con solvente.

En este punto una posible solución sería ubicar un extractor y ampliar el túnel para que los pares duren más tiempo en el mismo y se empiecen a enfriar lo más pronto posible, en la empresa se usa un segundo carril para enfriamiento en la parte inferior, pero esto ocasiona que aumente la suciedad en las cintas de los zapatos.

Otra posible solución es implementar un recubrimiento al túnel, con el fin de proteger los carros y por ende el calzado al momento de ser transportado no sea afectado por el vapor generado en los hornos.

La operación de calzar corte es completamente manual, esta operación se puede automatizar o semiautomatizar para así reducir la fatiga del operario y el tiempo empleado en la actividad, en cuanto a la operación de amarrar corte se utilizan cordones de tela, estos cordones pueden ser sustituidos por material elástico o de otro tipo, para así reducir la fatiga del operario al igual que el tiempo.

La aplicación del contorno del corte y del fondo del mismo se realiza por aparte, es importante buscar una alternativa de aplicación de adhesivo sumergiendo el corte en el adhesivo para reducir tiempo y mano de obra.

Uno de los inconvenientes que se presentan son la coagulación de los adhesivos, los cuales se deben preparar cada 10 min o 15 min, es importante aumentar el tiempo de coagulación con nuevos adhesivos para aplicarlos en el contorno y en el fondo del corte, buscando un adhesivo que se

puede aplicar tanto en el contorno como en el fondo del corte, evitando a su vez que estas dos actividades se realicen por separado.

Una oportunidad de mejora también relacionada con los adhesivos es reducir el tiempo de gelificación del adhesivo que se aplica para la segunda cinta.

Se utiliza cinta de amarre para evitar despegue y vacíos entre la primera cinta (razón estética) y la suela, este material es un costo adicional, que puede ser eliminado, empleando un compuesto con alta adhesión y fijando bien las diferentes partes del zapato, principalmente pegando la suela centrada en el corte.

Las cintas se ubican en unos libros con portadas de madera y páginas de hule, los cuales son pesados y su manipulación se dificulta, a su vez se desperdicia la cinta porque la longitud varía de acuerdo con la talla y esto hace que se deba recortar y los recortes se deben reprocesar. Es necesario buscar un mecanismo diferente a los libros, donde se puedan ubicar la cinta de forma continua, que permita una mejora en su manipulación y el uso exacto según las tallas, reduciendo la generación de recorte.

En el proceso se evidencia la repetición de operaciones y rectificación del pegado de las cintas, de la calidad en general y la limpieza del calzado; lo cual genera acumulación del producto, aumenta la necesidad de operarios y afecta negativamente la productividad de la empresa, lo cual se ve reflejado en la mano de obra, como por ejemplo en la mesa de finalizaje, donde se encuentran 14 personas realizando ajustes al producto. Por esto se recomienda, evaluar indicadores que permitan la toma de acciones de retrabajos en la línea de producción. (recomendación: medición de los retrabajos).

Los tableros utilizados para el control de calidad y el control de devoluciones para calidad son insuficientes, por lo cual se debe crear un sistema de gestión visual que permita que todos los trabajadores relacionados con el proceso conozcan la información relacionada con las variables del proceso a realizar y las especificaciones del estilo, de esta forma se reduce el riesgo de cometer errores y se mejora la comunicación entre las diferentes áreas.

En cuanto a las mejoras relacionadas con el medio ambiente se debe evitar el uso innecesario de solventes, reducir el impacto de residuos ordinarios como el látex, el desperdicio de caucho, la falta de ventilación en el área de producción, y las emisiones ocasionadas por la etapa de vulcanización (hornos).

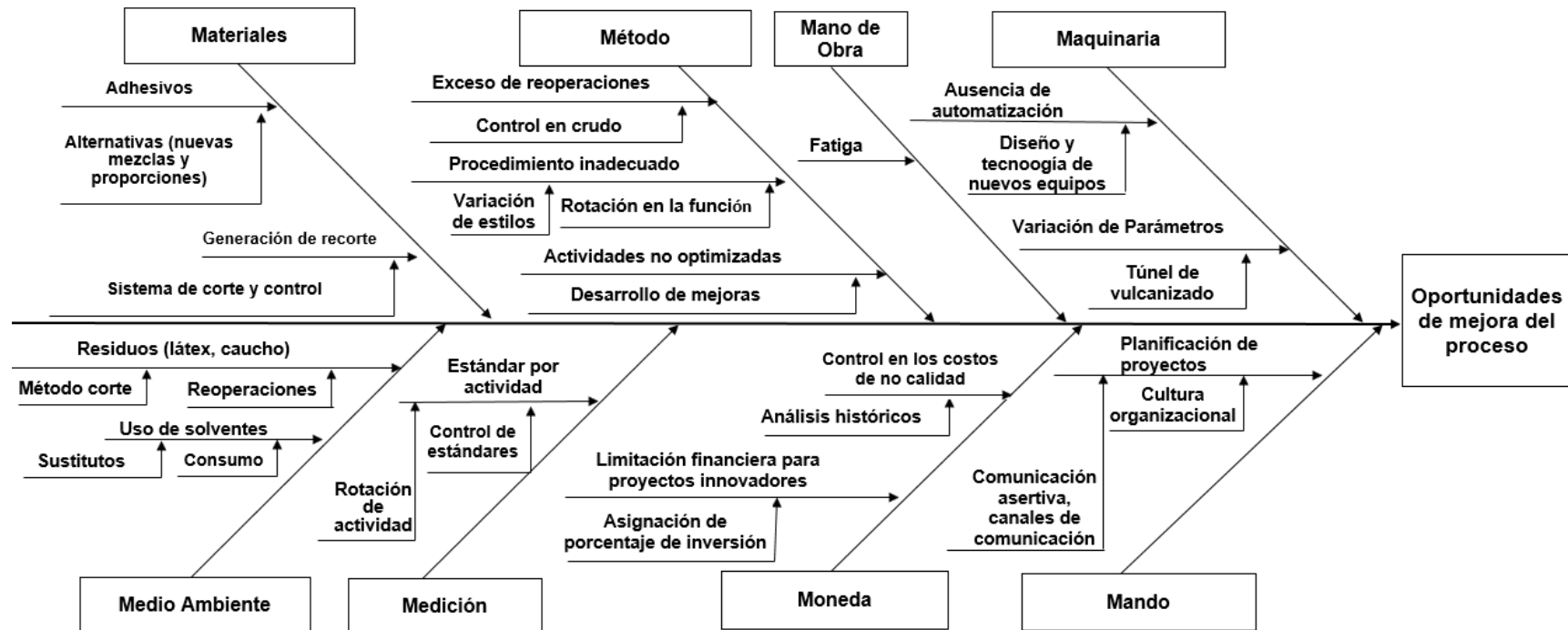
Para poder llevar a cabo las mejoras es fundamental conformar un equipo Kaizen, integrado tanto por directivos como por operarios, y trabajar de forma conjunta.

2.2.2 Análisis del proceso por medio de la herramienta de calidad: Ishikawa teniendo en cuenta la metodología 8m's

El diagrama Ishikawa, también llamado causa – raíz, como su nombre lo indica permite identificar las causas – raíces de un problema y su pertinente análisis de acuerdo con las variables o factores de este. En este caso las variables que se van a tener en cuenta son: materiales, método, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición, moneda y mando; conocidas como 8M's.

Figura 17.

Diagrama de Ishikawa



Nota. En la figura se observa el diagrama Ishikawa del proceso, teniendo en cuenta la metodología 8M's.

2.2.3 Reconocimiento de los puntos críticos de común acuerdo con los líderes del proceso

Este análisis se realiza teniendo en cuenta la observación del investigador y el criterio de fuentes de expertos, en este caso los líderes del proceso; lo cual se realiza por medio del método Delphi, este consiste en un proceso comunicativo donde los expertos aportan sus ideas sobre la investigación. El proceso consiste básicamente en seleccionar los participantes, realizar el proceso iterativo en rondas, y analizar los resultados de la discusión (López, 2018, p. 6).

Los expertos que hicieron parte del proceso son: gerente de producción, director técnico, jefe de calidad, jefe de producción, jefe de ingeniería, jefe especialista de taller de moldes, y jefe de diseño y desarrollo. El investigador realiza la observación directa e identifica las oportunidades de mejora, las socializa con los líderes de proceso y de esta forma se eligen se discuten y se establecen los puntos críticos, los cuales son: operación de calzar corte, la colocación de la segunda cinta, los libros donde se encuentran ubicadas las cintas, el amarre de los cortes, el primer cepillado, entre otras.

2.3 Medición de la productividad

Es importante realizar la medición de la productividad en un estado inicial (periodo 0) para así compararla con la productividad final (periodo 1), es decir después de realizar las mejoras. La medición de la productividad se realiza por el método Sumanth, debido a que el método de valor agregado tiene en cuenta variables más amplias y que incluyen toda la organización, mientras que el método de Sumanth permite observar la afectación de los insumos con mayor precisión de acuerdo a las herramientas Lean utilizadas para las diferentes operaciones.

2.3.1 Productividad total

La productividad es la relación de los resultados, es decir la suma de los ingresos operacionales y de los ingresos no operacionales (se debe tener en cuenta el porcentaje de participación de la línea de calzado convencional), entre los insumos totales, donde en este caso se incluye la mano de obra,

los insumos fijos, los insumos de capital de trabajo, los insumos de energía, los materiales y otros insumos.

En el presente documento no se especifican los valores para cada insumo y se presentan valores ajustados para las entradas y las salidas, lo cual se debe a la confidencialidad de la información con la organización.

$$Productividad\ Total = \frac{Resultados}{Insumos}$$

Productividad Total

$$= \frac{Resultados}{Mano\ de\ Obra + Capital\ Fijo + Capital\ de\ Trabajo + Energía + Materiales + Otros\ Insumos}$$

Productividad Total

$$= \frac{1.594.538.198,28}{176.161.935,44 + 213.221.333,33 + 4.093.558.343 + 696.503.242,00 + 152.640.000 + 306.867.147,33}$$

$$= 0,2828$$

Calculando la productividad total inicial en el proceso se obtiene que por cada peso invertido se generan 0,2828 pesos; esto se debe a que el total de los insumos equivale a 5.638.952.001 pesos, donde la inversión más alta es la de mano de obra por los procesos directos e indirectos que se requieren para la fabricación. Al aplicar las mejoras, las cuales se relacionan con los diferentes insumos, se reducirán los costos para los mismos, permitiendo obtener un mejor resultado en la productividad total.

2.3.2 Productividades parciales

Las productividades parciales que se determinan en este proyecto son: mano de obra, insumos de capital fijo, insumos de capital de trabajo, insumos de energía y materiales.

$$\text{Productividad de Mano de Obra} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Insumos de Mano de Obra}}$$

$$\text{Productividad de Mano de Obra} = \frac{1.594.538.198,28}{176.161.935,44} = 9,05$$

Para el cálculo de la productividad de mano de obra los recursos que se incluyen son las operaciones, el personal de mantenimiento y el personal administrativo. Estas cifras indican que la inversión en mano de obra equivale al 11% de la compañía. Obteniendo que por cada peso que se invierte se ganan 9,05 pesos; las mejoras que impactan este insumo están relacionadas con las operaciones, al optimizar las operaciones, se requiere menos mano de obra operativa, permitiendo que este indicador aumente.

$$\text{Productividad de Capital Fijo} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Insumos de Capital Fijos}}$$

$$\text{Productividad de Capital Fijo} = \frac{1.594.538.198,28}{213.221.333,33} = 7,48$$

La productividad de capital fijo se calcula dividiendo los resultados entre los insumos fijos, los cuales son: maquinaria y equipo, flota y equipo de transporte, equipo de oficina, equipo de cómputo, construcción y edificio, y acueducto, planta y redes. Estos valores indican que el capital fijo representa el 13% de los ingresos de la compañía. Se tiene que por cada peso invertido en el capital fijo se obtienen 7,48 pesos. Las mejoras relacionadas con maquinaria y equipo permitirán que la inversión de capital fijo disminuya y por lo tanto esta productividad aumente.

$$\text{Productividad de Capital de Trabajo} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Insumos de Capital de Trabajo}}$$

$$\text{Productividad de Capital de Trabajo} = \frac{1.594.538.198,28}{4.093.558.343} = 0,39$$

Para la medición de la productividad de capital de trabajo, los insumos que se tienen en cuenta son: activo disponible, inversiones, deudores e inventarios. El capital de trabajo equivale al 2,6% de ingresos; y por cada peso invertido se gana 0,39 pesos. De acuerdo con las oportunidades de mejora de este proyecto, el costo de los inventarios se puede reducir, para así aumentar la productividad de este capital.

$$\textit{Productividad de Energía} = \frac{\textit{Resultados}}{\textit{Insumos de Energía}}$$

$$\textit{Productividad de Energía} = \frac{1.594.538.198,28}{201.985.940,1} = 7,89$$

Los recursos de energía que se tienen en cuenta para medir esta productividad parcial son: gas, energía eléctrica, y combustibles y lubricantes. La energía representa el 13% de los ingresos; y se obtiene que se ganan 2,29 pesos por cada peso invertido. El costo de la energía es constante, por lo tanto, no depende de la producción. Sin embargo, al aumentar la producción por medio de las mejoras, se aprovechan mejor estos recursos.

$$\textit{Productividad de Materiales} = \frac{\textit{Resultados}}{\textit{Insumos de Materiales}}$$

$$\textit{Productividad de Materiales} = \frac{1.594.538.198,28}{152.640.000} = 10,45$$

La productividad de materiales se mide teniendo en cuenta el insumo de las cintas de caucho, debido a que este es el insumo con mayor costo. Las cintas equivalen al 9,6 % de los ingresos; por cada peso que se invierte se ganan 10,45 pesos. Este indicador puede tener una mejora significativa al reducir la generación de cinta con el sistema de corte y control; ahorrando también los costos del reproceso de la misma.

$$\textit{Productividad de Otros Insumos} = \frac{\textit{Resultados}}{\textit{Otros insumos}}$$

$$\textit{Productividad de Otros Insumos} = \frac{1.594.538.198,28}{306.867.147,33} = 5,20$$

La productividad de otros insumos tiene en cuenta los costos de: seguros, mantenimiento y gastos legales, adecuaciones e instalaciones, dotación y suministros, y amortización. Estos insumos equivalen al 19% de los ingresos de la organización; al calcular esta productividad parcial se tiene que por cada peso invertido se generan 5,20 pesos. Las oportunidades de mejora que se relacionan con esta productividad parcial son aquellas que permiten la reducción en mano de obra, ya que reducen los costos por dotación y suministros; como también las mejoras relacionadas con la optimización del proceso, al permitir que la amortización se aproveche con mayor tiempo de producción, y así reducir los tiempos muertos.

4. ESTABLECIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

De acuerdo con el diagnóstico inicial del proceso, es necesario establecer las herramientas de mejora a partir de la aplicabilidad de las herramientas de Lean Manufacturing.

3.1 Identificación de las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso

Por medio de una reunión con las personas involucradas en el proceso se socializan las oportunidades de mejora con los jefes de área: Gerente de producción, Gerente Técnico, Jefe de Producción, Jefe de Ingeniería, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Calidad y Jefe de Taller de Moldes.

Las oportunidades de mejora incluyen el establecimiento del equipo KAIZEN, la reducción de la carga de trabajo al operario y el tiempo de la operación de montaje de corte, la reducción del tiempo para la preparación de los adhesivos, aumentando el tiempo de gelificación del adhesivo investigando con nuevas mezclas para la aplicación en el cepillado del contorno y el fondo del corte, como también en el cepillado para la colocación de la segunda cinta, la reducción del tiempo, la mano de obra y el material en la aplicación del adhesivo en el primer cepillado (contorno y fondo), eliminar el costo de la cinta de amarre, disminuir la fuerza que el operario ejerce en la operación de amarrado al igual que el tiempo requerido, reducción de la generación de recorte de cinta (material que es reprocesado y se conoce como filler), y reducir el riesgo de cometer errores mediante la mejora de la comunicación entre áreas por medio de la gestión visual.

La identificación de las mejoras se realizó a través de la siguiente matriz donde se encuentran los siguientes campos: oportunidad de mejora, herramienta Lean aplicable y alcance de la herramienta.

