

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AL PROCESO PRODUCTIVO EN LA
EMPRESA CAPRINO IMACAL S.A.S.**

**ANA MARÍA MONTAÑO DELGADO
SEBASTIAN SUÁREZ CÁRDENAS**

**Informe de pasantía para optar al título de
INGENIERO/A INDUSTRIAL**

**Orientador
JAINET ORLANDO BERNAL OROZCO
INGENIERO INDUSTRIAL
MAGISTER EN INGENIERÍA ÁREA INDUSTRIAL**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. de 2023

DIRECTIVOS 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 Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingeniería

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director Departamento de Industrial

Dr. Mónica Yineth Suárez Serrano

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.

Queridos padres, Héctor y Francy; Daniela, mi hermana; y Negra, mi fiel mascota, En este momento trascendental, quiero expresar mi profundo agradecimiento por su amor, apoyo y presencia constante en mi vida. Han sido mi fuente de inspiración y fortaleza en este camino. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón y en cada logro que he alcanzado.

A mis amados padres, su guía y dedicación incondicional han sido la base de mi crecimiento. Sus sabias palabras y ejemplo han sido mi faro en momentos de incertidumbre. Gracias por no dudar en ningún momento de mis capacidades y extender su mano cada vez que la necesité. A mi hermana, tu apoyo incondicional me ha otorgado alientos en cada momento. Y a mi leal mascota, Negra, tu lealtad y cariño incondicional han sido un regalo que no tiene precio.

Este logro no habría sido posible sin ustedes. Cada página de este documento lleva todo su amor y apoyo.

*Con todo mi amor y gratitud,
SEBASTIAN SUÁREZ CÁRDENAS*

Agradezco a mis tíos, que son como mis papás, por creer en mí, por nunca dejarme sola y apoyarme en los momentos más difíciles a lo largo de mi vida. Esto simplemente es por y para ustedes.

A mi mamá y mi abuelo, ángeles que siempre me cuidarán y están orgullosos verme triunfar en todos los aspectos en mi vida.

ANA MARÍA MONTAÑO

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PREGUNTA PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. DELIMITACIÓN	22
4. OBJETIVOS	23
4.1. Objetivo general	23
4.2. Objetivos específicos	23
5. ANTECEDENTES	24
6. HIPÓTESIS	27
7. MARCO REFERENCIAL	28
7.1. Marco conceptual	28
7.1.1. <i>Optimización de la producción</i>	28
7.1.2. <i>Seis Sigma</i>	29
7.2. Marco teórico	30
7.2.1. <i>Seis Sigma: aplicación en la optimización de procesos</i>	30
7.2.2. <i>Seis Sigma: principios filosóficos</i>	30
7.2.3. <i>Ciclo DMAIC</i>	31
7.2.4. <i>Lean Manufacturing</i>	32
7.3. Marco Histórico	33
7.3.1. <i>Historia de Seis Sigma</i>	33
7.3.2. <i>Historia del calzado</i>	34

7.4.	Marco Empresarial	35
7.4.1.	<i>Caprino IMACAL S.A.S.</i>	35
7.4.2.	<i>Panorama reciente del calzado en Colombia</i>	35
8.	DISEÑO METODOLÓGICO	40
8.1.	Fuente y técnicas de información	40
8.1.1.	<i>Fases</i>	40
9.	CRONOGRAMA	42
10.	RESULTADOS	44
10.1.	Aspectos relevantes del sector calzado en Colombia	44
10.2.	Caracterización del producto	54
10.3.	Producto no conforme	55
10.4.	Identificación del producto	57
10.5.	Descripción del proceso productivo sobre Caprino IMACAL S.A.S.	61
10.5.1.	<i>Compra</i>	62
10.5.2.	<i>Gerencia de producción</i>	62
10.5.3.	<i>Corte</i>	62
10.5.4.	<i>Almacén</i>	63
10.5.5.	<i>Guarnición</i>	64
10.5.6.	<i>Montaje</i>	65
10.5.7.	<i>Avíos</i>	72
10.5.8.	<i>Finizaje</i>	73
10.6.	Diseño de planta Caprino IMACAL S.A.S.	74
10.7.	Diagrama de proceso a partir del Business Process Model and Notation (BPMN) para la fabricación de calzado en Caprino IMACAL S.A.S.	75
10.8.	Análisis general de la producción.	77
10.9.	Metodología DMAIC	83
10.9.1.	<i>Definir</i>	84

10.9.2. <i>Medir</i>	85
10.9.3. <i>Mejorar</i>	93
10.9.4. <i>Controlar</i>	95
10.10. Plan de mejoramiento	95
11. CONCLUSIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	101

LISTA DE FIGURAS

	pág
<i>Figura 1. Variaciones por mes.</i>	15
<i>Figura 2. Problemas del calzado.</i>	16
<i>Figura 3. Diagrama Ishikawa.</i>	17
<i>Figura 4. Pilares Estratégicos.</i>	38
<i>Figura 5. Normativas y leyes vigentes sobre el cuero.</i>	39
<i>Figura 6. Fase exploratoria.</i>	42
<i>Figura 7. Fase Descriptiva.</i>	42
<i>Figura 8. Fase de análisis.</i>	43
<i>Figura 9. Fase de diseño.</i>	43
<i>Figura 10. Exportaciones de calzado.</i>	45
<i>Figura 11. Importaciones de calzado.</i>	46
<i>Figura 12. Documentos revisados.</i>	47
<i>Figura 13. Metodologías utilizadas.</i>	51
<i>Figura 14. Diagrama Ishikawa.</i>	52
<i>Figura 15. Diagrama de barras de producción por mes.</i>	55
<i>Figura 16. Diagrama de barras de producto no conforme.</i>	57
<i>Figura 17. Muestreo de referencias RS.</i>	58
<i>Figura 18. Área de corte.</i>	63
<i>Figura 19. Área de calidad.</i>	64
<i>Figura 20. Área de guarnición.</i>	65
<i>Figura 21. Área de montaje.</i>	66
<i>Figura 22. Área de cambreado</i>	66
<i>Figura 23. Área de montaje.</i>	67
<i>Figura 24. Área de montaje.</i>	68
<i>Figura 25. Área de montaje.</i>	69
<i>Figura 26. Área de montaje.</i>	69
<i>Figura 27. Área de montaje.</i>	70
<i>Figura 28. Área de montaje.</i>	71

Figura 29. Área de montaje.	72
Figura 30. Área de avíos.	73
Figura 31. Diseño planta de producción.	74
Figura 32. Diagrama BPMN.	76
Figura 33. Diagrama “p”.	79
Figura 34. Distribución normal y nivel Sigma.	82
Figura 35. Diagrama SIPOC.	84
Figura 36. Diagrama VSM.	88
Figura 37. Frecuencias de defectos por proceso.	94
Figura 38. Plan de mejoramiento.	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Producto no conforme.</i>	56
Tabla 2. <i>Análisis general de la producción.</i>	78
Tabla 3. <i>Niveles Sigma.</i>	81
Tabla 4. <i>Tabla de DPMO.</i>	81
Tabla 5. <i>Tiempos de trabajo por jornada.</i>	86
Tabla 6. <i>Resultados de Takt time.</i>	87
Tabla 7. <i>Tipos de muda.</i>	90
Tabla 8. <i>Simbología.</i>	91

RESUMEN

El presente informe de pasantía describe la metodología empleada para mejorar la producción de calzado en Caprino IMACAL S.A.S (Caprino Industria Manufacturera de Calzado S.A.S.), una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. que forma parte de las pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector de calzado, cuero y marroquinería. En este sentido, se implementó la herramienta de mejora de procesos conocida como Seis Sigma.

En la primera fase del proceso, se identificaron los elementos comunes presentes en las pymes de calzado, cuero y marroquinería a nivel nacional en Colombia. Esto permitió obtener una visión general de la industria actual y reveló áreas de mejora, como la necesidad de contar con maquinaria moderna, capacitar al personal y otros aspectos propios de una industria artesanal. A partir de este análisis, se revisaron documentos relacionados con la aplicación de la metodología Seis Sigma que ofrecieran soluciones a los problemas identificados.

Tomando como punto de partida la información recopilada, se hizo un enfoque en la calidad de los productos ofrecidos, para el caso en estudio se eligió la referencia RS para el análisis por ser la referencia que más valor aporta a la compañía y también la que más defectos de calidad presenta en su fabricación. En esta etapa se realizó todo el seguimiento del proceso de fabricación identificando oportunidades de mejora en la fabricación del producto seleccionado.