Tabla 5.*Matriz de identificación de herramientas Lean*

Oportunidad de mejora	Herramienta lean aplicable	Alcance de la herramienta
Conformar el Equipo Kaizen	Kaizen	Implementar mejoras y reducir ineficiencias. Aumentar la productividad y la competitividad.
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.
Disminuir el tiempo de la operación de calzar corte y la fatiga del operario a través de la automatización o semiautomatización.	SMED	Método de reducción de los desperdicios (tiempo de cambio)
	Jidoka	Automatización o semiautomatización.
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.
Reducir el tiempo empleado en la preparación de los adhesivos, aumentando el tiempo de gelificación de los mismos, por medio de la evaluación de nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte.	SMED	Método de reducción de los desperdicios (tiempo de cambio).
	Muda	Eliminar desperdicio.
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.

Tabla 5.*(Continuación)*

Oportunidad de mejora	Herramienta lean aplicable	Alcance de la herramienta
Reducir el tiempo, el material y la mano de obra, buscando la alternativa de aplicación de adhesivo sumergiendo el corte u otra alternativa que permita aplicar el adhesivo en el contorno y el fondo del corte por el mismo operario.	SMED	Método de reducción de los desperdicios (tiempo de cambio).
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.
Eliminar el costo adicional de la cinta de amarre, empleando un compuesto con alta adhesión.	Causa - Raíz	Identificar el origen y del problema
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Muda	Eliminar desperdicio.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar. cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.
Disminuir la fuerza para amarar y el tiempo de la operación, sustituyendo los cordones de tela por otro material.	SMED	Método de reducción de los desperdicios (tiempo de cambio)
	Muda	Eliminar desperdicio.
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.

Tabla 5.*(Continuación)*

Oportunidad de mejora	Herramienta lean aplicable	Alcance de la herramienta
Reducir el tiempo empleado en la preparación del adhesivo utilizado en la segunda cinta, aumentando el tiempo de gelificación del mismo, evaluando mezclas alternativas.	Causa – Raíz	Identificar el origen y del problema
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Muda	Eliminar desperdicio.
	SMED	Método de reducción de los desperdicios (tiempo de cambio)
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.
Disminuir la generación de recorte de cintas y la fatiga por la manipulación de los libros, evaluar un mecanismo diferente, permitiendo que la cinta se pueda utilizar de forma continua y exacta según las tallas.	Muda	Eliminar desperdicio
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
Reducir el riesgo de cometer errores y mejorar la comunicación entre las diferentes áreas, por medio de un sistema de gestión visual que brinde información acerca de las variables del proceso y las especificaciones del estilo.	Gestión Visual	Aplicar técnicas visuales en los procesos para transmitir información de forma clara.
	PHVA	Generar procesos de mejora continua.
	Gemba	Identificar actividades que no agregan valor: identificar cuellos de botella, desperdicios y deficiencias en los procesos.

Nota. Esta tabla muestra la herramienta y su alcance para cada oportunidad de mejora.

De acuerdo con la matriz de análisis operacional las herramientas de Lean Manufacturing aplicables al proceso son: Kaizen, PHVA, SMED, Jidoka, Muda, Causa – Raíz, Gemba, y Gestión Visual.

En todas las mejoras se aplica Gemba, debido a que las mejoras se realizan y se analizan estando en el lugar de trabajo, lugar real donde ocurren las cosas, para así identificar los cuellos de botella, los desperdicios y las deficiencias del proceso; también se aplica el ciclo PHVA, debido a que en cada mejora se debe planificar, hacer, verificar y actuar.

3.2 Priorización de las mejoras por medio de un análisis de Pareto

Una vez identificadas las oportunidades de mejora y las herramientas de Lean para cada una de estas, se priorizan las mejoras por medio de un análisis de Pareto. Lo anterior es referente al mejoramiento del proceso en la línea como tal, y cada una de las posibles mejoras tiene una calificación de acuerdo con la prioridad o afectación del punto crítico. En la tabla 6, se especifica la calificación para la construcción de la Matriz de análisis operacional de acuerdo con la escala de Likert.

Tabla 6.

Calificación de las oportunidades de mejora

Calificación	Importancia de la mejora
1	Muy baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

Nota. Esta tabla muestra la calificación de acuerdo con la importancia de la mejora.

De esta forma el investigador se reúne nuevamente con los líderes de proceso, está vez para decidir el nivel de importancia para cada oportunidad de mejora y se promedia la calificación para cada una de las mejoras, es así como se garantiza que el resultado de la investigación arroje idoneidad

y pertinencia en cuanto a la posibilidad de implementar las diferentes herramientas para cada oportunidad de mejora.

En la siguiente tabla se puede observar cada oportunidad de mejora junto con su ponderación.

Tabla 7.

Matriz de análisis operacional

Oportunidad de mejora	Ponderación
Establecer el Equipo Kaizen	5,0
Disminuir el tiempo de la operación de calzar corte y la fatiga del operario a través de la automatización o semiautomatización.	5,0
Reducir el tiempo empleado en la preparación de los adhesivos, aumentando el tiempo de gelificación de los mismos, por medio de la evaluación de nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte.	5,0
Reducir el tiempo, el material y la mano de obra, buscando la alternativa de aplicación de adhesivo sumergiendo el corte u otra alternativa que permita aplicar el adhesivo en el contorno y el fondo del corte por el mismo operario	5,0
Eliminar el costo adicional de la cinta de amarre, empleando un compuesto con alta adhesión.	4,0
Disminuir la fuerza para amarrar y el tiempo de la operación, sustituyendo los cordones de tela por otro material.	4,0
Reducir el tiempo empleado en la preparación del adhesivo utilizado en la segunda cinta, aumentando el tiempo de gelificación de este, evaluando mezclas alternativas.	3,0
Disminuir la generación de recorte de cintas y la fatiga por la manipulación de los libros, evaluar un mecanismo diferente, permitiendo que la cinta se pueda utilizar de forma continua y exacta según las tallas.	2,0
Reducir el riesgo de cometer errores y mejorar la comunicación entre las diferentes áreas, por medio de un sistema de gestión visual que brinde información acerca de las variables del proceso a realizar y las especificaciones del estilo.	1,0

Nota. Esta tabla muestra la ponderación para cada oportunidad de mejora.

Después de ponderar las oportunidades de mejora, se priorizan las mejoras por medio de un análisis de Pareto.

En la tabla 8 se encuentran los datos necesarios para graficar Pareto.

Tabla 8.

Datos para el diagrama de Pareto

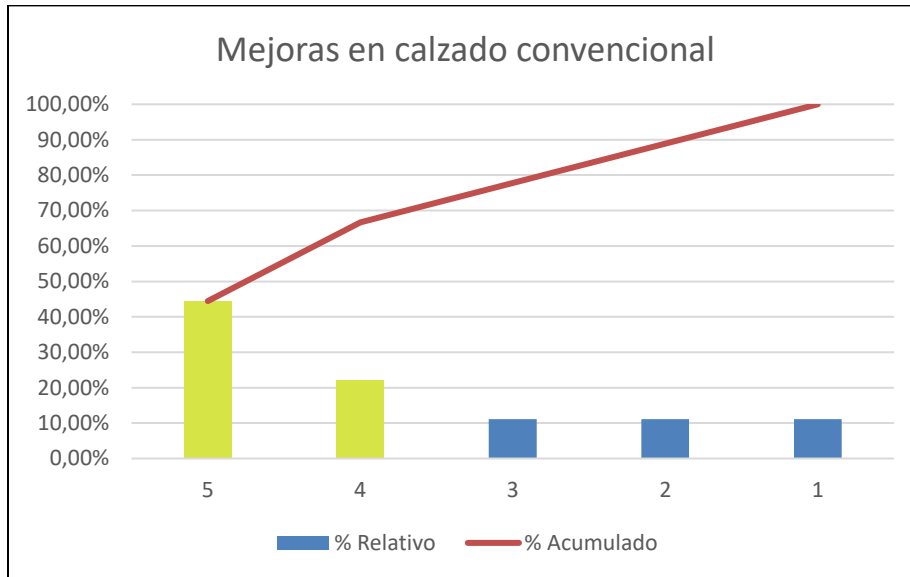
Calificación	Repetición de la calificación	% Relativo	% Acumulado
5	4	44,444	44,44
4	2	22,222	66,67
3	1	11,111	77,78
2	1	11,111	88,89
1	1	11,111	100,00

Nota. Esta tabla muestra los datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto.

En la figura 18 se observa el diagrama de Pareto para las mejoras propuestas en el proceso de calzado convencional.

Figura 38.

Diagrama de Pareto



Nota. La figura muestra el diagrama de Pareto, lo que permite priorizar las mejoras propuestas.

El diagrama de Pareto muestra que las mejoras relacionadas con el equipo Kaizen, la semiautomatización de calzar corte, y la preparación y aplicación de adhesivos representan el 33,33% del total de las posibles mejoras, y generan el 66,67% de las otras causas.

3.3 Establecimiento de planes de acción por cada actividad a mejorar

Se establecen los planes de acción para lograr el cumplimiento de las mejoras, con el fin de optimizar los resultados del proceso.

Tabla 9.*Plan de acción por actividad a mejorar*

Plan de acción 001	
Objetivo	Establecer el equipo Kaizen
Meta	Disminuir 5% los retrabajos en meza de crudo y de finalizaje
Indicador	Productos reprocesados sobre productos producidos
Actividades	1. Realizar la conformación del equipo Kaizen
	2. Determinar las reuniones
	3. Determinar los incentivos
	4. Analizar los beneficios
	5. Trabajar los proyectos de mejora con el equipo Kaizen
Resultado	Desarrollo de proyectos de mejora, aumento de la calidad y la productividad. Satisfacción del cliente.
Responsable de Área	Gerente de producción
Plan de acción 002	
Objetivo	Disminuir el tiempo de la operación de calzar corte y la fatiga del operario a través de la automatización o semiautomatización.
Meta	Reducir 10% el tiempo de la operación
Indicador	Tiempo requerido sobre pares de calzado
Actividades	1. Revisar estilos que presentan problemas que afectan el montaje del corte y corregir especificación y tomar acciones con diseño y desarrollo.
	2. Estandarizar operaciones de control en puntos críticos
	3. Diseñar, proponer y evaluar equipo para calzar corte
	4. Adquirir el método
Resultado	Reducción de fatiga y reducción del tiempo estándar
Responsable de Área	Jefe de Producción

Tabla 9.*(Continuación)*

Plan de acción 003	
Objetivo	Reducir el tiempo empleado en la preparación de los adhesivos, aumentando el tiempo de gelificación de los mismos, y evaluando nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte.
Meta	Reducir 70% el tiempo en la preparación de adhesivos
Indicador	Tiempo empleado en la preparación de adhesivos
Actividades	1. Investigar nuevas mezclas de látex y poliuretano.
	2. Realizar pruebas de adhesión con diferentes mezclas
	3. Elegir la mezcla con mejores resultados de adhesión y costo.
	4. Evaluar pruebas de uso
Resultado	Reducción de tiempo estándar, reducción de mano de obra.
Área responsable	Jefe de Calidad
Plan de acción 004	
Objetivo	Reducir el tiempo, y la mano de obra, en la aplicación de adhesivo, sumergiendo el corte u otra alternativa de aplicación que permita aplicar el adhesivo en el contorno y el fondo del corte por el mismo operario.
Meta	Reducir 5% del tiempo requerido en la operación, y 30% la mano de obra.
Indicadores	Tiempo requerido en la operación sobre pares de calzado Mano de obra requerida sobre pares de calzado
Actividades	1. Capacitar al personal de línea que realiza esta operación para que entienda como afecta el combinar adhesivos diferentes no compatibles.
	2. Realizar la prueba sumergiendo el corte en una bandeja
	3. Realizar la prueba sumergiendo el corte con diferentes alternativas
	4. Evaluar nueva alternativa de aplicación de adhesivo
Resultado	Reducción en el tiempo y el personal, beneficio en la operación de aplicación cemento fondo que realiza la persona que prensa puntera.
Responsable de Área	Jefe de Ingeniería

Tabla 9.*(Continuación)*

Plan de acción 005	
Objetivo	Eliminar el costo de la cinta de amarre, empleando un compuesto con alta adhesión.
Meta	Reducir 100% el costo de la cinta de amarre
Indicador	Cantidad de material empleado
Actividades	1. Realizar prueba a mayor escala con la nueva alternativa de cementado de fondo
	2. Realizar la prueba con diferentes estilos críticos (sintéticos, algodón, lona).
	3. Evaluar pruebas de uso
Resultado	Reducción de costos (material y tiempo).
Responsable de Área	Jefe de Diseño & Desarrollo
Plan de acción 006	
Objetivo	Disminuir la fuerza para amarrar y el tiempo de la operación, sustituyendo los cordones de tela por otro material.
Meta	Reducir 10% el tiempo requerido
Indicador	Tiempo requerido en la operación sobre pares de calzado
Actividades	1. Evaluar el mecanismo de amarrado con uso de cordones elásticos
	2. Analizar nuevas alternativas no elásticas
	3. Evaluar alternativa definida
Resultado	Reducción de defectos por cortes torcidos, ajustados y sueltos. Reducción de tiempo y mano de obra.
Responsable de Área	Jefe de Calidad

Tabla 9.*(Continuación)*

Plan de acción 007	
Objetivo	Reducir el tiempo empleado en la preparación del adhesivo utilizado en la segunda cinta, aumentando el tiempo de gelificación de este, evaluando mezclas alternativas.
Meta	Reducir 70% el tiempo en la preparación de adhesivos
Indicador	Tiempo empleado en la preparación de adhesivos
Actividades	1. Investigar tipos de adhesivos o proveedores para validar diferentes alternativas
	2. Realizar pruebas de adhesión con diferentes mezclas
	3. Elegir la mezcla con mejores resultados de adhesión y que reduzca costo
	4. Evaluar pruebas de uso
Resultado	Reducción en costos.
Responsable de Área	Jefe de Calidad
Plan de acción 008	
Objetivo	Disminuir la generación de recorte de cintas y la fatiga por la manipulación de los libros, evaluar un mecanismo diferente, permitiendo que la cinta se pueda utilizar de forma continua y exacta según las tallas.
Meta	Reducir 20% los recortes de cinta
Indicador	Cantidad de cinta generada en recortes
Actividades	1. Diseñar, proponer y evaluar mecanismo sustituto de libros
	2. Adquirir el método
Resultado	Reducir el costo, eliminar la fatiga por el cambio de estos en área de cauchos y convencional.
Responsable de Área	Jefe de Calidad

Tabla 9.*(Continuación)*

Plan de acción 009	
Objetivo	Reducir el riesgo de cometer errores y mejorar la comunicación entre las diferentes áreas, por medio de un sistema de gestión visual que brinde información acerca de las variables del proceso a realizar y las especificaciones del estilo.
Meta	Disminuir 5% los retrabajos en meza de crudo y de finalizaje
Indicador	Productos reprocesados sobre productos producidos
Actividades	1. Analizar la ubicación de tableros
	2. Proponer información a presentar de forma visual
	3. Crear un sistema de comunicación
Resultado	Mejorar la comunicación entre áreas y disminuir el riesgo de cometer errores.
Área responsable	Calidad

Nota. Esta tabla muestra las actividades para llevar a cabo cada oportunidad de mejora y el resultado esperado.

5. APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Una vez establecidas las herramientas de Lean Manufacturing que se relacionan para cada una de las mejoras identificadas, se procede a su respectiva aplicación por medio del desarrollo de las mejoras.

4.1 Establecimiento del Equipo Kaizen

4.1.1 Conformación

Los integrantes del equipo de mejora son:

- Líder del equipo / Responsable directivo del proyecto
- Dirección / Gerente de producción
- Director técnico/ Ingeniero químico
- Jefe de Calidad / Ingeniero químico
- Jefe de ingeniería / Ingeniero industrial
- Jefe especialista de taller de moldes / Ingeniero mecánico
- Jefe de Diseño & Desarrollo
- Operarios de línea

4.1.2 Reuniones

Se llevarán a cabo inicialmente durante media hora cada 15 días, con el fin de dar a informar los avances de las mejoras propuestas y realizar los ajustes necesarios para las mismas. Será convocada por el líder del equipo y tendrá un orden comunicado antes de la reunión, quien también realizara un acta, que quedara archivada en el área de Calidad, y será remitida a quienes formen parte del equipo de mejora y los relacionados con las decisiones tomadas.