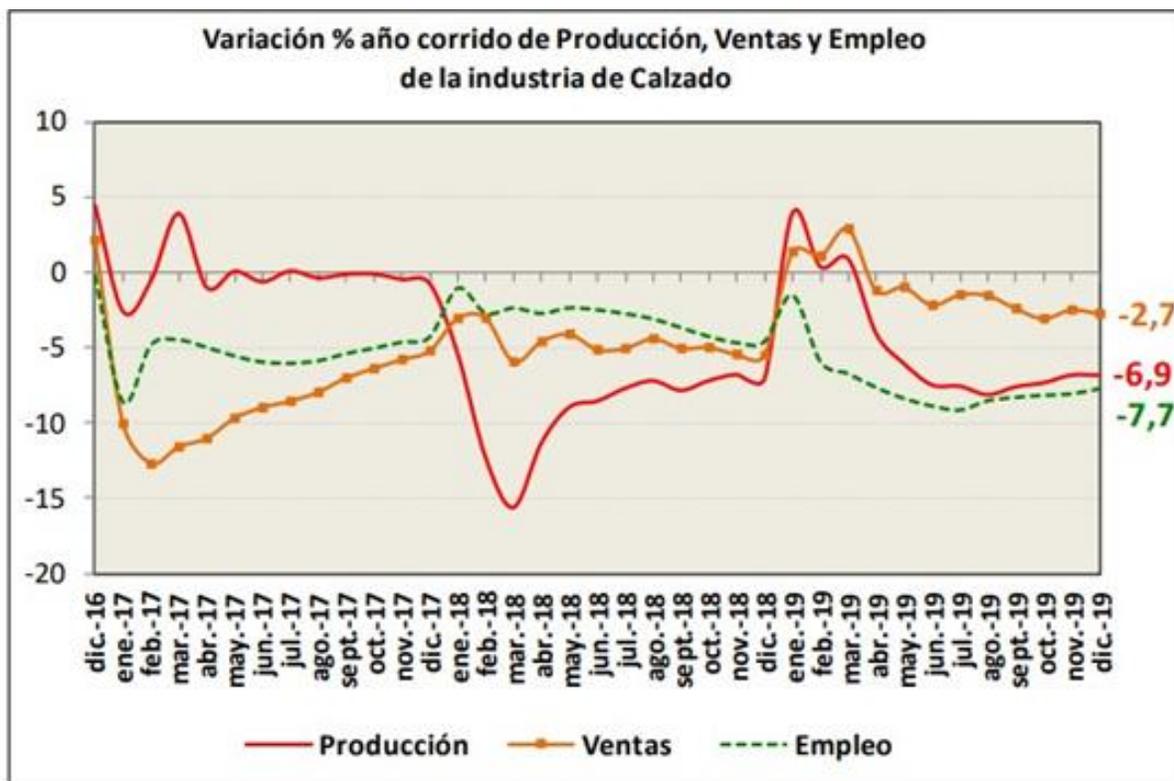
Con lo encontrado, se construyó un estadístico que indicó qué porcentaje de la producción presentaba defectos y cómo afectaba en la compañía. Posteriormente, se formuló un panorama general de la empresa y las áreas productivas a intervenir. Más tarde, se implementó el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). En su primera fase se planteó un diagnóstico inicial de la producción. Luego, por medio de herramientas como el diagrama SIPOC (*suppliers, inputs, process, outputs, customers*) y VSM (*Value Stream Mapping*), se elaboró un análisis detallado de los tiempos en los que se identificaron las mudas y problemas en el proceso de fabricación. Esto se hizo para aplicar la metodología Kaizen (método de las 5s) con la finalidad de corregir todas las oportunidades de mejora halladas en el proceso productivo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia, el sector del calzado y la marroquinería sobresale por su importancia productiva. Al ser un proceso, en su mayor parte, artesanal genera un gran aporte a la empleabilidad y a la economía del país. Además, este sector se reconoce por ser dinámico y adaptable, principalmente esta dinámica se enfoca en la tendencia del mercado y el consumo de los hogares. Esta adaptabilidad del sector afecta drásticamente su producción y sus costes de fabricación. Según la ACICAM (Asociación colombiana de industriales del calzado, el cuero y sus manufacturas) la producción en el sector calzado tuvo un declive del 6 %, las ventas uno del 2.7 %, como se ve reflejado en la Figura 1. Todo ello conllevó también a una disminución en las proyecciones de ventas esperadas debido, principalmente, a la caída del consumo interno y a la reducción de las solicitudes de producto de las grandes superficies [1]. Tal consecuencia exige que las empresas dedicadas al calzado y a la marroquinería desarrollen nuevas estrategias competitivas para el mercado actual, cuyo objetivo primordial sea enfocarse en la producción y la calidad. Es esta idea la base de la propuesta que aborda este escrito.

Figura 1.

Variaciones por mes

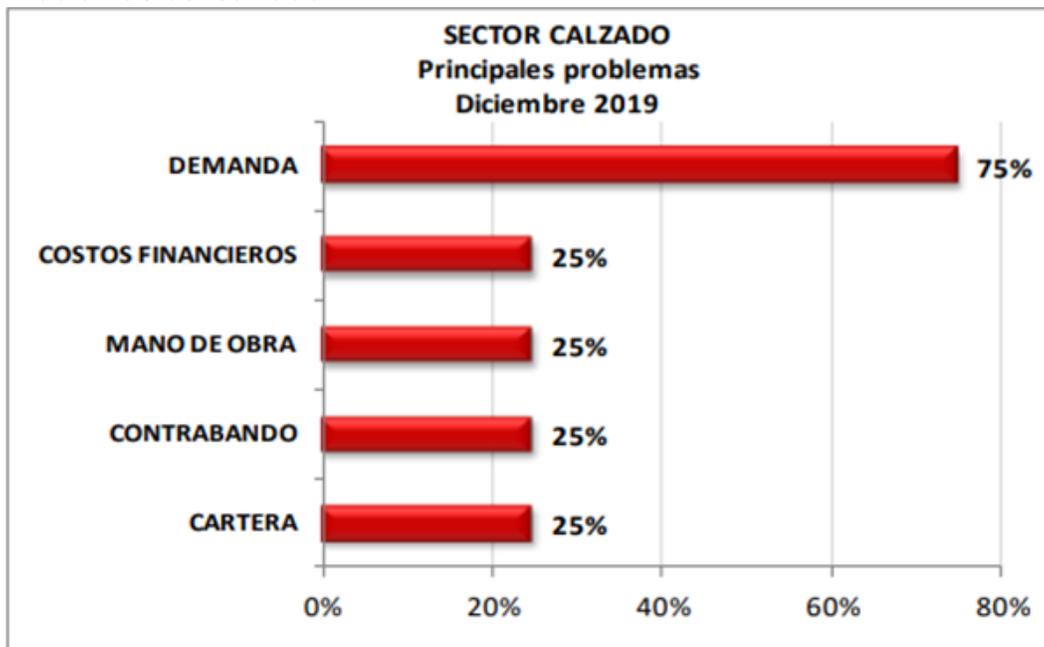


Nota. Esta grafica explica la variación porcentual año corrido de producción, ventas y empleo en la industria del calzado. Tomado de: ACICAM, «Cómo va el sector diciembre 2019», ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. <https://acicam.org/download/como-va-el-sector-diciembre-2019-2/> (accedido 16 de mayo de 2023).

En la Encuesta de Opinión Industrial Conjunta (EOIC) sobre las expectativas y predicciones de los futuros años, el 100 % de los líderes y empresarios aseguraron que la situación de productividad y competitividad del mercado seguirá igual [1]. En la Figura 2 se observa que el indicador que genera mayores problemas a la industria del calzado es la poca demanda del sector nacional e internacional, además de otros factores como los costos financieros, la mano de obra sin experiencia, el contrabando y la deuda de cartera. En su mayoría, estos inconvenientes están directamente relacionados con la falta de organización en la producción.

Figura 2.

Problemas del calzado.



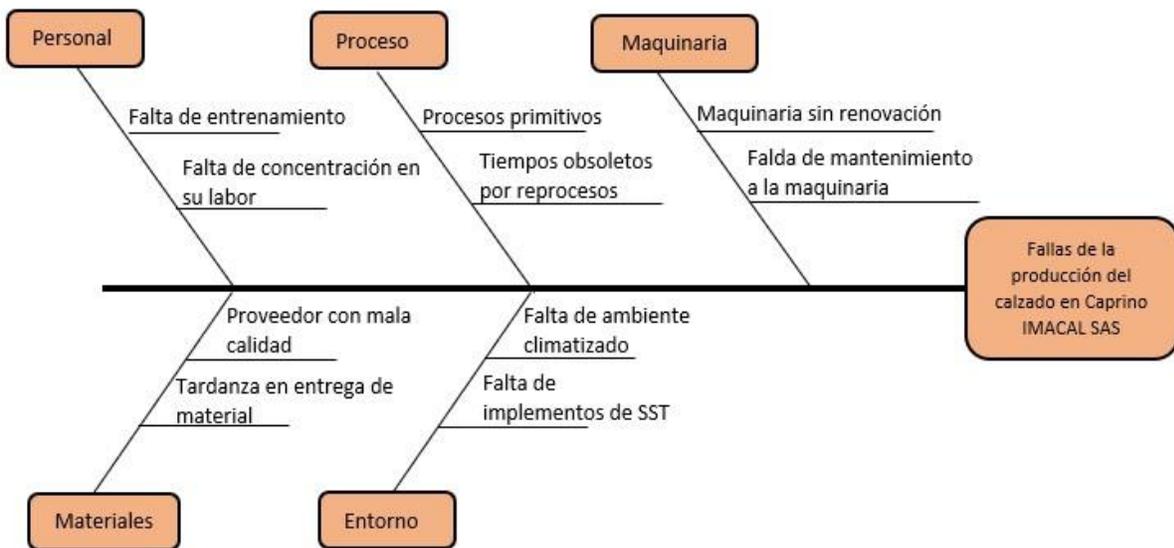
Nota. Esta grafica representa los principales problemas del calzado en valores porcentuales. Tomado de: ACICAM, «Cómo va el sector diciembre 2019», ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas. <https://acicam.org/download/como-va-el-sector-diciembre-2019-2/> (accedido 16 de mayo de 2023).

Es por ese motivo que fue necesario reconocer qué factores perjudicaban la productividad en el sector y en la empresa en la que se desarrolló esta pasantía, tanto de manera general como específica. En ese orden de ideas, se desarrolló un diagrama que incluía todas las causas de la deficiencia de producción en la empresa Caprino IMACAL S.A.S (Caprino Industria Manufacturera de Calzado S.A.S.).

Factores internos que afectan la productividad

Figura 3.

Diagrama Ishikawa.



Nota. Diagrama Ishikawa por fallas de la producción del calzado en Caprino IMACAL S.A.S.

El diagrama Ishikawa (Fig. 3.) refleja inicialmente cuáles son los elementos internos que perturban la productividad de la compañía, dentro de los que se incluye: el personal, los procesos, la maquinaria, los materiales y el entorno. En cuanto al primero, se revisaron los efectos del rendimiento y las posibles ventajas competitivas que se pueden lograr en la empresa. Con ello se llegó a que hay que enfocarse en la buena selección de personal. Asimismo, se halló necesario fortalecer la capacitación y el entrenamiento del personal, pues esta es una parte vital para cualquier proceso de manufactura debido a que con ella se brinda a los empleados estrategias de desarrollo y mejora continua. Dichas necesidades de capacitación pueden ocurrir en cualquier nivel de la organización, desde los cargos más básicos hasta los más avanzados. Con

base en lo anterior, se plantearon tres categorías para la resolución de inconvenientes en la producción [2]:

- Resolución de problemas que se centran en el desempeño del personal.
- Mejora continua de las prácticas laborales, sin tomar en cuenta el desempeño de los trabajadores.
- Renovación de la organización a través de innovaciones y cambios estratégicos.

A los ya mencionados se les suman otros factores que afectan el rendimiento de la productividad tales como la actitud de los líderes o jefes de cada área, las responsabilidades y preocupaciones laborales, y otras cuestiones internas y externas que influyen en el enfoque que el trabajador tiene en su labor [3]. Un ejemplo de estas últimas son las condiciones de trabajo, que afectan el trabajo manual o mental de los trabajadores dado que la fatiga generada al laburar puede llegar a obstaculizar el proceso productivo, poner en riesgo la propiedad organizacional y aumentar la posibilidad de accidentes o riesgos laborales. Por ese motivo, las organizaciones deben cuidar del entorno laboral proporcionando ambientes libres de contaminación auditiva, con buena iluminación y, por supuesto, temperaturas adecuadas. Simultáneamente, se debe garantizar y fomentar una cultura de seguridad laboral en la compañía.