4.1.3 Metodología

La metodología inicial para llevar a cabo es la comparación por pares, la cual permite establecer la prioridad con que se va a llevar a cabo las mejoras establecidas en el proyecto, una vez comparada cada mejora con las demás.

Otra metodología empleada es la lluvia de ideas, también denominada tormenta de ideas o *brainstorming*, la cual facilita la generación de ideas tanto en cantidad como en calidad por un grupo en una reunión. Es útil para la identificación de problemas y de causas, propuestas de acciones, definición de motivos de resistencia, etc.

Se desarrolla en tres fases:

1. El líder expone el objetivo de la mejora
2. Cada integrante expone sus ideas y se van registrando. Se repasan todas las ideas generadas, aclarando las que son confusas, agrupando las semejantes, y rechazando las que no están alineadas con el objetivo.
3. El informe del desarrollo de las mejoras se enviará a los responsables de los cambios a realizar y al Servicio de Calidad (García. J. y Barrasa. J. 2009).

Inicialmente el equipo de mejora tiene un enfoque relacionado con el proceso de calzado convencional y una vez finalizado este proyecto, el equipo precisara y trabajara diferentes mejoras para la organización en general. Se analizarán de manera conjunta la iniciativa de diferentes proyectos de mejora, se propondrán diferentes alternativas para llevarlos a cabo, teniendo en cuenta los posibles beneficios y costos. Se documentará la metodología para las diferentes mejoras establecidas.

4.1.4 Incentivos

La calidad se logra con la cooperación de los miembros de la organización, por eso es importante la inversión en los incentivos y estímulos de creatividad. La motivación de los empleados por medio de incentivos hace que los colaboradores sean más productivos. Estos incentivos pueden ser de reconocimiento, de formación, de tiempo, de producto, promoción, entre otros (García. J. y Barrasa. J. 2009).

Los incentivos para quienes participen activamente en el Equipo Kaizen y contribuya a las diferentes mejoras, van a obtener alguno de los siguientes tipos de reconocimiento: elogiar individualmente o premiar al empleado que se destaca con el reconocimiento frente al grupo, otorgando certificado de su aporte en el desarrollo de la mejora, felicitación pública (cartelera), medallas, etc.

Los beneficios de esta mejora son:

- Disminución de retrabajos (reubicación de 1 operario)
- Estandarización del trabajo
- Reducción de las pérdidas
- Creación del flujo continuo
- Gestión visual
- Aumento del nivel de calidad
- Optimización de la gestión de la empresa
- Incremento en el rendimiento de equipos
- Disminución de la generación de residuos
- Mayor grado de compromiso
- Incremento de la competitividad
- Optimización de la resolución de problemas.

4.2 Automatización o semiautomatización de la operación de calzar corte

Se propone una máquina semiautomatizada con el fin de reducir los tiempos y la fatiga de los operarios.

La máquina se construye teniendo en cuenta la información suministrada en el Canal CIMACMAQUINAS. (2 de mayo de 2017), donde se puede observar la importancia de un equipo como este, al facilitar la operación y agilizar el proceso. Se recomienda continuar optimizando esta operación.

La máquina semiautomatizada consta de las siguientes partes:

- 2 cilindros neumáticos de 50 cm de carrera
- 3 barras de acero de 40 mm de diámetro y longitud de 50 cm
- 3,5 m de tubo de perfil cuadrado 40 mm x 40 mm
- 1 placa de 50 cm x 50 cm x 15 mm
- 2 rodamientos lineales
- 10 palas en PVC
- 1 pivote de acero
- 1 pedal neumático
- 2 mangueras plásticas de 8 mm y 2 m de longitud
- 4 acoples neumáticos para las mangueras

La inversión de la máquina es de \$4'497.000, es una inversión baja, sin embargo, permite la optimización del proceso. En la figura 19 se puede observar la máquina calzadora con una pala. Sin embargo, la organización actualmente cuenta con máquinas dobles (dos palas).

Figura 49.

Máquina semiautomatizada



Nota. Inicialmente con una pala para calzar corte.

Se procede a la optimización del equipo, una vez se adquirido el método; la optimización consiste en adicionar otra pala, con el fin de que se calce el par de cortes y el tiempo de la actividad mejorada se reduce a la mitad. Se realizaron pruebas con diferentes estilos tanto de material sintético como de algodón y la actividad de calzar corte contribuyó en la dirección correcta de corte hacia la horma.

Los beneficios de la semiautomatización en la operación de calzar corte son: la reducción de fatiga, el tiempo se reduce en aproximadamente en 11 seg/par, efecto positivo en la aplicación de adhesivos, mejora la limpieza del producto, reducir defectos por cortes torcidos, apretados o sueltos, se reubica un operario.

4.3 Evaluación de nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte, y modificación del mecanismo de aplicación del adhesivo en el corte

La mejora consiste en el reemplazo del adhesivo # 1 (utilizado en cortes de material de algodón), adhesivo # 2 y adhesivo # 3 (utilizado en cortes de material sintético), y en la modificación del mecanismo del adhesivo en el corte; estas dos mejoras se realizan de forma simultánea porque están relacionadas entre sí.

Se realizó la primera prueba piloto sumergiendo los cortes en una bandeja con 450g del adhesivo propuesto y se agito manualmente durante 1 minuto, para 3 pares talla 38 y 2 pares talla 43, del mismo estilo.

Los datos obtenidos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10.

Datos sumergiendo los cortes en mezcla alternativa # 1

t std	15,72	11,86	12,62	10,84	10,78	20,58	20,66	24,26	25,84	21,5
t sumergido	21,08	21,58	20,74	35,42	20,46	12,82	14,18	12,24	10,94	13,16

Nota. Esta tabla muestra el tiempo estándar de la aplicación del adhesivo en el fondo del corte y el tiempo requerido en aplicar el adhesivo en el contorno y en el fondo del corte al sumergir el corte en la bandeja.

La prueba se realizó con un nuevo estilo para 3 pares talla 38, la variación de los datos se debe a la manipulación de la horma y al nivel de la mezcla, el mayor dato (35,42) fue por la formación de “piscina” al sumergir.

La figura 20 muestra la bandeja donde se sumerge el corte y la aplicación del adhesivo en el fondo de la suela.

Figura 5.

Prueba piloto sumergiendo los cortes en la mezcla alternativa # 1



Nota. Se observa el corte al momento de sumergirlo en la bandeja metálica y la aplicación del adhesivo en la suela.

La temperatura del equipo de vulcanizado debería ser mayor a la actual, debería estar entre 100° C – 105° C, si se quiere mantener la secuencia actual del proceso y también para evitar la filtración en el fondo, porque al no secar bien, al momento de prensar, el adhesivo sale por los bordes por la temperatura del horno (70° C).

También se debe utilizar una cuchilla para evitar el desperdicio, el cual se evidencia al colocar los cortes en los carros.

El producto terminado presento filtración, el cual se vio reflejado al desmontar los cortes de las hormas, por lo cual no es recomendable la aplicación de adhesivo por medio de este método.

De acuerdo con los resultados anteriores, se decidió realizar una nueva prueba con 10 pares, colocando una espuma de 12 mm de espesor, con el fin de evitar la filtración de la mezcla alternativa # 1 en los cortes. Se adicionó 100g de esta mezcla y se procedió a realizar el sumergido. El adhesivo fue absorbido por la espuma lo cual evito la adhesión del producto en los cortes, especialmente en la curva del corte. Por esta razón se descarta completamente el método de sumergido.

Figura 21.

Bandeja, espuma y horma



Nota. Se observa la bandeja metálica con la espuma y el corte al momento de sumergirlo.

Al realizar la prueba sumergiendo el corte en la bandeja con espuma se presentó:

- Filtración en el corte
- Dificultad en el desmontaje de los zapatos
- Absorción del adhesivo en la espuma
- Después de una hora aproximadamente, el adhesivo propuesto forma una pasta al tener contacto con el oxígeno, impidiendo su correcta manipulación, como se observa en figura 22.

Figura 22.

Adhesivo coagulado a los 10 minutos



Nota. En la imagen se puede observar la coagulación del adhesivo propuesto.

Se realizó una prueba con 10 pares de un estilo de material de algodón, unificando la actividad de cepillado de contorno y cementado de fondo, el adhesivo propuesto no se filtró en el corte, y se realizó la prueba de adhesión, evidenciando que la mezcla alternativa # 1 tiene mayor adhesión que el adhesivo # 1, como se muestra en la figura 23.

Figura 63.

Cepillado de contorno



Nota. Se observa el cepillado de contorno y cementado de fondo sin filtración.

Posteriormente se realizó la prueba unificando la actividad de cepillado de contorno con la actividad de aplicación del adhesivo propuesto en el fondo del corte, esta prueba se realizó con 20 pares de otro estilo (material sintético).

Se realizaron pruebas para diferentes estilos, tanto en algodón como en sintético con los diferentes adhesivos y los resultados del análisis de laboratorio que se obtuvieron fueron:

Tabla 11.*Pruebas con los diferentes adhesivos*

	Algodón		Sintético			
Especificación	Adhesivo Propuesto	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Adhesivo Propuesto	Estándar
	Resultado					
Adhesión suela a corte (kgf/cm)	1,2	0,5	0,6	0,3	0,5	2,5 min
Adhesión transversal al corte eje flexión (kgf)	4,3	3,1	3	2,4	2,8	

Nota. Esta tabla muestra los resultados de adhesión empleados en material sintético y en algodón.

En la tabla se evidencia el aumento de la adhesión de la suela al guante y de la adhesión transversal del corte del eje de flexión en relación con el adhesivo propuesto, en especial al adhesivo # 1.

En cuanto al adhesivo # 2 el comportamiento de la fuerza de adhesión es similar ya que solo difieren en 0.2 kg-fuerza.

Se reubica 1 supernumerario al eliminar la preparación de adhesivos, y se reubica 1 operario que aplica el adhesivo en el contorno.

4.4 Eliminación de la cinta de amarre

Con base en esto, se procede a realizar una nueva prueba a mayor escala con las actividades unificadas (aplicación de adhesivo en el contorno del corte y aplicación del adhesivo en el fondo del corte), la utilización del adhesivo propuesto y sin utilizar cinta de amarre.

Se realizaron diferentes ensayos: la primera prueba se realiza con un estilo de algodón, 84 pares de talla 38 y 48 pares de talla 43, para un total de 120 pares; con el fin de constatar la mejora y tener pruebas de uso, antes de la implementación de esta. Todos los pares tuvieron mejor adherencia que con el adhesivo # 1, no filtraron del corte a la horma y no hubo inconveniente al no utilizar cinta de amarre por la efectividad del adhesivo, lo cual disminuye aún más los costos.

También se realizaron pruebas con un estilo de algodón, aplicando la mezcla propuesta en vez de (adhesivo # 3), se enviaron 36 pares los cuales no presentaron novedad tras vulcanizarse el zapato y del que se colocaron pruebas de uso (2 semanas en uso sin novedad), con esto se corroboró que el adhesivo propuesto presenta mejor rendimiento que el adhesivo 3.

Para terminar de corroborar la mejora propuesta con el adhesivo propuesto, se montaron diferentes estilos de algodón sin encontrar novedad tras la vulcanización, es decir que no presenta despegue.

Como anteriormente se había constatado la mejora en la adhesión del corte a la suela y de la cinta al corte, se entregaron dos pruebas de uso del estilo sintético, como complemento de la evidencia de la mejora.

Figura 24.

Pruebas de uso sin cinta de amarre para calzado sintético



Nota. En la figura se pueden observar las pruebas de uso después de un año.

Después de un año, el calzado no evidencia desprendimiento de la cinta a la suela ni de la cinta al corte, tampoco presenta inicios de despegue ni fuelle, por lo tanto, la prueba de uso es aprobada por el cumplimiento de requisitos en prueba de uso.

A excepción del zapato derecho de uno de los usuarios, el cual presenta despegue de la cinta al corte por error de proceso o adhesivos incongruentes y fue reprocesado con adhesivo de Cianoacrilato (Loctite), lo cual indica que ese adhesivo no es el indicado para el reproceso. Esto es ajeno al cambio propuesto debido a que lo que se busca con la mejora es que la adhesión del corte a la suela cumpla con la especificación y la suela no produzca fuelle en el uso.

Al no presentar ningún inconveniente el calzado de material sintético se procede a realizar pruebas de uso con tres de los estilos más complicados de calzado convencional.

Figura 75.

Pruebas de uso sin cinta de amarre para diferentes estilos



Nota. En la figura se pueden observar los estilos de las pruebas de uso, para validar la eliminación de la cinta de amarre.

A continuación, se presentan los costos de los diferentes adhesivos utilizados actualmente en el proceso y el costo del adhesivo que se propone utilizar y el ahorro por Kg de adhesivo.

Tabla 12.

Costos de los diferentes adhesivos

Adhesivo	Costo (Kg)	Ahorro
Adhesivo 1	\$ 9.847,00	\$ 1.626,00
Adhesivo 2	\$ 21.800,00	\$ 13.579,00
Adhesivo 3	\$ 22.000,00	\$ 13.779,00
Adhesivo propuesto	\$ 8.221,00	-

Nota. Se presentan los costos de cada adhesivo

Se realizó la validación del consumo en conjunto con Diseño & Desarrollo y se evidenció que el consumo del adhesivo propuesto es básicamente igual al de los otros adhesivos.

Por otra parte, la cinta de amarre tiene un costo de \$616/ par, se propone quitarla en los diferentes estilos.

Los beneficios de esta mejora son:

- Tiempo de preparación de adhesivos
- Ahorro de cinta de amarre: \$616 par
- No afecta el consumo
- Facilidad de Manipulación de adhesivos
- Ahorro significativo en el costo de los adhesivos

Para el cambio del adhesivo actual en la aplicación de la segunda cinta (adhesivo # 2), el cual se retícula inmediatamente, se realizan diferentes pruebas con el fin de encontrar un adhesivo no coagulante con la proporción adecuada, para así reducir costos y eliminar los tiempos de preparación en la línea cada 10 minutos.

La metodología que se lleva a cabo es realizar diferentes mezclas del adhesivo propuesto, con diferente proporción del adhesivo propuesto y el componente A, y también diferente cantidad de

componente B en el componente A, denominada como mezcla propuesta como se muestra a continuación:

Tabla 13.

Proporción de la mezcla propuesta

Proporción
1.5: 98,5
3.0: 97.0
5.0: 95.0
7.0: 93.0
10.0: 90.0
15.0: 85.0
20.0: 80.0
30.0: 70. 0
40.0: 60.0
50.0: 50.0

Nota. La tabla presenta las diferentes proporciones para analizar su adhesión en los diferentes materiales.

Todas las mezclas anteriores se realizan para porcentaje de componente B de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 3.0% y 5.0%; para un total de 60 mezclas y las variables a evaluar son el tiempo de coagulación y la adhesión suela a corte y cinta a corte (sintético), y la polaridad en el sintético.

Hipótesis nula y demostrada:

- La cantidad de poliuretano base agua afecta la coagulación.
- La cantidad de reticulante poliuretano afecta la coagulación.

A continuación, se presentan los resultados del tiempo de coagulación para cada proporción del 0,5% de componente B en componente A

Tabla 14.

Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 0,5% de componente B en componente A

Tiempo /Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
70 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
80 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 14.*(Continuación)*

Tiempo /Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
1 día	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 días	Su fluidez disminuye y presentan nata						Coagulación al aire libre			
3 días					Coagulación al aire libre					
4 días										
5 días	✓	✓	✓	✓						
10 días	✓	✓	✓	✓						
> 10 días	✓	✓	✓	✓						

Nota. Todas las mezclas almacenadas se conservan después de 15 días

Tabla 15.*Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 1,0% de componente B en componente A*

Tiempo/ Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre
50 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
70 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
80 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada
90 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
100 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación almacenada	
120 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
140 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación almacenada	

Tabla 15.

(Continuación)

Tiempo/ Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
3 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
4 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
5 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
6 horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
1 día	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre			
2 días	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
3 días	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
5 días	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
10 días	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
> 10 días	✓	✓	✓	✓	✓	✓				

Nota. Todas las mezclas presentan menor fluidez a medida que transcurre el tiempo, sin embargo, permite su manipulación.

Las mezclas 1,5:98,5; 3,0:97,0; 5,0:95,0; 7,0:97,0; 10,0:90,0; 15,0:85,0; 20,0:80,0 almacenadas se conserva después de 15 días.