Otro elemento que perjudica la producción es la falta de equipo y de competencias o habilidades adecuadas para el desarrollo de la labor. Del mismo modo, la carencia de una organización en cuanto al trabajo, los tiempos obsoletos y la innovación en los equipos de trabajo afecta de manera sinérgica al personal y, como consecuencia, al proceso productivo [4]. Esto es relevante porque en el ambiente laboral se tienen en cuenta aspectos generales fundamentados por elementos económicos, legales, sociales y aspectos operativos dentro de los que se encuentran los clientes, empleados y proveedores [5]. En concordancia, los proveedores y la materia prima también cumplen un papel primordial para la industria manufacturera.

Es relevante señalar que todas las causas nombradas tienen relación con los siguientes factores externos:

- La obsolescencia de la maquinaria genera costos adicionales para las empresas y obstaculiza su competitividad. Sin embargo, la poca preocupación del Estado por la industria del cuero, el calzado y la marroquinería, y su escasa ayuda plantean dificultades en lo que respecta a las políticas para obtener créditos o financiación con tasas de interés bajas para la innovación de la maquinaria. Esta situación hace imposible obtener un beneficio de optimización de la producción por este medio.
- La competitividad ante productos extranjeros se ve afectada, a largo plazo, por la falta de calidad en los insumos y la carencia de proteccionismo en las exportaciones del cuero *wet blue*. Así, potencias mundiales como China e Italia obtienen los mejores insumos, mientras que en Colombia el cuero exportado es de baja calidad.

Por ese motivo se necesita una estrategia para mejorar tanto la calidad como la productividad. En esa línea, se planeó un diseño de mejora continua que hace uso del método Seis Sigma para aumentar la capacidad del proceso y la productividad, y disminuye costos aplicando el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Esta propuesta se fundamentó en que, a través de pasos sistemáticos, se realizó una valoración general de la producción y su problemática caracterizando cada proceso, con la finalidad de proponer las mejoras y adaptaciones necesarias y fomentar la mejora continua [6]. Además, se efectuó una etapa de mejora en la calidad con el concepto de aumentar la complacencia del cliente, la productividad y el rendimiento financiero, tal y como es solicitado en los negocios modernos [7].

1. PREGUNTA PROBLEMA

¿De qué manera se puede mejorar la eficiencia de la producción de calzado?

2. JUSTIFICACIÓN

La industria del cuero y de la marroquinería en Colombia presenta una situación coyuntural debido a varios factores internos y externos. Dado esto, es de vital importancia garantizar una óptima operación productiva. En concordancia, en este proyecto se estudia el caso específico de la producción en la empresa Caprino IMACAL S.A.S., pues en los últimos años se han identificado falencias en cuanto a los tiempos, el manejo de la producción y la calidad de los productos terminados.

Esta investigación se fundamenta en el diseño de la metodología Seis Sigma aplicada al proceso productivo del calzado. Lo anterior pretende mejorar la etapa productiva de la fabricación del calzado, enfocándose principalmente en la identificación de cuellos de botella, tiempos obsoletos y desperfectos en todo el ciclo productivo, con la intención de obtener un excelente producto final. Esto se hace buscando no solo el beneficio económico de la optimización del proceso de producción, sino también la ganancia del consumidor al obtener un producto con acabados de calidad entregado dentro del margen de tiempo acordado.

Este proyecto también fomenta el mejoramiento continuo en el sector de innovación y desarrollo en la industria del calzado, el cuero y la marroquinería, específicamente en la empresa Caprino IMACAL S.A.S. Fin que se alcanza con el diseño de una producción enfocada en los ideales Seis Sigma y el ciclo DMAIC.

3. DELIMITACIÓN

El actual proyecto desarrolla una propuesta que busca mejorar el proceso de elaboración y producción del calzado en la empresa Caprino IMACAL S.A.S. La base de esta propuesta es un diagnóstico hecho para encontrar el origen del problema en la producción, con el fin de mejorar los indicadores afectados de productividad, cumplimiento y satisfacción para toda la organización.

Adicionalmente, el proyecto tiene en cuenta los tiempos en los procesos de fabricación y los estudios previos realizados internamente en la compañía, para los cuales se da un diagnóstico sin incluir datos confidenciales. Pues la compañía Caprino IMACAL S.A.S., ubicada en la Cra. 41B # 9-65 de Bogotá D.C, guardó confidencialidad sobre los procesos internos evaluados, por ello únicamente otorgó los datos necesarios. Finalmente, cabe señalar que el proyecto se desarrolló en un periodo de cuatro meses, a partir del momento de aprobación.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejoramiento para la producción del cazado en la empresa Caprino IMACAL S.A.S, a través de la metodología Seis Sigma.

4.2. Objetivos específicos

1. Diseñar un diagnóstico sobre el desempeño de la productividad del sector calzado en Colombia a través de herramientas cualitativas de análisis causal, con el fin de identificar las oportunidades de mejoramiento de la calidad de los productos
2. Elaborar una revisión del comportamiento estadístico del proceso a través del uso de lineamientos de control estadístico de la calidad para identificar el desempeño del proceso en el cumplimiento de los estándares de la fabricación del calzado
3. Diseñar un plan de mejoramiento con el uso de la metodología DMAIC para establecer estrategias que puedan mejorar el desempeño de la productividad en la empresa Caprino IMACAL S.A.S

5. ANTECEDENTES

La productividad es de importancia en las empresas de calzado dado que mejora la rentabilidad, la calidad, optimiza los recursos y reduce los costes. En este sentido, el sector manufacturero de la industria del calzado es el cimiento de la empresa debido a que representa a la compañía ante el cliente final. Con el fin de fortalecer esta idea, se procederá a vincular ciertos artículos académicos alrededor del campo.