Tabla 16.*Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 1,5% de componente B en componente A*

Tiempo/ Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre
30 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	
40 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre		
50 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	< fluidez			
60 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓				Coagulación almacenada
70 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Coagulación almacenada	
80 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Coagulación almacenada		
90 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
100 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓				

Tabla 16.*(Continuación)*

Tiempo/ Proporción	1.5: 98.5	3.0: 97.0	5.0: 95.0	7.0: 93.0	10.0: 90.0	15.0: 85.0	20.0: 80.0	30.0: 70.0	40.0: 60.0	50.0: 50.0
120 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
3 horas	✓	✓	✓	✓	< fluidez	< fluidez				
4 horas	✓	✓	✓	✓						
5 horas	✓	✓	✓	✓						
6 horas	✓	✓	✓	✓						
1 día	✓	✓	✓	✓						
2 día	✓	✓	✓	✓	Coagula- ción almacena- da					
3 días	✓	✓	✓	✓			Coagulación almacenada			
5 días	✓	✓	✓	✓						
> 10 días	✓	✓	✓	✓						

Nota. Todas las mezclas presentan menor fluidez a medida en que transcurre el tiempo, sin embargo, permite su manipulación. Las mezclas 1,5:98,5; 3,0:97,0; 5,0:95,0; 7,0:97,0; 10,0:90,0; 15,0:85,0; almacenadas se conservan después de 15 días.

Tabla 17.

Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 2,0% de componente B en componente A

t/Pro- porción	1,5: 98,5	3,0: 97,0	5,0: 95,0	7,0: 93,0	10,0: 90,0	15,0: 85,0	20,0: 80,0	30,0: 70,0	40,0: 60,0	50,0: 50,0
10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Coagulación al aire libre
20 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada
30 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada	
40 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación almacenada		
50 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
60 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
70 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
80 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
90 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
100 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
120 min	✓	✓	✓	✓	✓	Empieza Coagulación	Coagulación al aire libre			

Tabla 17.*(Continuación)*

t/Pro- porción	1,5: 98,5	3,0: 97,0	5,0: 95,0	7,0: 93,0	10,0: 90,0	15,0: 85,0	20,0: 80,0	30,0: 70,0	40,0: 60,0	50,0: 50,0
3 horas	✓	✓	✓	✓	✓		Coagulación almacenada			
4 horas	✓	✓	✓	✓	✓					
5 horas	✓	✓	✓	✓	✓					
6 horas	✓	✓	✓	✓	✓					
1 día	✓	✓	✓	✓	✓					
2 días	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre					
3 días	✓	✓	✓	✓						
5 días	✓	✓	✓	✓						
10 días	✓	✓	✓	✓						
>10 días	✓	✓	✓	✓						

Nota. Todas las mezclas presentan menor fluidez a medida en que transcurre el tiempo, sin embargo, permite su manipulación. Las mezclas 1,5:98,5; 3,0:97,0; 5,0:95,0; 7,0:97,0; 10,0:90,0; 15,0:85,0; almacenadas se conservan después de 15 días.

Tabla 18.

Resultados del tiempo de coagulación para cada proporción 5.0% de componente B en componente A

Tiempo/ Proporción	1,5: 98,5	3,0: 97,0	5,0: 95,0	7,0: 93,0	10,0: 90,0	15,0: 85,0	20,0: 80,0	30,0: 70,0	40,0: 60,0	50,0: 50,0
< 10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre
10 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada
20 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada	
30 min	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada		
40 min	✓	✓	✓	✓	✓	Coagulación al aire libre	Coagulación almacenada			
50 min	✓	✓	✓	✓	Coagulación	Coagulación almacenada				
60 min	✓	✓	✓	✓						
70 min	✓	✓	✓	✓						
80 min										
90 min										
100 min										

Tabla 18.*(Continuación)*

Tiempo/ Proporción	1,5: 98,5	3,0: 97,0	5,0: 95,0	7,0: 93,0	10,0: 90,0	15,0: 85,0	20,0: 80,0	30,0: 70,0	40,0: 60,0	50,0: 50,0
120 min										
3 horas										
4 horas										
5 horas										
6 horas										
1 día	< fluidez				Coagulación almacenada					
2 días	Coagulación almacenada									
3 días										
4 días										
10 días										
> 10 días										

Nota. Todas las mezclas presentan menor fluidez a medida en que transcurre el tiempo, sin embargo, permite su manipulación. A los dos días todas las mezclas se encuentran coaguladas.

Después de haber realizado el seguimiento y el control de las diferentes mezclas, se puede observar que todas las mezclas presentan menor fluidez a medida que transcurre el tiempo, sin embargo, permite su manipulación.

Todas las mezclas con 0.5% de componente B, que se encuentran almacenadas se han conservado por más de 15 días, las mezclas con 1.0% y 1.5% de componente B que se han conservado son: 1.5:98.5, 3.0:97.0, 5.0:95.0, 7.0:93.0, 10.0:90.0, 15.0:85.0, 20.0:80; mientras que para las mezclas con 3.0% coagularon a los dos días; y para el caso de las mezclas con 5% de componente B, las mezclas 10.0:90.0, 15.0:85.0, 20.0:80.0, 30.0:70.0, 40.0:60.0, 50.0:50.0 coagularon el mismo día.

De acuerdo con los tiempos de coagulación, las mezclas más adecuadas para sustituir el adhesivo # 2 en la aplicación de la segunda cinta, es la mezcla de 80% (adhesivo propuesto) – 20% (componente A) y la mezcla de 75% (adhesivo propuesto) – 25% (componente A) al 2% y al 1.5% del componente B, por esta razón se realizó la prueba de adhesión de cinta a material sintético (hule) y los resultados obtenidos son:

Tabla 19.

Prueba de adhesión de cinta a material sintético

Mezcla adhesiva	Especificación
75% de Adhesivo Propuesto – 25% de componente A al 2% de componente B	0,53
80% de Adhesivo Propuesto – 20% de componente A al 2% de componente B	0,14
Adhesivo Propuesto	0,01
Adhesivo # 2	0,68

Nota. En la tabla se presenta la especificación de adhesión para cada mezcla.

Una vez realizada la prueba de adhesión se observa que la mezcla 75%-25% mejora la polaridad con respecto al adhesivo propuesto y el resultado de adhesión es cercano al del adhesivo utilizado actualmente (adhesivo # 2 al 3% de componente B).

Tabla 20.

Costo del adhesivo # 2 y del adhesivo propuesto 75%-35%

Adhesivo	Costo (Kg)
Adhesivo # 2	\$ 21.800,00
75% de Adhesivo Propuesto – 25% de componente A al 2% de componente B	\$ 17.189

Nota. En la tabla se puede observar el costo para el adhesivo # 2 y la alternativa propuesta.

El ahorro al sustituir el adhesivo # 2 por la mezcla propuesta # 1 (75% de Adhesivo Propuesto – 25% de componente A al 2% de componente B) es de \$4611/kg.

Con este adhesivo también se elimina la cinta de amarre, la cual tiene un costo de \$616 par.

Los beneficios de esta mejora son:

- Reubicación de 2 operarios
- Tiempo de preparación de adhesivos
- No afecta el consumo
- Facilidad de Manipulación de adhesivos
- Ahorro significativo en el costo de los adhesivos
- Eliminación de la cinta de amarre

4.5 Modificación del mecanismo de amarrar corte

Se realizan pruebas con diferente material elástico para sustituir los cordones de tela, los cuales se pueden observar en la figura 26.

Figura 26.

Material elástico para sustituir los cordones de tela



Nota. En la figura se pueden observar las alternativas elásticas para llevar a cabo los ensayos.

Se realiza la prueba para diferentes estilos con diferentes opciones elásticas y los cortes presentan diferentes arrugas, debido a que la tensión que ejerce el elástico no es suficiente, por esta razón se evalúan dos alternativas con pines:

- 4 conjunto de orificios en puntos claves para colocar pines
- Pin de aluminio incorporado en la horma en los puntos clave

En la figura 27 se puede observar la alternativa y el corte sin presentar arruga.

Figura 27.

Alternativa de pines de Aluminio



Nota. En la figura se puede observar la horma junto con el corte y los pines de aluminio, evidenciando ausencia de arrugas en el corte.

Con esta mejora se logra la tensión necesaria que debe tener el corte sobre la horma, evitando arrugas, disminuye el tiempo de la operación en 19 seg/ par y se reubica 1 operario.

4.6 Evaluación de nuevas mezclas en la aplicación del adhesivo en la segunda cinta

Se realiza la prueba sustituyendo el adhesivo # 1 en la cinta por la mezcla propuesta # 2, (50% - 50%), (70% - 30%) y (80% - 20%) únicamente analizando la adhesión en la suela.

Tabla 21.*Adhesión de cinta a suela*


Análisis de laboratorio		
Actividad: segundo cepillado		
Material por analizar		
1. Suela, refrescado de cintas 50% - 50% Talla 38 (2)		
2. Suela, refrescado de cintas 70% - 30% Talla 38 (2)		
3. Suela, refrescado de cintas 80% - 20% Talla 40 (2) Talla 38 (1)		
Nota: una prueba con 50% - 50% no tuvo adhesión de la suela a la cinta, y una prueba 70% - 30% se vulcanizó de nuevo por falla durante el recorrido del carro.		
Análisis solicitado: adhesión cinta a suela		
	Resultados	Estándar
Adhesión cinta a suela (kgf) 50% - 50%	4,7	6,0 mín.
Adhesión cinta a suela (kgf) 70% - 30%	6,0	6,0 mín.
Adhesión cinta a suela (kgf) 80% - 20%	6,0	6,0 mín.
Análisis de resultados: se evidencia que la adhesión de cinta con la mezcla propuesta # 2 con el 3% de componente B, 50% - 50% es 1,3 menor respecto al estándar y no presenta rasgado de la suela a la cinta, mientras que para la adhesión 70% - 30% y 80% - 20%, la adhesión supera al estándar en 0,5; en la mezcla 80% - 20% presenta mayor rasgado que la mezcla 70% - 30%. Por esta razón se procede a realizar la prueba incluyendo el corte y a solicitar el análisis de adhesión de suela a corte y cinta a corte, y la cinta con proporción de mezcla 80% - 20% y 70% - 30%.		

Nota. La tabla muestra los resultados de la adhesión de la cinta a la suela con diferentes proporciones y para diferentes tallas.

Se realiza la prueba cambiando el adhesivo # 1 en la cinta por mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B, en diferentes proporciones (50% -50%), (70% - 30%) y (80% - 20%), para analizar la adhesión de la cinta al material sintético (hule).

Tabla 22.

Adhesión de material sintético a cinta

Análisis de laboratorio		
Material por analizar		
Hule rojo – cinta		
Análisis solicitado: adhesión cinta a hule.		
	Resultados	Estándar
Muestra N.1 50% - 50% (kgf/cm)	3,3	6,0 mín.
Muestra N.2 50% - 50% (kgf/cm)	6,0	6,0 mín.
Muestra N.1 70% - 30% (kgf/cm)	6,0	6,0 mín.
Muestra N.2 70% - 30% (kgf/cm)	4,1	6,0 mín.
Muestra N.1 80% - 20% (kgf/cm)	6,0	6,0 mín.
Muestra N.2 80% - 20% (kgf/cm)	3,9	6,0 mín.
		
Análisis de resultados: se evidencia que la adhesión de cinta con la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B, 50% - 50% respectivamente tiene un rasgado de 80% y 90%, para las muestras de 70% - 30% el rasgado es de 90% y 100%, y para las muestras de 80% - 20% el rasgado es de 100% y 75%. La variación en los resultados para las diferentes proporciones indica que la mezcla no es estable sin activación.		

Nota. Se realiza la prueba de adhesión con dos muestras de material sintético para diferentes proporciones (50% - 50%), (70% - 30%) y (80% - 20%).

Se analiza la adhesión de cintas a punteras con diferentes proporciones de la mezcla de la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B.

Tabla 23.

Adhesión de cinta a puntera

Análisis de laboratorio		
Material por analizar		
1. Cinta a puntera, mezcla 50% - 50% (A y B)		
2. Cinta a puntera, mezcla 70% – 30% (C y D)		
3. Cinta a puntera, mezcla 80% - 20% (E y F)		
Análisis solicitado: adhesión de cinta a puntera		
	Resultados (kgf)	Estándar (% de caucho rasgado)
Cinta a puntera, mezcla 50% - 50%	3,3	100
Cinta a puntera, mezcla 50% - 50%	6,0	100
Cinta a puntera, mezcla 70% - 30%	6,0	100
Cinta a puntera, mezcla 70% - 30%	4,1	100
Cinta a puntera, mezcla 80% - 20%	6,0	100
Cinta a puntera, mezcla 80% - 20%	3,9	100
Análisis de resultados: se evidencia que la adhesión de cinta con la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B, 50% - 50% respectivamente tiene un rasgado de 60% y 90%, para las muestras de 70% - 30% el rasgado es de 70% y 90%, y para las muestras de 80% - 20% el rasgado es de 90% y 70%.		

Nota. En la tabla se presentan los resultados de la prueba de adhesión de cinta a puntera para las mezclas 50%-50%; 70% - 30% y 80%-20%.

Se realiza la prueba cambiando el adhesivo # 1 en la cinta por mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B (80% - 20%), teniendo en cuenta la aplicación de la mezcla en la cinta después de determinados tiempos de refrescado (40 seg, 45 seg, 5,0 min).

Tabla 24.

Adhesión cinta a corte, puntera a corte y cinta a suela


Análisis de laboratorio				
Material por analizar				
1. Zapato sintético, fondo mezcla propuesta # 1, mezcla propuesta # 2 (80% - 20%), 5.0 min				
2. Zapato sintético, fondo mezcla propuesta # 1, mezcla propuesta # 2 (80% - 20%), 45 seg				
3. Zapato sintético, mezcla propuesta # 1, mezcla propuesta # 2 (80% - 20%), 40 seg				
Análisis solicitado:				
Adhesión cinta a corte (kgf)				
Adhesión puntera a corte (kgf)				
Adhesión cinta a suela (kgf)				
	T 39 Derecho 5min	T 40 Derecho 45 seg	T 40 Izquierdo 40 seg	Estándar
Adhesión cinta a corte (kgf)	3,2	3,4	4,5	2,5
Adhesión puntera a corte (kgf)	1,7	2,4	2,1	2,5
Adhesión cinta a suela (kgf)	6,0	6,0	6,0	6,0
				

Tabla 24.

(Continuación)

Análisis de resultados: una prueba con 50% - 50% no presento adhesión de la suela a la cinta, y una prueba 70% - 30% se vulcanizó de nuevo por falla durante el recorrido del carro. se evidencia que la adhesión de cinta a corte con la muestra propuesta # 2 al 3% de componente B, 80% - 20% a los 5 minutos respectivamente es 0,7 mayor, en la zona flexing interno tiene un rasgado del 100% y flexing externo de 80%, en el arco plantar interno y externo 40%, en el talón 20%. Para la adhesión 80% - 20% a los 45 seg, la adhesión supera al estándar en 0,9, en la zona flexing interno tiene un rasgado del 100% y flexing externo de 80%, en el arco plantar interno 60% y externo 40%, en el talón 20%. En la probeta 80% - 20% a los 40 seg., la adhesión está 2,0 unidades por encima del estándar, en la zona flexing interno tiene un rasgado del 100% y flexing externo de 80%, en el arco plantar interno y externo 40%, en el talón 20%. La variación de la adhesión en las diferentes áreas se debe a la falta de precisión de las prensas, lo que hace que la presión no sea uniforme. La adhesión de la puntera al corte disminuye con el paso del tiempo, el rasgado a los 5 min es de 15%, a los 45 seg de 20% y a los 40 seg de 30% (teniendo en cuenta el vio). La adhesión de la cinta a la suela cumple con el estándar sin importar el tiempo de aplicación de la mezcla y rasga al 100% la suela.

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba de adhesión cinta a corte, puntera a corte y cinta a suela, para la proporción de mezcla 80%-20% en diferentes tiempos.