Para orientar este proyecto se revisaron publicaciones en diferentes regiones, una de ellas fue Ecuador. Allí se realizó un estudio para una empresa de calzado y marroquinería llamada Calzado el Príncipe, en este propuso una mejora dividida en tres etapas. La primera fue establecer un panorama de manera general en relación con el contexto de la empresa; la segunda expuso el levantamiento de los datos y la recolección de información mediante herramientas definidas en el trabajo por medio de la ingeniería de procesos; y, por último, se idearon modos de optimizar y equilibrar la línea productiva utilizando la tecnología de las 5S, incluyendo también la teoría de restricciones [8].

Otro estudio efectuado en este país fue el caso de Calzado Lombardía, donde el propósito principal fue establecer cómo influiría un programa de mejora continua en el proceso productivo de esta empresa. Tomando lo anterior en cuenta se presentó un proyecto de mejora continua donde los autores siguieron la metodología Seis Sigma para cubrir los conflictos dentro de la producción y proyectar posibles soluciones [9].

Por otro lado, en la presente investigación se tuvieron en cuenta estudios inteligentes destinados a analizar los tiempos de elaboración, así como sus movimientos. Uno de dichas pesquisas fue el realizada en la fábrica Calzado Gabriel, también en Ecuador. El autor de esta iniciativa analizó el proceso de producción y utilizó, entre otras cosas, diagramas de flujo y descripciones de operaciones. Por ejemplo, en la parte de preparación de la plantilla, se hizo una combinación de contar y numerar para usar una sola operación [10]. Adicionalmente, se mostró el potencial de mejora del proceso de elaboración llevado a cabo por Calzado Gabriel.

Otro ejemplo de optimización de la producción se observó en el trabajo hecho en la Fábrica de Calzado JCT Empresarial S.A., ubicada en Colombia. Allí se diagnosticó cómo debe ser la planificación de la producción, eso se hizo a través del análisis de fichas técnicas, tiempos y métodos de planificación. Hay que tomar en cuenta que estos estudios se realizaron considerando el tiempo de fabricación en la feria del calzado más importante de su país de origen [11].

En lo que respecta a la empresa fabricante de calzado Caprino IMACAL S.A.S., cuenta con un aproximado de 51 a 200 empleados, es una pyme liderada por Álvaro Pereira, fundada en el año 1942 y ubicada en Bogotá D.C. Actualmente presenta un cuello de botella en el área de montaje, el cual entorpece la calidad y eficacia de las técnicas y etapas en la elaboración del calzado. Esto se debe a varios factores, dentro de los que se incluye una mala organización interna por falta de personal y una producción con reprocesos, pocas garantías, tiempos muertos, inconvenientes en el montaje, la materia prima y los suministros.

La problemática por la que atraviesa la fábrica Caprino IMACAL S.A.S. también se debe a algunos factores externos. Hay que señalar que el decrecimiento de la industria del calzado se ha dado desde el inicio del TLC (Tratado de Libre Comercio) con países más capacitados en el área, como Estados Unidos y China. Previo a 1990 se suplían las necesidades del mercado colombiano del sector calzado gracias a que la cadena productiva tenía más apoyos crediticios, era más completa y estable, lo que hacía posible una producción de calzado que superaba los cien millones de unidades [12]. Esta cantidad mantenía el mercado en un estatus de balance propio de la industria nacional para su época. Como consecuencia de la apertura, después de 1997, las exportaciones aumentaron exponencialmente más de un 100 %, condenando a la industria nacional a una extinción por la falta de competencia.

Con todo, se llegó a la conclusión de que, en el estudio de la empresa Caprino IMACAL S.A.S, primero se debe realizar un diagnóstico del área de producción para poder hacer recomendaciones para mejorar la producción. El propósito de ello es identificar

problemas críticos de producción. Sumado a eso, hay que hacer un análisis de estrategias de venta que permitan incrementos significativos en la venta de productos e impacten positivamente en la generación y contratación según demanda del mercado.

6. HIPÓTESIS

Elaborar una propuesta que potencie la productividad a través del desarrollo de un manual de funciones, una redistribución de la planta, un análisis y replanteamiento de los tiempos, y una definición de productos. La intención es que los resultados de esta investigación estén enfocados en la mejora de los indicadores de gestión, como la producción mensual y el aumento de la capacidad de trabajo.

7. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente marco referencial expondrán todos los detalles, informaciones, ideas, teorías académicas y precedentes históricos que se consideran esenciales para respaldar el estudio.

7.1. Marco conceptual

En el siguiente marco se definirán los conceptos, las palabras clave y los términos necesarios para entender y realizar este proyecto.

7.1.1. *Optimización de la producción*

Para poder definir la optimización de la producción hay que partir del significado de proceso, el cual está definido como el grupo de trámites, tareas y acciones interrelacionadas y fusionadas que transforman las entradas en salidas [13]. En concordancia, la acción de la producción parte del conjunto de procesos en una organización. En suma, la optimización de procesos busca que la etapa de transformación sea lo más eficiente posible haciendo uso de una metodología óptima que elimine la variabilidad en cada uno de los procesos de transformación. En concreto, logra resultados como acortar los períodos de producción, disminuir los gastos y generar una gran satisfacción en los clientes [14].