Se realiza la prueba cambiando el adhesivo # 1 en la cinta por la mezcla propuesta # 2 (80% -20%) al 3% de componente B y en un zapato se realizó la prueba con la mezcla propuesta # 1 y la mezcla propuesta # 2, (60% - 40%) respectivamente:

Tabla 25.*Adhesión cinta a corte y adhesión cinta a suela*

Análisis de laboratorio		
Actividad: segundo cepillado		
Material por analizar		
1. Corte sintético, refrescado de cintas 80% - 20% Talla 35 Izquierdo		
2. Corte sintético, refrescado de cintas 80% - 20% Talla 37 Izquierdo		
3. Corte sintético, refrescado de cintas 60-40 Talla 37 Izquierdo		
Análisis solicitado: adhesión cinta a corte y adhesión cinta a suela		
	Resultados	Estándar
Adhesión cinta a corte, refrescado de cintas 80% - 20% Talla 35 Izquierdo (kgf/cm)	1,8	2,5 mín.
Adhesión cinta a corte, refrescado de cintas 80% - 20% Talla 37 Izquierdo (kgf/cm)	1,7	2,5 mín.
Adhesión cinta a corte, refrescado de cintas 60% - 40% Talla 37 Izquierdo (kgf/cm)	3,0	2,5 mín.
Adhesión cinta a suela para todas las muestras (kgf)	6,0	6,0 mín.
<p>Análisis de resultados: se evidencia que la adhesión de cinta con la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B en proporción de 80% - 20% respectivamente es 0,8 kgf/ cm menor respecto al estándar y presenta rasgado de la suela a la cinta en 90% y 80%, mientras que para la adhesión de la mezcla propuesta # 1 y la mezcla propuesta # 2 (60% - 40%), la adhesión supera al estándar en 0,5 kgf/cm y tiene un 10% de rasgado; en la mezcla 80% - 20% el rasgado es mayor en 85% aproximadamente. Se concluye que la proporción adecuada de mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B es de 80% - 20%.</p>		

Nota. En la tabla se pueden observar los resultados de la prueba de adhesión del sintético de la cinta a corte, puntera a corte y cinta a suela, en diferentes proporciones y para diferentes tallas.

Se realiza la prueba con la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B para material sintético con diferentes proporciones, con el fin de analizar la adhesión de la cinta al corte y de la cinta a la suela, con el fin de verificar la proporción adecuada.

Tabla 26.*Adhesión de material sintético con diferentes proporciones*

Análisis de laboratorio				
Actividad: segundo cepillado				
Material a analizar				
1. Discovery New Blanco T38 (A y B)				
2. Discovery New Blanco T39 (C y D)				
3. Discovery New Blanco T38 (E y F)				
Nota: se realiza la prueba con dos muestras por diferente proporción (50-50), (70-30) (80-20).				
Análisis solicitado:				
Adhesión cinta a corte (para este ensayo se sacan 3 probetas: 2 laterales y una en la punta)				
Adhesión corte a suela				
	Resultados adhesión cinta a corte (kgf/cm)	Estándar (kgf/cm)	Resultados adhesión cinta a suela (kgf)	Estándar (kgf)
Probeta A Muestra N.1 50 - 50	2,5	2,5 min	3,2	6,0 min
Probeta B Muestra N.2 50 - 50	2,5	2,5 min	5,8	6,0 min
Probeta C Muestra N.1 70 - 30	2,5	2,5 min	6,0	6,0 min
Probeta D Muestra N.2 70 - 30	2,9	2,5 min	2,4	6,0 min
Probeta E Muestra N.1 80 - 20	2,5	2,5 min	6,0	6,0 min
Probeta F Muestra N.2 80 - 20	2,4	2,5 min	2,8	6,0 min

Tabla 26.

(Continuación)

Análisis de resultados: se evidencia que la adhesión de cinta con la mezcla propuesta # 2 al 3% de componente B en proporción de 80% - 20% respectivamente es 0,8 kgf/ cm menor respecto al estándar y presenta rasgado de la suela a la cinta en 90% y 80%, mientras que para la adhesión 60% - 40%, la adhesión supera al estándar en 0,5 kgf/cm y tiene un 10% de rasgado; en la mezcla 80% - 20% el rasgado es mayor en 85% aproximadamente.

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba de adhesión de material sintético con dos muestras para las diferentes proporciones.

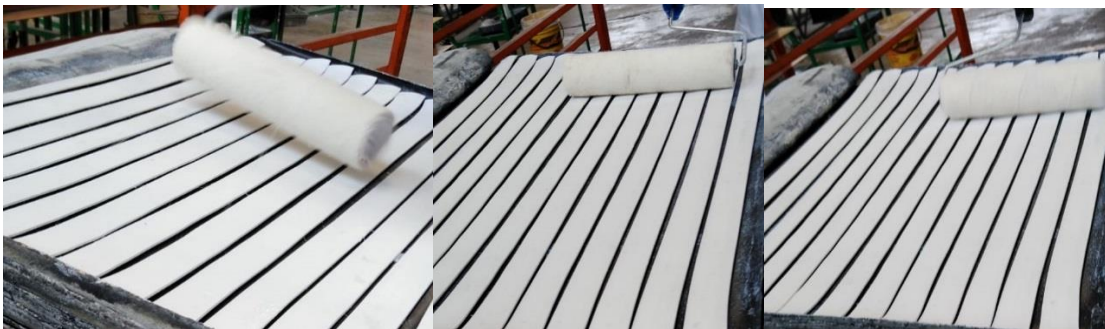
Después de realizar los análisis de laboratorio para la adhesión de la mezcla propuesta # 2 a diferentes proporciones, se concluye que la proporción con mejor adhesión es 80% - 20%, sin embargo, el método de refrescado de las cintas con el rodillo actual no permite la correcta manipulación del adhesivo, razón por la cual se procede a determinar el método del refrescado.

Para lo cual se realizan las siguientes pruebas con rodillos de 9 pulgadas:

1. Rodillo especial para epóxico
2. Rodillo epóxico acabado fino antigota – marca Goya
3. Rodillo en felpa acrílica y poliéster para aplicar pinturas vinílicas, sintéticas, de aceite, etc. (Marca Mastder).

Figura 28.

Pruebas con rodillos de 9 pulgadas



Nota. En la figura se observa la aplicación del adhesivo en las cintas con los diferentes rodillos.

Una vez aplicado y secado el adhesivo con los diferentes rodillos por hoja, se observa cinta por cinta con luz oscura para analizar la uniformidad del adhesivo sobre la cinta y si hay vacíos (espacios) en el material; de esta forma se determina que el rodillo en felpa acrílica y poliéster para aplicar pinturas vinílicas, sintéticas, de aceite, etc. (Marca Mastder), es el que permite manipular mejor el adhesivo y permite que la aplicación del adhesivo sea homogénea.

Después de 23 horas de la aplicación del adhesivo sin activar en las cintas se analiza la adhesión al material sintético (hule), observando que la adhesión se dificulta y una vez vulcanizado la adhesión no es homogénea, razón por la cual se realiza otra prueba activando por aire caliente (convección) el adhesivo aplicado en las cintas y se observa que las cintas fijan inmediatamente al material sintético y después de vulcanizado su adhesión es homogénea incluso en las áreas donde al observar con la luz oscura no era notorio el adhesivo y el rasgado de las mismas es de un 100%.

En la figura 29 se puede observar la prueba con el rodillo especial para epóxico.

Figura 89.

Prueba N.1 – Rodillo especial epóxico



Nota. Se muestra la prueba con el rodillo especial epóxico, donde las cintas no fijaron después de 23 horas de aplicado el adhesivo.

En la figura 30 se puede observar el material sintético con las cintas al utilizar el rodillo epóxico de acabado fino antigota.

Figura 9.

Prueba N.2 – Rodillo epóxico acabado fino antigota

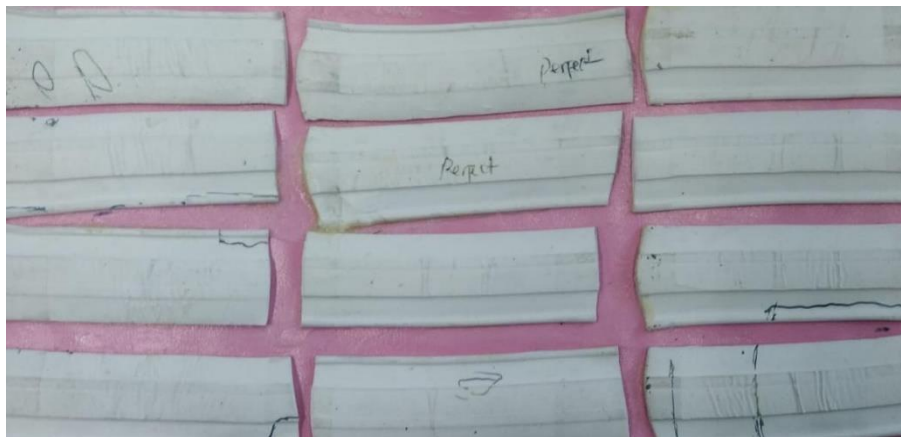


Nota. Se muestra la prueba con el rodillo epóxico de acabado fino, donde las cintas no presentaron fijación después de 23 horas de aplicado el adhesivo.

En la figura 31 se puede observar el material junto con las cintas, al aplicar el adhesivo con el rodillo en felpa acrílica y poliéster.

Figura 31.

Prueba N.3 – Rodillo en felpa acrílica y poliéster (23 horas después)

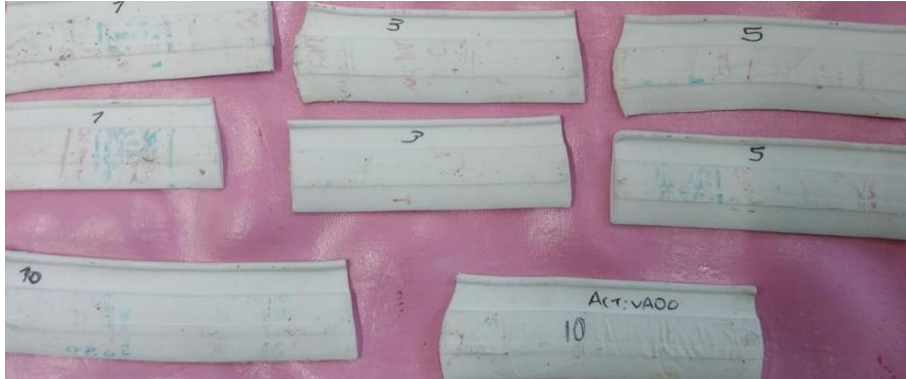


Nota. La figura muestra la prueba con el rodillo en felpa acrílica, donde tampoco se presentó fijación después de 23 horas de la aplicación.

En la figura 32 se puede observar el material sintético junto con las cintas, después de la aplicación del adhesivo con el rodillo en felpa acrílica y poliéster, con diferentes tiempos.

Figura 32.

Prueba N.3 – Rodillo en felpa acrílica y poliéster (a diferentes tiempos)



Nota. La prueba se realizó en la línea a diferentes tiempos: 1 min. 3 min, 5 min, 10 min, una probeta activada inmediatamente.

También se realiza la prueba activando inmediatamente el adhesivo, con el rodillo en felpa acrílica y poliéster para aplicar pinturas vinílicas, sintéticas, de aceite, etc. (Marca Mastder), con esta prueba no se obtuvieron los resultados esperados, pues la fijación de las cintas no fue buena, lo cual indica que no tuvo la adhesión suficiente.

De acuerdo con lo anterior, se procede a determinar la temperatura (t°) y el tiempo de activación del adhesivo de la siguiente manera:

- Por medio de tubos fluorescentes de las máquinas de inyección cada 5 min, durante 30 min; la cual no presento adhesión y se procedió a realizar la prueba con pistola
- Utilizando pistola de calor cada 5 min, durante 30 min, la cual presento adhesión con garantía de pegue 100% de caucho rasgado.

De esta forma se determina que la activación del adhesivo propuesto # 2 se realiza por medio de aire caliente, presentando la adhesión adecuada de la cinta al material sintético.

El cemento se debe aplicar en la línea y se debe pasar por una activación con aire caliente en el túnel de secado (90°C) durante 4 minutos para activar el adhesivo; con esta mejora se reubican 2 operarios.

4.7 Sistema de control y corte de cintas sobrantes en crudo del zapato

Se propone cambiar la metodología de acumulación de cintas sustituyendo los libros por carretos, se construye un carrito con una capacidad de 16 vueltas, donde su radio de la banda que contiene la cinta es de 21,5 cm, su perímetro es de 135 cm y su capacidad es de 15, 12 m, para un total de 11,6 pares de zapatos. Se proyecta máximo 25 vueltas, 28,7 cm de radio, 180,32 cm de perímetro y 29,54 m por vuelta y número de pares 22,75, el cual se puede observar en la figura 33.

Figura 103.

Carreto

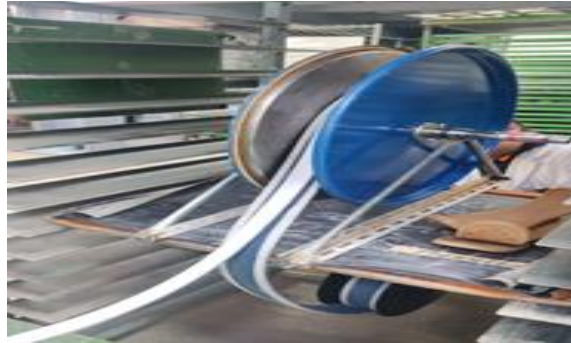


Nota. Se puede observar el carrito para reducir la generación de recorte de cintas.

En la figura 34 se puede observar el desplazamiento de la cinta por el carrito.

Figura 114.

Desplazamiento de la cinta en el carrito

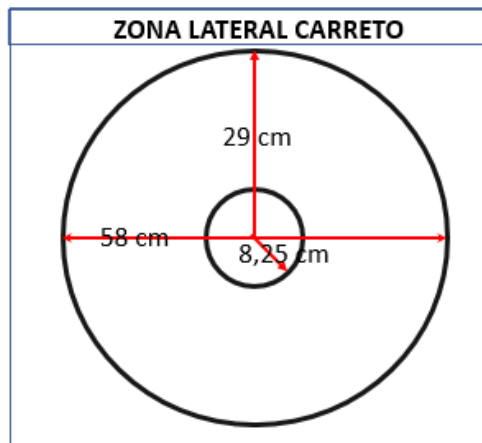


Nota. En la imagen se observa el carrito junto con la cinta lista para utilizarse.

Cada carrito tiene una medida de 29 cm de radio, 58 cm de diámetro y 8,25 cm de radio del centro a la parte inferior del disco. En la figura 35 se puede observar la zona lateral del carrito con sus respectivas medidas:

Figura 125.

Zona lateral del carrito



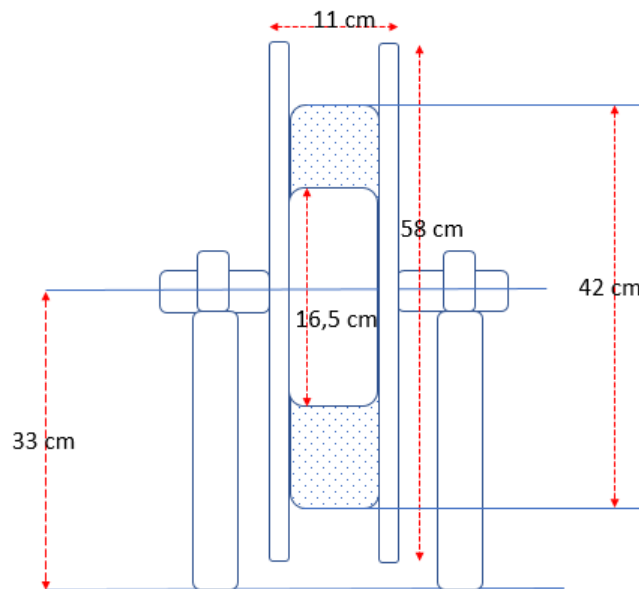
Nota. La figura muestra la zona lateral del carrito con sus respectivas medidas.

El carrito tiene 11 cm de distancia de disco a disco, los discos tienen 58 cm de diámetro, 16,5 cm el rollo que sostiene la banda de loma friccionada, y 42 cm de la capacidad del rollo de la cinta, y entre 33 cm de la altura de los soportes al piso.

En la siguiente figura se puede observar el diseño del carrito, vista frontal con sus respectivas medidas.

Figura 136.

Zona frontal del carrito



Nota. Esta figura permite observar el diseño de la zona frontal del carrito y sus medidas.

El carrito almacena 15 m de cinta, 42 cm de diámetro y 25 cm de altura del piso hasta el centro del disco, con esto se tiene una capacidad para 12 pares.

A continuación, se pueden observar las especificaciones del carrito actual y las sugeridas para 40 y 50 pares.

Tabla 27.

Capacidad del carrito

Descripción	Radio (r) cm	Perímetro (2*3,1416*r) cm	Distancia (d) m	Número de pares
Vueltas actuales	21,5	135,09	15,12	12
Capacidad máx. vueltas	32,7	205,46	39,31	30
Sugerida para 40 pares	37,5	235,62	52,69	40,53
Sugerida para 50 pares	41,5	260,75	65,23	50,18

Nota. En la tabla se presentan las especificaciones del carrito actual y de las proyecciones para una capacidad de 40 y 50 pares.

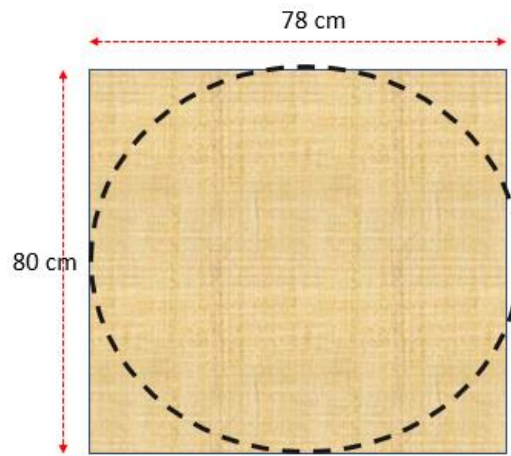
Se realiza la prueba para 60 pares con 5 carretos, el par de cintas pesa 170 g, es decir que en 60 pares se consumen 10.500 g tanto para libros como para carretos, y el desperdicio sin la mejora es de 990 g, lo cual equivale al 9,4% de desperdicio, con la mejora el desperdicio es de 0.5 g por par, es decir 30 g de desperdicio al fabricar 60 pares, lo cual indica que al realizar el encintado con el sistema de control y de corte propuesto, el desperdicio con la mejora es de 0,28 %. De esta forma hay una reducción del 97% en el gasto derivado por la generación de recorte.

El tiempo para ubicar 12 cintas en el libro es de 60 segundos para 8,96 m, es decir, 0,15 m/seg en un operario; para enrollar 14,8 m de cinta se requiere de 93 segundos, es decir 0,16 m/seg. Lo que quiere decir que para el encintado de zapato el tiempo es aproximadamente el mismo.

El área de los discos que se propone para que el carrito tenga la capacidad de cinta para 50 pares es de 78 cm X 80 cm, como se observa en la siguiente figura 37:

Figura 37.

Área de los discos



Nota. La imagen muestra el área de los discos del carrito.

Proyectando así una capacidad máxima sugerida para 50 pares, con un radio de 41,5 cm, perímetro de 260,75 pares, y 65,23 m de cinta en cada carrito.

Las pruebas se realizaron aplicando cemento de forma manual desde el área de cauchos y tras 6 días de reposo, las adhesiones no presentaron ningún tipo de inconveniente, lo cual reduce 22,94 seg/par en el proceso de montaje.

Sin embargo, se propone continuar con la mejora y encolar automáticamente por medio del proceso de aspersión, para lo cual el adhesivo debe tener una viscosidad muy baja, se realizaron ensayos con el adhesivo # 3 y el adhesivo propuesto # 1, sin presentar inconveniente, y teniendo adhesión en el 100% de la superficie. Esta mejora también se puede llevar a cabo en la colocación de la primera cinta.

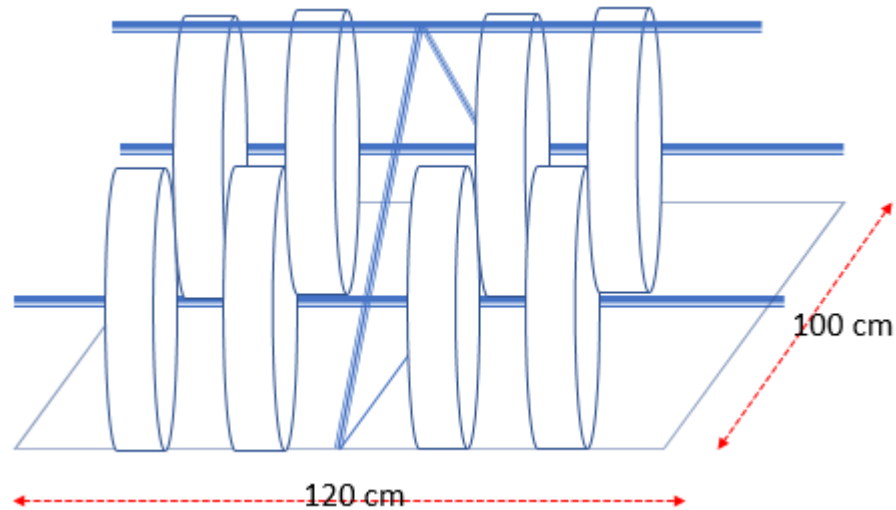
4.7.1 Propuesta de almacenamiento de carretos para encintar 50 pares

De acuerdo a la tabla 27 lo óptimo es disponer carretos para 50 pares de zapatos con el fin de reducir el espacio que ocupa el carrito.

Se colocarían 12 carretos para 600 pares en un carro, para una orden diaria que son aproximadamente 1200 pares se colocarían 2 carros. La distribución de los carretos por carro se puede observar en la figura 38.

Figura 148.

Distribución de los carretos por carro



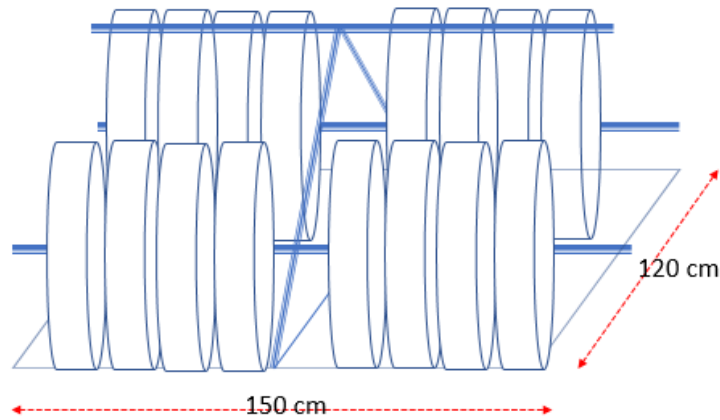
Nota. La imagen muestra la distribución de los carretos para encintar 600 pares.

4.7.2 Propuesta de almacenamiento de carretos para encintar 40 pares

Se colocarían 24 carretos para encintar 720 pares en un carro, para una orden diaria se deben utilizar 2 carros.

Figura 159.

Almacenamiento de carretos para encintar 40 pares



Nota. La imagen muestra la distribución de los carretos para encintar 720 pares.

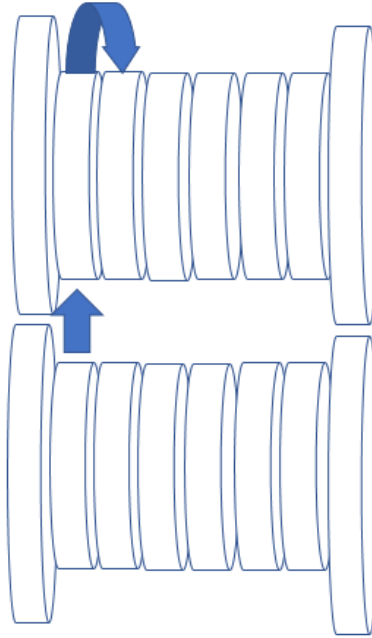
4.7.3 Propuesta de almacenamiento de carretos similares a los existentes (50 pares)

Actualmente existen unos carretos en el área de cauchos de la planta, los cuales son utilizados para almacenar el caucho.

Se colocarían 7 a 8 carretos para 400 pares (por la variación de las tallas) en un carro, para una orden diaria se necesitarían de 2 a 3 carros, como se puede observar en la figura 40.

Figura 16.

*Distribución de carretos en el
área de cauchos*



Nota. La imagen muestra la distribución sugerida, la cual se utiliza actualmente en el área de cauchos.

Esta es la propuesta de almacenamiento de carretos que se recomienda, para así evitar la fatiga excesiva y proporciona facilidad durante el proceso.

Los beneficios del sistema de corte y control son:

- Las cintas generadas por recorte ocasionan un gasto mensual de aproximadamente \$12'720.000, lo cual equivale a 1200 kg/mes, siendo \$10.600 por Kg, este valor incluye el material, la mano de obra y el gasto como factor, esto equivale anualmente a \$152'640.000.
- Al emplear el sistema de control y corte el material generado por recorte se reduce en el 97%, reduciéndose anualmente en \$148'060.800.

- Esta mejora permite el aprovechamiento al optimizar el consumo de la mezcla por reducción de la generación de recorte.
- Se disminuye el maltrato de las cintas al utilizar los libros por su peso y manipulación.
- Afecta positivamente los inventarios, debido a que la cinta sobrante se debe transformar en filler y se almacena, pero el consumo es de 25% de acuerdo con el requerimiento del producto.
- Reduce la fatiga y optimiza el espacio.

4.8 Sistema de gestión visual

A pesar de que esta oportunidad de mejora obtuvo una ponderación de 1,0 y quedó ubicada en el último lugar de acuerdo con el análisis de Pareto, se establecen las bases de este sistema, debido a que es una herramienta de control y permite complementar las anteriores mejoras de forma eficiente.

La gestión visual permite comunicar el estado de la línea de producción y las especificaciones que requiere el proceso, lo cual permite mejorar la eficiencia de este.

La gestión visual con la que cuenta la organización son los siguientes tableros, pero se recomienda aumentar la gestión visual en la línea. En la figura 41 se puede observar el cuadro de control de calidad de la organización, el cual está ubicado en un extremo de la línea de producción.

Figura 17.

Tablero de control de calidad

FECHA	% DE CALIDAD	% ACUMULADO	MAYOR DAÑO	SUPERVISOR
TURNO 1				
TURNO 2				
TURNO 3				
TOTAL %				

Nota. En la imagen se observa uno de los tableros ubicados en la línea de producción.

En la figura 42 se puede observar el otro tablero que está ubicado en la línea de producción, con el fin de controlar las devoluciones por calidad.

Figura 42.

Tablero de control de devoluciones por calidad



Nota. En la imagen se observa el tablero de control de devoluciones por calidad, está ubicado en el mismo extremo de la línea de producción.

Por esta razón se identifican de acuerdo a las anteriores mejoras realizadas en este proyecto las operaciones críticas, las cuales deben contar con un sistema de gestión visual ubicados en diferentes lugares con el fin de que la información, las condiciones de operación y las especificaciones del producto a realizar sean claras y visibles, y no se encuentren únicamente en las hojas de construcción, debido a que éstas tienen un acceso limitado y no permite que el personal identifique claramente las especificaciones del producto, esto se debe también a los diferentes estilos que maneja la línea de producción.

La gestión visual implica códigos, gráficas, especificaciones, indicadores y requerimientos tanto del proceso como del producto; también es importante el compromiso de los trabajadores tanto administrativos como operativos.

Se propone colocar tableros digitales con la información específica de las cintas, debe estar ubicado en la operación de la colocación de la primera cinta también en la colocación de la segunda cinta. Los tableros también deben ir al inicio y al final de la línea de producción. Otra información clave que deben proyectar estos tableros son el tipo de adhesivos que se deben aplicar, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 183.

Tablero digital propuesto

		NOMBRE DEL ESTILO				
		FECHA				
		# ORDEN	PARES	FECHA	COLOR	TALLA
PLANTILLA	ESPECIFICACIÓN					
1ra CINTA	ESPECIFICACIÓN					
2da CINTA	ESPECIFICACIÓN					
SUELA	ESPECIFICACIÓN					
SELLO	ESPECIFICACIÓN					
HORMA	ESPECIFICACIÓN					
CINTA	ESPECIFICACIÓN					
SOBREPUNTERA	ESPECIFICACIÓN					
ADHESIVO SUELA	ESPECIFICACIÓN					
ADHESIVO PLANTILLA	ESPECIFICACIÓN					
ADHESIVO CORTE	ESPECIFICACIÓN					
ALTURA PRIMERA CINTA	ESPECIFICACIÓN					
ALTURA SEGUNDA CINTA	ESPECIFICACIÓN					
SELLO TALONERO	ESPECIFICACIÓN					
ETIQUETA	ESPECIFICACIÓN					
CAJA POR PAR	ESPECIFICACIÓN					
CAJA GRANDE	ESPECIFICACIÓN					
CORDONES	ESPECIFICACIÓN					


Nota. En la imagen se observa el tablero digital propuesto con sus respectivas especificaciones, el cual debe estar ubicado en diferentes puntos de la línea de producción.

4.9 Comprobación de las herramientas de mejora en el proceso a través de una prueba piloto

Las herramientas de mejora aplicadas en el proceso de calzado convencional se comprueban y a continuación, se presenta la respectiva propuesta, la descripción y las conclusiones para cada una de estas, la información se encuentra de la tabla 28 a la tabla 34.

Tabla 28.



Establecimiento del equipo Kaizen

Mejora: establecimiento del equipo Kaizen	
	Propuesta: conformar el equipo Kaizen, con el fin de eliminar los desperdicios y las operaciones que no le agregan valor al proceso.
	Descripción: se conformó el equipo Kaizen, se establecieron las reuniones periódicas, la metodología, los incentivos y los beneficios.
Conclusiones: la conformación del equipo Kaizen permitió llevar a cabo las diferentes mejoras propuestas para el proceso de calzado convencional. El equipo se conforma por Directivos de diferentes áreas y Talento Humano Operacional, lo cual permite el éxito en cada una de las mejoras relacionadas con este proyecto y la mejora continua tanto del proceso como de la organización.	

Nota. La tabla presenta la información relacionada con la conformación del equipo Kaizen.

Tabla 29.



Mejora en la actividad de calzar corte

Mejora: semiautomatización de la operación de calzar corte	
	<p>Propuesta: semiautomatización de la operación de calzar de corte para quitar carga de trabajo al operario, lo cual permite agilizar la operación.</p> <p>Descripción: se propuso una máquina calzadora de corte, con el fin de que se calce el par de cortes, reducir el tiempo de la actividad y la fatiga de los operarios.</p>
<p>Conclusiones: inicialmente se propuso una máquina calzadora de corte para un zapato, se logró la reducción de fatiga de los operarios, el tiempo se redujo aproximadamente 11 seg/und, y facilito la aplicación de los adhesivos en el corte. Posteriormente se implementó la máquina calzadora para completar el par, teniendo resultados considerables (22 seg/par). El tiempo estándar de la actividad es de 46,48 seg/par. 25 seg el par y con mejora 18 seg par.</p>	

Nota. En la tabla se puede observar la información relacionada con el desarrollo de la semiautomatización de la operación de calzar corte.

Tabla 30.



Mejora en la actividad del cepillado de contorno y fondo

<p>Mejora: evaluación de nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte, y modificación del mecanismo de aplicación del adhesivo en el corte</p>	
	<p>Propuesta: aplicación de adhesivo sumergiendo el corte lo que permitiría disminuir los recursos a utilizar (tiempo y personal), en caso de funcionar este método afectaría la operación de aplicación cemento fondo guante que realiza la persona que prensa puntera.</p> <p>Descripción: la mejora consiste en el reemplazo del adhesivo (90% LÁTEX/ 10% HIVA) por pega, y también en el cambio de método.</p>
<p>Conclusiones: la sustitución del adhesivo # 1 tiene como resultado que la calidad mejora la propiedad de adhesión, no hay consecuencias significativas en el tiempo de la actividad de cepillado, los costos bajan en \$16/ par, aproximadamente se reduce \$433.920/mes y se elimina la operación de “cimentado fondo guante”. Esta mezcla permitió unificar la actividad de cepillado de contorno y cementado de fondo, el adhesivo no se filtró en el corte, y se realizó la prueba de adhesión, evidenciando que el adhesivo sustituto presenta mejora en la adhesión.</p>	

Nota. La tabla presenta la información relacionada con las mezclas propuestas en la operación de cepillado de contorno y fondo, y con la modificación del mecanismo de aplicación del adhesivo en el corte.

Tabla 31.