Otro concepto de optimización de la producción parte de la aplicación de datos propios del área de estudio para predecir, optimizar y planificar la producción. Ello se hace usando métricas de evaluación productiva con un grado medido de planificación y veracidad [15]. Es por eso por lo que, por fines propios del proyecto, se relacionará la optimización de la producción con la aplicación y el estudio de datos propiamente del área de investigación, que en esta situación es la producción de calzado en la empresa Caprino IMACAL S.A.S.

7.1.2. Seis Sigma

La metodología Seis Sigma está enfocada principalmente en dos vertientes. La primera puede ser una estrategia de negocio que consiste en que, usando la técnica de *benchmarking*, Seis Sigma funciona como un método comparativo entre diferentes compañías. Este posibilita la replicación de los efectos según las observaciones realizadas, lo que hace que se adapte al contexto del mercado en el que se está interactuando.

La segunda vertiente es entender Seis Sigma se presenta como una técnica para resolver problemas mediante la aplicación de la metodología DMAIC, cuyo objetivo es solucionar problemas dentro de la organización, siempre y cuando la magnitud de la compañía lo amerite. Además, mediante herramientas no estadísticas como diagramas, gráficas y matrices se analiza cada procedimiento controlando cada etapa de la producción, con el objetivo de verificar los procesos, identificar oportunidades de mejora y maximizar los resultados de la operación [16].

Otra definición de Seis Sigma es como una estrategia de optimización y mejora continua aplicada y destinada a procesos productivos y de servicios. Para utilizar este método se deben aplicar herramientas estadísticas y utilizar como guía a la filosofía de la calidad, aspectos que son usados para optimizar y mejorar factores como la eficacia y efectividad de una compañía [17]. De igual manera, Seis Sigma también se define como un método de gestión cuyo propósito es mejorar los niveles y métricas en cuanto al desempeño de un proceso. Eso se hace por medio de decisiones acertadas que llevan a la comprensión de las necesidades de los clientes.

Para esta investigación se hizo uso del concepto de [16], el cual abarca todo el concepto de Seis Sigma y la integración con la metodología DMAIC, herramienta primordial en este proyecto.

7.2. Marco teórico

Con base en los conceptos anteriormente desarrollados, se identificarán los aportes relacionados con la temática de optimización y Seis Sigma.

7.2.1. *Seis Sigma: aplicación en la optimización de procesos*

Para poder aplicar el método Seis Sigma es primordial que el jefe o el líder del proyecto tenga en cuenta las estrategias explicadas a continuación:

- Conocer todos los procesos vitales dentro de la empresa.
- Entregar o delegar responsabilidades a cada colaborador calificado.
- Aplicar círculos de calidad por medio de una lluvia de ideas donde se involucren a todos los colaboradores.
- Encontrar y datar los factores que involucren o perturben en cualquier aspecto la calidad.
- Identificar las necesidades de los clientes o usuarios finales.

Luego de todos los procedimientos anteriormente efectuados se procede a cuantificarlos para tener un análisis completo de toda la gestión realizada.

7.2.2. *Seis Sigma: principios filosóficos*

La metodología Seis Sigma propuesta por [17] establece seis principios para su ejecución:

7.2.2.a. Primer principio (Enfoque al cliente). En el primer principio hace énfasis en el enfoque al cliente final. Adicionalmente, también abarca el mejoramiento continuo de cada corporación u organización con el único objetivo de satisfacer de forma integral y total al cliente, tanto interno como externo.

7.2.2.b. Segundo principio (Análisis de la información). Analizar la información de manera oportuna y veraz. Se deben detectar las variables o condiciones críticas que afectan directa o indirectamente el proceso, recolectando toda la información posible para que

posteriormente sea analizada y procesada de la mejor manera mediante estadísticas robustas.

7.2.2.c. Tercer principio (Enfoque de los procesos). Para el tercer principio se tiene un enfoque basado en el proceso. En este, usando como guía las normativas ISO, se orientan todas las normas de aseguramiento correspondientes a la calidad de la compañía.

7.2.2.d. Cuarto principio (Actitud preventiva). La metodología Seis Sigma requiere asumir siempre una actitud de prevención y crítica ante cada actividad que posea un proceso.

7.2.2.e. Quinto principio (Trabajo en equipo). El trabajo en equipo es una pieza crucial en una organización. Esta favorece la comunicación entre proceso y empleados, y ayuda a llevar a cabo un análisis acertado en todas las situaciones que afecten de manera directa el proceso.

7.2.2.f. Sexto principio (Mejora continua). Este principio se fundamenta en el primer principio, el cual es la satisfacción del cliente. Ello se debe a que la única manera de lograrlo es con la creación y aplicación de políticas de mejora continua en cada etapa del proceso.

7.2.3. Ciclo DMAIC

El ciclo DMAIC es una parte crucial para todo el análisis y la aplicación de la metodología Seis Sigma, y se divide en los siguientes componentes:

7.2.3.a. Definir. En esta etapa se busca la comprensión del problema o los inconvenientes presentados para, con ello, establecer objetivos que posibiliten su solución. Asimismo, se deben redactar y especificar las consecuencias positivas que se esperan después de la aplicación. También, hay que tomar registros y datos estadísticos robustos, con el fin de medir y cuantificar todos los factores que pueden ayudar en el análisis posterior.

7.2.3.b. Medir. Para poder realizar esta etapa es necesario establecer los factores externos e internos que afectan la producción, y relacionarlos con los sucesos que

interfieran en ella. Sumado a lo anterior, se establecen los atributos y variables para definir causas y efectos dentro del proceso de producción.