Eliminación de la cinta de amarre

Mejora: eliminación de la cinta de amarre	
	Propuesta: eliminar cinta de amarre con el fin de reducir costos y eliminar esta operación.
	Descripción: el cambio del adhesivo utilizado en el contorno y en el fondo del corte permitió realizar una de las mejoras propuestas inicialmente, eliminar la cinta de amarre.
Conclusiones: el cambio del adhesivo también permitió eliminar la cinta de amarre. Se realizaron pruebas de uso y después de cinco meses, el calzado no evidencia desprendimiento de la cinta. Esto se debe a la buena adhesión de la nueva mezcla.	

Nota. Esta tabla muestra la información relacionada con la eliminación de la cinta de amarre.

Tabla 32.


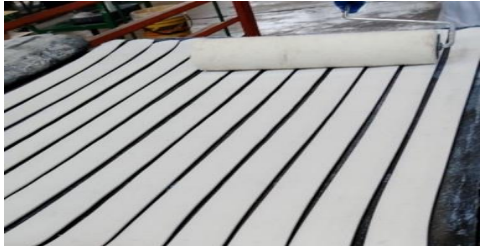
Mejora en la actividad de amarrar corte

Mejora: modificación del mecanismo de amarrar corte	
	<p>Propuesta: modificar el mecanismo de amarrado por un sistema que reduzca la fuerza que se tenga que hacer para amarrar y el tiempo de operación.</p>
<p>Conclusiones: al modificar el uso de cordones de tela por pines de aluminio se logró la reducción de fatiga de los operarios, el tiempo se redujo aproximadamente 9,5 seg/und, y facilito la aplicación de los adhesivos en el corte. El tiempo estándar de la actividad es de 44,01 seg/par.</p>	

Nota. La tabla expone la información relacionada con la Mejora en la actividad de amarrar corte.

Tabla 33.



Reducción el tiempo de gelificación del adhesivo en la segunda cinta

Mejora: evaluación de nuevas mezclas en la aplicación del adhesivo en la segunda cinta	
	Propuesta: reducir el tiempo de gelificación del adhesivo investigando con nuevas mezclas de látex y poliuretano.
	Descripción: se realizaron diferentes mezclas de adhesivos con diferentes proporciones.
Conclusiones: se determinó la mezcla de adhesivos con la proporción con mejor adhesión es 80% - 20%, como también el método de refrescado de las cintas con el rodillo adecuado para su aplicación.	

Nota. En la tabla se puede observar la información relacionada con la evaluación de nuevas mezclas en la aplicación del adhesivo en la segunda cinta

Tabla 34.

Sistema de control y corte de cintas sobrantes de la segunda cinta

Mejora: sistema de control y corte de cintas sobrantes en crudo del zapato	
	Propuesta: sistema de control y corte de cintas sobrantes en encintado.
	Descripción: se diseña un carrito con el objetivo de reducir la fatiga del operario, el desperdicio de cinta y por lo tanto el reproceso de la misma.
Conclusiones: la mejora permite eliminar el reproceso de un promedio de 13.687 kg al año, el carrito permite que se utilice la cinta necesaria para cada talla y estilo. También se redujo la fatiga del operario debido a que los libros que fueron sustituidos donde se encuentran las cintas son muy pesados y maltratan las cintas.	

Nota. La tabla expone la información relacionada con el sistema de control y corte de cintas sobrantes.

En cuanto a la mejora de Gestión Visual únicamente se propusieron las bases para esta mejora, debido a la inversión que se necesita para los tableros digitales y por lo tanto el tiempo requerido.

4.9.1 Prueba piloto

En la tabla 35 se encuentra la información relacionada con el desarrollo de la prueba piloto y sus respectivas conclusiones.

Tabla 35.*Prueba piloto*

Prueba piloto	
Proceso	Montaje de Calzado Convencional
Fecha	27-dic-20
Cantidad	600 pares (estilo sintético)
	600 pares (estilo algodón)
	1200 pares
Mano de Obra	93,58%
Objetivo de la prueba	
Validar las herramientas de mejora aplicadas por medio de una prueba piloto.	
Descripción de la prueba	
Se realiza la prueba utilizando el equipo semiautomizado para calzar corte, se emplea el adhesivo propuesto # 1 en el contorno y fondo del corte, unificando estas dos operaciones. No se utiliza cinta de amarre, se utilizan los pines de aluminio para la operación de amarrado. Se utiliza el adhesivo propuesto # 2 con proporción de 80% - 20% al 3% de componente B y se utilizan los carretos para colocar la segunda cinta.	
Conclusión: el equipo semiautomatizado contribuyo a la reducción del tiempo en aproximadamente 16 seg/par, no hubo necesidad de preparar ningún adhesivo durante el proceso, debido a los adhesivos propuestos. Al unificar la aplicación del contorno y el fondo hubo una reducción de 15 seg/par. No hubo inconveniente al no utilizar cinta de amarre. La operación de amarre disminuyo en 19 seg/ par aproximadamente con los pines de aluminio. Se utilizaron los carretos, se redujo en 10 seg/par al no aplicar el adhesivo en las cintas sino desde el área de cauchos y la generación de recortes fue de 2100 g para los 1200 pares, es decir 86,5 % menos que con los libros. El tiempo total se redujo en 60 seg/par. En general, los zapatos tuvieron mayor limpieza y las cintas no presentaron despegue. La producción en una jornada se superó en 60 pares respecto al estándar.	

Nota. La tabla presenta las especificaciones y los resultados de la prueba piloto.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba piloto, se realiza la medición final de la productividad, es decir con las mejoras llevadas a cabo en las diferentes operaciones del proceso.

5.1 Medición final de la productividad

5.1.1 Productividad total

Al igual que en el periodo 0, no se especifican los valores para cada insumo y se presentan ajustados para las entradas y las salidas, lo cual se debe a la confidencialidad de la información con la organización.

Para la medición de la productividad total en el periodo 1, los recursos totales que se incluyen son los mismos que se tuvieron en cuenta en el periodo inicial, los cuales son: mano de obra, los insumos fijos, los insumos de capital de trabajo, los insumos de energía, los materiales, y otros insumos.

$$Productividad\ Total = \frac{Resultados}{Insumos}$$

Productividad Total

$$= \frac{Resultados}{Mano\ de\ Obra + Capital\ Fijo + Capital\ de\ Trabajo + Energía + Materiales + Otros\ Insumos}$$

Productividad Total

$$= \frac{1.872.989.269,71}{151.667.640 + 198.277.473 + 4.152.334.494 + 696.503.242 + 4.579.200 + 297.189.085}$$
$$= 0,3405$$

Al calcular la productividad total en el periodo 1 se tiene como resultado que por cada peso invertido se generan 0,3405 pesos; es decir 0,0577 pesos más que en la productividad inicial; el total de los insumos equivale a 5.510.551.134 pesos, donde la inversión más alta es nuevamente la mano de obra; sin embargo, la inversión en este insumo tuvo una reducción de 58.776.151 pesos, debido a la reducción del personal requerido en el proceso. Los otros insumos también tuvieron una reducción en los costos, lo cual influyó en la mejora de la productividad total.

5.1.2 Productividades parciales

Los insumos para el cálculo de las productividades parciales en el periodo 1 son los mismos del periodo 0, los cuales son: las operaciones, el personal de mantenimiento y el personal administrativo.

$$Productividad\ de\ Mano\ de\ Obra = \frac{Resultados}{Insumos\ de\ Mano\ de\ Obra}$$

$$Productividad\ de\ Mano\ de\ Obra = \frac{1.872.989.269,71}{151.667.640} = 12,35$$

Calculando la productividad de mano de obra se obtiene que por cada peso invertido se ganan 12,35 pesos. Estas cifras indican que la inversión en mano de obra equivale al 8% de la compañía, 3% menos que en la productividad inicial.

La productividad de mano de obra aumento debido al crecimiento de los resultados en el periodo 1 y debido a la reducción de las operaciones del proceso. Lo cual se relaciona con la reducción de la fatiga de los operarios, el proceso también requiere menos tiempo, a su vez menos mano de obra para obtener ingresos operacionales, en la operación de calzar y amarrar corte, en la aplicación de adhesivos en el contorno y en el fondo del corte, en la preparación de los adhesivos, en la aplicación de adhesivos para la segunda cinta, y en los retrabajos.

$$Productividad\ de\ Capital\ Fijo = \frac{Resultados}{Insumos\ de\ Capital\ Fijo}$$

$$\text{Productividad de Capital Fijo} = \frac{1.872.989.269,71}{198.277.473} = 9,45$$

En cuanto a la productividad de capital fijo los resultados incrementaron, y el costo de los insumos cambio debido a la depreciación de estos. Los insumos que se incluyeron para este cálculo son: maquinaria y equipo, flota y equipo de transporte, equipo de oficina, equipo de cómputo, construcción y edificio, y acueducto, planta y redes. Estas cifras indican que el capital fijo representa el 10,6% de los ingresos, es decir 2,6% menos que la inversión en la productividad inicial. Se tiene que por cada peso invertido en el capital fijo se obtienen 9,45 pesos.

La maquinaria fue la principal cuenta que impacto el capital fijo, lo cual se debe a la optimización del proceso, con la reducción de los tiempos de las operaciones, también tiene relación con la depreciación del equipo, ya que este se deprecia se utilice o no; en este caso se aprovecha la depreciación en tiempos productivos y no en tiempos muertos.

$$\text{Productividad de Capital de Trabajo} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Insumos de Capital de Trabajo}}$$

$$\text{Productividad de Capital de Trabajo} = \frac{1.872.989.269,71}{4.152.334.494} = 0,45$$

Los insumos que se tienen en cuenta para el cálculo de la productividad de capital de trabajo son: activo disponible, inversiones, deudores e inventarios. El capital de trabajo equivale al 2,2% de ingresos, 0,4% menos que el periodo cero; y por cada peso invertido se ganan 0,45 pesos. Esta productividad aumento por el incremento de los resultados, y en cuanto a los insumos, el activo disponible y los inventarios aumentaron, mientras que las inversiones disminuyeron respecto al periodo inicial.

El capital de trabajo se benefició con la reducción de los recortes de cinta, al disminuir los inventarios de este material, es decir al disminuir el dinero estático, y los menores costos de oportunidad; el consumo de la cinta generada en recortes es del 25% de acuerdo con el requerimiento de zapatos, afectando positivamente los inventarios.

$$\text{Productividad de Energía} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Insumos de Energía}}$$

$$\text{Productividad de Insumos de Energía} = \frac{1.872.989.269,71}{173.255.630,3} = 10,81$$

La productividad de energía se calcula teniendo en cuenta los siguientes recursos: gas, energía, eléctrica, y combustibles y lubricantes. En este periodo la energía representa el 9% de las inversiones, 4% menos que en el periodo inicial; y se tiene como resultado que se ganan 10,81 pesos por cada peso invertido en estos insumos. El aumento en esta productividad se debe a que los resultados aumentaron, y aunque el sistema de energía es constante, la optimización del proceso permite que la energía tenga mejor aprovechamiento; es decir que al mejorar la productividad se logra mayor producción con igual consumo de energía.

$$\text{Productividad de Materiales} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Recurso de Materiales}}$$

$$\text{Productividad de Materiales} = \frac{1.872.989.269,71}{4.579.200} = 409,02$$

La productividad de materiales es la que tiene mayor aumento, la medición se realiza teniendo en cuenta el insumo de cintas de caucho, debido a que este es el insumo con mayor costo por la generación de recortes. Las cintas en este periodo equivalen al 2,4% de los ingresos, es decir 7,2% menos que en el periodo inicial; por cada peso invertido se ganan 409,02 pesos, lo cual se logra con el sistema de control y corte de cintas, debido a que con esta mejora se logró disminuir en 97% el recorte de las mismas.

$$\text{Productividad de Otros Insumos} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Otros insumos}}$$

$$\text{Productividad de Otros Insumos} = \frac{1.872.989.269,71}{297.189.085} = 6,30$$

Para la medición de la productividad de otros insumos se tienen en cuenta los costos de: seguros, mantenimiento y gastos legales, adecuaciones e instalaciones, dotación y suministros, y amortización. Estos insumos equivalen al 16% de los ingresos de la organización, 3% menos que en el periodo cero; por cada peso invertido se obtienen 6,30 pesos. La productividad de otros insumos se debe al aumento de los resultados, y en cuanto a los recursos de dotaciones y suministros disminuyen debido a la optimización de las operaciones, lo cual también permite el aprovechamiento de la amortización en tiempos productivos. También se debe a la reducción de fatiga de los operarios, ya que disminuye los gastos legales, por incapacidades y enfermedades laborales.

5.2 Análisis comparativo de la productividad

La medición de la productividad total se realizó teniendo en cuenta insumos operacionales y los ingresos financieros del proceso y para la medición de las productividades parciales se incluyeron tanto en el periodo 0 como en el periodo 1 los siguientes insumos:

Tabla 36.

Caracterización de insumos

Caracterización de Insumos				
1. Mano de Obra	2. Insumos de Capital Fijo	3. Insumos de Capital de Trabajo	4. Insumos de Energía	5. Otros Insumos
Operaciones	Maquinaria y equipo	Activo disponible	Energía (gas)	Seguros
Personal de Mantenimiento	Flota y equipo de transporte	Inversiones	Energía Eléctrica	Mantenimiento y Gastos Legales
Personal Administrativo	Equipo de oficina	Deudores	Combustibles y Lubricantes	Adecuaciones e instalaciones
	Equipo de computo	Inventarios		Dotación y suministros
	Construcción y edificio			Amortización
	Acueducto, planta, redes			

Nota. La tabla presenta las cuentas relacionadas con cada insumo

Al realizar el estudio comparativo de los índices de productividad total y los índices de productividad parcial entre el estado inicial y las mejoras realizadas, se deben considerar diferentes insumos relacionados con el proceso de producción.

Estos insumos son un factor determinante en el proceso de producción e incluye la mano de obra, el capital fijo, el capital de trabajo, los insumos de energía, y otros insumos. Las herramientas de Lean Manufatcuring permitieron llevar a cabo diferentes mejoras en el proceso, logrando disminuir los costos, y a su vez aumentando la producción; garantizando la calidad del calzado.

Los costos de los insumos utilizados en el proceso de calzado convencional tienen una estrecha relación con variables cuantificables como la mano de obra, el tiempo requerido para las

operaciones, y los materiales utilizados. A su vez se relacionan con variables cualitativas como la fatiga de los operarios, la motivación y el involucramiento del personal en el proceso.

De acuerdo con la evaluación de los indicadores de productividad por el método de Sumanth, tanto para el periodo 0 (periodo antes de realizar las mejoras) y el periodo 1 (periodo después de realizar las mejoras), se determina que tanto la productividad total como las productividades parciales aumentan, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 37.

Aumento de la productividad

Productividad	Periodo 0	Periodo 1	Aumento	Aumento en porcentaje
Total	0,2828	0,3405	0,0577	20,40%
Insumos de Mano de Obra	9,05	12,35	3,3	36,46%
Capital Fijo	7,48	9,45	1,97	26,34%
Capital de Trabajo	0,39	0,45	0,06	15,38%
Energía	2,29	2,69	0,4	17,47%
Materiales	10,45	409,02	398,57	3814,07%
Otros Insumos	5,20	6,30	1,10	21,15%

Nota. Esta tabla muestra el aumento y el porcentaje de aumento de la productividad del periodo 0 respecto al periodo 1.

La productividad total y las productividades parciales aumentan en el periodo 1 debido al incremento de los resultados y a la disminución de los insumos, esto se debe a las mejoras en cuanto a las diferentes variables del proceso. La productividad total aumentó en 20,40% debido al aumento de los resultados y también a los insumos de las productividades parciales.

La productividad parcial con mayor incremento es la productividad de materiales, por la disminución del 97% de la generación de recortes de cinta.

La productividad de mano de obra aumento en 36,46% debido al aumento de los resultados y a la reducción de las operaciones del proceso, específicamente 7 operarios, lo cual equivale al 6,42% en la mano de obra requerida para el proceso, quienes fueron reubicados para reforzar otros procesos. Esta reducción de operaciones se debe a todas las mejoras en general, pues al optimizar tiempos y recursos, se requieren menos operarios en la actividad de calzar y amarrar corte, en la preparación y la aplicación de los adhesivos, esto a su vez disminuye los retrabajos en la mesa de finalizaje.

La productividad de capital fijo aumento en 26,34 debido al incremento en los resultados, el costo de los insumos disminuyo debido a la depreciación de estos, sin embargo, la depreciación de los equipos ocurre con mayor utilización de estos en la optimización de tiempos.

La productividad de energía aumento en 17,47% debido a que se logra mayor producción con igual consumo de energía, debido a que se consume como resultado de la mecánica de funcionamiento del equipo y no por unidad de producto.

La productividad de otros insumos aumento en 21,15% debido al incremento en los resultados, y en cuanto a los insumos, las dotaciones y suministros disminuyeron debido a la optimización de las operaciones (6,42% operarios reubicados). También se debe a la reducción de fatiga de los operarios, ya que disminuye los gastos legales, por incapacidades y enfermedades laborales.

La productividad de capital de trabajo aumento debido al incremento de los resultados, y en cuanto a los insumos, el activo disponible y los inventarios (cauchos) aumentaron, mientras que las inversiones disminuyeron respecto al periodo inicial. El sistema de control y corte de cintas es la mejora que aporta a la disminución de inventarios.

En la tabla 38, se observa la mejora con su respectiva herramienta Lean, el insumo afectado, los resultados cualitativos y resultados cuantitativos; debido a que en el modelo de Sumanth se utilizan unidades monetarias.

Tabla 38.*Resultados de las mejoras*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Establecimiento del equipo kaizen	Kaizen PHVA Gemba	Mano de Obra Maquinaria y Equipo Inventarios	Conformación: Líder del equipo, Dirección, Jefe de Calidad Director Técnico, Jefe de Producción, Jefe de Diseño & Desarrollo, Jefe de Ingeniería, Operarios de la Línea (2) Reuniones, metodología e incentivos.	1 operario reubicado por retrabajos: \$10.902.312 anualmente.

Tabla 38.*(Continuación)*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Semiautomatización de la operación de calzar corte	SMED Jidoka PHVA Gemba	Maquinaria y Equipo	Reducción de fatiga. Por lo que se reubica un operario. Efecto positivo en la aplicación de adhesivos. Mejora la limpieza del producto.	El tiempo se reduce aproximadamente en 22 seg/par. Un segundo de mano de obra equivale a \$1,0515 y siendo 1130 pares diarios el estándar de fabricación, el ahorro de 22 seg/par equivale a \$9'541.205,85 al año. Al reducirse el tiempo de operación en aproximadamente la mitad, se reubica un operario, por lo cual se ahorran \$10.902.312 anualmente en mano de obra.

Tabla 38.*(Continuación)*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Nuevas mezclas en la operación de cepillado de contorno y fondo del corte, y modificación del mecanismo de aplicación del adhesivo en el corte	SMED Muda PHVA Gemba	Mano de Obra Materiales	Aumento en la adhesión para material de algodón como para material sintético.	Ahorro Adhesivos (Kg) # 1: \$1,626 # 2: 13,579 # 3: \$13.779 Al unificar la aplicación de adhesivo en el contorno y el fondo del corte se reduce en 15 seg/par, lo que equivale a \$6.505.367,63. Reubicación de un operario por la eliminación de preparación de adhesivos(coagulación), es decir se reduce la mano de obra en \$10.902.312 anualmente.

Tabla 38.*(Continuación)*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Eliminación de la cinta de amarre	Causa - Raíz PHVA Muda Gemba	Inventarios Materiales	No aplica	Ahorro de \$616 por par, lo que representa \$254.069.200 anualmente. Ahorro de 39,19 seg/par, equivale a \$16'996.357,14 de ahorro en mano de obra al año.
Modificación del mecanismo de amarrar corte	SMED Muda PHVA Gemba	Mano de Obra Materiales	Reducción de fatiga. Facilidad de la operación.	Reducción en 19 seg/par, lo que tiene un valor en mano de obra de \$8.240.132,33, razón por la cual se reubica un operario, siendo el ahorro de \$10.902.312 al año.

Tabla 38.*(Continuación)*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Evaluación de nuevas mezclas en la aplicación del adhesivo en la segunda cinta	Causa - Raíz PHVA Muda	Mano de Obra	La proporción con mejor adhesión es 80% - 20%, se determina el método de refrescado adecuado de las cintas.	Se reubican 2 operarios, siendo el ahorro en mano de obra \$21.804.624.
Sistema de control y corte de cintas	Muda PHVA	Inventarios	Se optimiza el consumo de la mezcla, disminución del maltrato de las cintas. Disminución de los inventarios porque el consumo es de 25% de acuerdo con el requerimiento del producto. Reducción de la fatiga y optimiza el espacio.	Se reduce en el 97% el recorte de cinta, es decir \$148.060.800 anualmente,

Tabla 38.*(Continuación)*

Mejora	Herramienta Lean	Insumo afectado	Resultados cualitativos	Resultados cuantitativos
Sistema de Gestión Visual	Gestión Visual PHVA Gemba	Mano de Obra, Maquinaria y Equipo, Inventarios, Combustibles y Lubricantes	Información clara y concisa para todos los trabajadores. Mejora en la comunicación.	No aplica

Nota. Esta tabla muestra la relación de cada mejora, con su respectiva herramienta, insumo afectado y sus resultados.

El proyecto tiene un impacto positivo en la organización debido a la eliminación de desperdicios, y la optimización de los tiempos.

6. CONCLUSIONES

La identificación de las posibles mejoras del proceso de calzado convencional se realizó por medio del VSM, análisis Ishikawa, la observación y el reconocimiento de los puntos críticos, de común acuerdo con los líderes del proceso.

Las operaciones en las que se llevaron a cabo mejoras son: calzar corte, preparación y aplicación de adhesivos, amarre de los cortes, entre otros. Las mejoras se realizaron en conjunto con el Equipo Kaizen y diferentes trabajadores de la organización.

Existió coherencia en el diagnóstico actual por medio de la observación y la opinión de los líderes de proceso.

Se establecieron las herramientas de Lean Manufacturing por medio de un análisis de Pareto, el diagrama de Pareto muestra que las mejoras relacionadas con el equipo Kaizen, la semiautomatización de calzar corte, y la preparación y aplicación de adhesivos representan el 33,33% del total de las posibles mejoras, y generan el 66,67% de las otras causas.

Las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas son: Kaizen, Jidoka, SMED, causa – raíz, PHVA, muda, gestión visual, KPI, Gestión visual, y Gemba. Siendo el ciclo PHVA y Gemba, las herramientas utilizadas en todas las mejoras, debido a la importancia de visualizar y analizar las oportunidades de mejora desde el lugar de trabajo, y en cuanto al ciclo PHVA, fue necesario planificar, hacer, verificar y actuar, para llevar a cabo cada mejora.

Al aplicar las herramientas de Lean Manufacturing de acuerdo con las operaciones se logra reducir la fatiga de las personas, se reduce el tiempo, mejora la manipulación de los adhesivos, se reducen los costos de estos, se elimina la preparación de los tiempos de preparación de los adhesivos, mejora la adhesión de las cintas.

Después de un año de pruebas de uso para validar las mejoras relacionadas con los nuevos adhesivos, el calzado no evidencia desprendimiento de la cinta a la suela ni de la cinta al corte,

tampoco presenta inicios de despegue, por lo tanto, la prueba de uso es aprobada por el cumplimiento de requisitos de calidad. (12 pruebas de uso de diferentes estilos).

La reducción de fatiga de los operarios tiene un impacto significativo debido a que permite cumplir con la producción estándar para garantizar el costo fijo, disminuyendo la variación negativa de los costos, debido a que actualmente no hay variación en compras.

La mejora que tuvo mayor impacto fue la de mano de obra, lo cual se debe a la optimización de los tiempos requeridos para la operación de calzar corte, amarrar corte, preparar y aplicar adhesivos, y realizar retrabajos.

La reducción en costos en el avance de las mejoras relacionadas con la aplicación de adhesivos y la eliminación de la cinta de amarre es de 90'072,228 y \$148'060.800, para un total de \$238'133.028 anualmente.

Se analizaron los indicadores de productividad por medio del método Sumanth y se obtuvo como resultado que el impacto de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso es positivo, la medición de la productividad permitió determinar el aumento de la productividad total y las productividades parciales.

El proyecto también tiene un impacto organizacional, económico, regional, social y ambiental: los resultados de la investigación contribuyen al aumento de la productividad, el desarrollo de la ciencia y tecnología tiene beneficios prácticos porque mejora un proceso productivo en específico, puede ser usada en futuras investigaciones, favorece al medio ambiente, a la organización y a cada una de las partes interesadas de la misma, como lo son los clientes, los empleados, los proveedores y la sociedad en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. - ACICAM - (2017). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2017*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.
- Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. - ACICAM - (2018). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2018*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.
- Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. - ACICAM - (2019). *¿Cómo va el sector? Enero a diciembre 2019*. <https://acicam.org/como-va-el-sector/>.
- Abu, S., Nur, A., (2017). *Pielarie Incaltaminte*. Court shoe production line: improvement of process cycle efficiency by using lean tools. http://revistapielarieincaltaminte.ro/revistapielarieincaltaminteresurse/en/fisiere/full/vol17-nr3/article3_vol17_issue3.pdf
- Akter N., & Abu, S. (2018). *Pielarie Incaltaminte*. Productivity improvement of leather products industry in Bangladesh using lean tools: a case study. https://www.researchgate.net/publication/328287713_Productivity_improvement_of_leather_products_industry_in_Bangladesh_using_lean_tools_A_case_study.
- Bonny & Ratih. (2019). *The South East Asian journal of management*. Lean operations implementation at an Indonesian shoe producer. <http://journal.ui.ac.id/index.php/tseajm/article/download/10793/67546472>.
- Brynjolfsson & Hitt. (1996). *MIS Quarterly*. Productivity, business profitability, and consumer surplus. https://www.researchgate.net/publication/220260094_Productivity_Business_Profitability_and_Consumer_Surplus_Three_Different_Measures_of_Information_Technology_Value_PDF
- Campos, R., Lao, M., Torres C., Quispe, G., Raymundo, C., (2018). *International Institute of Informatics and Systemics*. Modelo de Gestión del Conocimiento para mejorar la productividad del talento humano en empresas del sector manufactura. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624671/CB514NH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Canal Cimacmaquinas. (2 de mayo de 2017). [Archivo de Vídeo]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=z1zs6LhFN-0>
- Carangui, M. (2015). *Análisis y métodos de trabajo y estandarización de tiempos para mejorar la eficiencia en los procesos en el área de corte: caso Pasamanería S.A.* (Trabajo de Grado). Universidad de Cuenca.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23304/1/TESIS.pdf>.
- Carro, R. y González, D. (2018). *Productividad y competitividad*. <http://nulan.mdp.edu.ar>.
- Cequea, M., Rodríguez C., Núñez M., (2016). *Intangible Capital*. La productividad desde una perspectiva humana: dimensiones y factores.
<https://www.redalyc.org/pdf/549/54921605013.pdf>
- Crespi y Zuñiga. (2017). *Características y efectos de la innovación*.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312018000200005.
- Cruelles, J. (2016). *Beneficios y necesidades del mantenimiento del sistema de productividad*.
- Cruelles, J. (2012a). *Despilfarro cero: la mejora continua a partir de la medición y la reducción del despilfarro*. <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2114/visor/19719#>.
- Cruelles, J. (2012b). *Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2114/visor/30142#>.
- Dextre, D., Urruchi, S., Peñafiel, J., Raymundo.C., Dominguez, F., (2020). *Materials Science and Engineering*. Lean Manufacturing production method using the change management approach to reduce backorders at SMEs in the footwear industry in Peru.
https://www.researchgate.net/publication/340491058_Lean_Manufacturing_Production_Method_using_the_Change_Management_Approach_to_Reduce_Backorders_at_SMEs_in_the_Footwear_Industry_in_Peru.
- Ebrahim, Z., Ahmad, N., Muhama, M., (2019). *A model for manufacturing sustainability in manufacturing operations*. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i1S5/A00100681S519.pdf>.
- Eshetu, B. (2017). *Integrated model for continuous productivity improvement in footwear industry*. (Trabajo de Grado). Addis Ababa University.
<http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/15859/Bezaneh%20Eshetu.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

- García, J. y Barrasa, J. (2009). *Sistema de Calidad y Mejora Continua*.
<https://docplayer.es/10930816-Sistemas-de-calidad-y-mejora-continua-juan-ramon-garcia-mata-jose-ignacio-barrasa-villar.html>
- Gutiérrez, C. (2008). *Calidad total y productividad*.
<https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>
- Hernández, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*.
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2013). *Metodología de la investigación*.
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hirano, H. (1991). *Poka-Yoke : mejorando la calidad del producto*.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=trU4DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=poka+yoke+metodolog%C3%ADa&ots=Inw9DRUrqB&sig=kKsTHIhxhFugLxbCgw4URUA9AEco#v=onepage&q=poka%20yoke&f=false>
- Lacu, M. (2017). *El incremento de la productividad organizacional a través del uso de la Gestión del Conocimiento*. (Trabajo de Grado). Universidad Pontificia Comillas de Madrid. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/123210/retrieve>.
- Lasa, C., Alvarez, A., de las Heras, R. (2018). *Métodos ágiles Scrum, Kanban, Lean*.
- López, M., Restrepo, L., López, G. (2018). *Scientia et Technica*. Resistencia al cambio en organizaciones modernas. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84927487022.pdf>
- Medina, J. (2007). *Modelo integral de productividad*.
- Miranda, F., Chamorr, A., Rubio, S. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*.
<https://books.google.com.co/books?id=KYSMQQyQAbYC&pg=PA127&dq=Despliegue+de+la+Funci%C3%B3n+de+la+Calidad&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjgsP7OzejxAhX2KVkFHVYSCCKQ6AEwBHoECAoQA#v=onepage&q=Despliegue%20de%20la%20Funci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad&f=false>
- Ohno, T. (1991). *El sistema de producción de Toyota*. https://ensavellaneda-cba.infod.edu.ar/sitio/upload/sistema_de_produccion_de_Toyota.pdf.
- Patiño, A. (2015, p.1). *Inge Cuc*. Technology Trends for Business Productivity Increase.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5198812.pdf> .

Pritchard, R. (1990). *Measuring and Improving Organizational Productivity*.

Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*.

<https://www.ingeneriademetodos.com/app/download/9185588769/La+gesti%C3%B3n+de+la+productividad+OIT.pdf?t=1509937247&mobile=1>

Rajadell, M. (2019). *Creatividad. emprendimiento y mejora continua*.

Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*.

Ramírez, P. (2018). *Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green Lean*.

Trabajo de Grado de Maestría). Universidad Nacional de Colombia.

<http://bdigital.unal.edu.co/63228/1/TESIS%20PAOLA%20RAMIREZ%20GREEN%20LEAN.pdf>

Tello, M. (2017). *CEPAL. Innovación y productividad en las empresas de servicio y manufactureras: el caso del Perú*.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41148/1/REV121_Tello.pdf

Vélez et al. (2013). *Estudios de tiempos para mejorar la productividad de las líneas de producción en una planta de autopartes de Celaya*. <http://pistaseducativas.itc.mx/wp-content/uploads/2013/10/16-VELEZ-PE-102-294-316.pdf>

ANEXO

ANEXO 1.

RECOMENDACIONES

Seguir trabajando la filosofía Kaizen, al igual que las herramientas de Lean Manufacturing y el ciclo PHVA, con el fin de llevar a cabo mejoras en todos los procesos de la organización, y tomar acciones de forma continua.

Trabajar en la gestión del cambio, lo cual permite que la organización trabaje y se adapte más fácilmente a oportunidades de mejora que afectan positivamente su productividad y su competitividad.

Analizar el proceso actual de revisión en mesa de crudo, con el fin de atacar los puntos críticos, midiendo eficiencia de pares defectuosos que llegan a mesa de finalizaje. Lo que permitiría que en la mesa de crudo solo se encuentren dos operarios encargados de los retrabajos y los otros dos operarios se reubiquen en la operación de encintado para reforzar esta operación.

Evaluar un mecanismo en el sistema hormas - carros que minimice el maltrato de sobrepunteras y cintas, la automatización de la operación de cementado de fondo de suela, con el fin de colocar varias suelas y cementarlas al mismo tiempo o un rodillo automático, y alternativa para automatizar la operación de la colocación de la puntera, por medio de una encoladora automática.

Proponer un sistema de corte automático que permita agilizar y garantizar la operación de pintado y corte de láminas de sello.