7.2.3.c. Analizar. En esta etapa se debe realizar la formulación del plan de mejora por medio de herramientas y métodos como el diseño de experimentos o la creación de metodologías específicas para cada situación. Con el análisis ya preparado, se realiza el acercamiento a las siguientes etapas.

7.2.3.d. Mejorar. Con esta fase se busca eliminar o reducir significativamente el problema efectuado desde un inicio. Ahora bien, las propuestas de mejora son evaluadas por medio de técnicas de recolección de ideas de mejora, simulación de cambios y la experimentación con todos los indicadores evaluados.

7.1.5.e. Controlar. Después de tener listos todos los factores anteriores, es de vital importancia que la empresa mantenga y mejore todos los procedimientos a lo largo de la implementación DMAIC, de tal forma que se pueda garantizar el control y la gestión de los procesos.

7.2.4. *Lean Manufacturing*

El objetivo principal de *Lean Manufacturing* es disminuir las pérdidas y maximizar el valor añadido que tiene o recibe el cliente. Los principios de esta tendencia son; la calidad por encima de todo, la minimización del desperdicio estableciendo mejora continua en los procesos pull, la flexibilidad corporativa, la construcción y el mantenimiento de una relación con clientes y proveedores, de tal manera que se puedan formar acuerdos para compartir riesgos. Además, esta filosofía tiene siete tipos de desperdicios fundamentales. Estos pueden ser aplicados a cualquier corporación o empresa y se presentan desde el ingreso de la materia prima hasta la entrega del producto. También, en algunos casos, se considera la sobreproducción como un octavo desperdicio dado que causa movimientos innecesarios, aumento en el transporte, falta de calidad y la utilización del personal en exceso [18].

7.3. Marco Histórico

En este marco se tomará la historia de las teorías mencionadas y se hará una introducción al contexto empresarial del cuero.

7.3.1. Historia de Seis Sigma

En los años ochenta, la estrategia de mercado y mejora de la calidad en la producción de MOTOROLA impulsó el surgimiento de la filosofía Seis Sigma. Durante ese tiempo, Mikel Harry, un ingeniero y colaborador de la empresa, introdujo una política innovadora centrada en la evaluación y el análisis de los procesos para obtener una comprensión más precisa de la realidad empresarial. Con la expansión y la globalización de las empresas, surgieron técnicas más eficientes que permitieron optimizar procesos, aumentar la competitividad y mejorar la productividad. Estas técnicas involucraron tanto variables internas como externas.

A raíz de todo esto, se tomó como medida el uso de estadísticos confiables. Uno de ellos fue la medida estadística de la desviación estándar del proceso, usada como indicador de desempeño y medidor de la eficiencia y eficacia de la compañía. Dicha iniciativa llamó la atención del director ejecutivo Bob Galvin, quien observó que, al momento de realizar un control estadístico, se oscila en tres desviaciones del promedio encontrado. Ello implica que, aunque estadísticamente se considera normal, aproximadamente 34 elementos de la producción en un millón (1 000 000) no cumplen con los criterios exigidos por el usuario final. La consecuencia de esto fue el surgimiento del método Seis Sigma como una herramienta filosófica para evaluar el rendimiento de una organización [19].

Lo anterior basta para definir a Seis Sigma como un método con un nivel de complejidad avanzado, el cual es utilizado por corporaciones e industrias para realizar ajustes y optimizaciones en productos y procesos. Su pilar es que es una corriente metodológica que pone al cliente en posición primordial a la hora de tomar decisiones, lo que permite crear participantes en toda la cadena de suministro [20].

7.3.2. Historia del calzado

Hace cuatro millones de años, cuando el ser humano adoptó la postura erguida y comenzó a caminar, surgió el origen del calzado. Esta necesidad de desplazarse por diversos climas y terrenos llevó al hombre a proteger su cuerpo, especialmente sus pies. Así nació la idea primordial del zapato, que en tiempos primitivos se asemejaba más a una sandalia. A medida que la inteligencia aumentaba, los conceptos fueron evolucionando con la finalidad de adaptarse a cualquier terreno y situación. Fue así como se desarrollaron múltiples técnicas de fabricación para el calzado.

A partir del siglo XX la fabricación del calzado dejó de ser artesanal y se convirtió en industrial. Se empezó a hacer uso de mejores materiales y, lo más importante, de una suela de goma. Adicionalmente, se tuvo en cuenta por primera vez el tamaño, la forma y la posición del pie. Asimismo, se comenzaron a fabricar zapatos específicos para los diferentes usos [21].

7.3.2.a. Historia del calzado en Colombia. El calzado y su fabricación en Colombia iniciaron en los años cincuenta, en ese entonces solo el 40 % de la población colombiana conocía el calzado. Sin embargo, a causa de la violencia bipartidista de ese momento, se generó una gran migración campesina a las ciudades y con ella el zapato empezó a ser una prenda necesaria. En esa época nacieron los primeros modelos y gremios del calzado, como lo fue la Corporación Nacional de Industriales del Calzado (Cornijal) fundada el 14 de julio de 1956. Desde entonces, a lo largo de las siguientes décadas hubo un crecimiento en el sector del calzado.

Durante la década de los años ochenta, a pesar de conservar su enfoque artesanal, la industria del cuero experimentó un notable fortalecimiento y generó materia prima de una calidad excepcional. Como consecuencia nació la Semana Internacional del Calzado (Social), un evento en Colombia en el que diferentes países se reúnen para exponer la vanguardia en moda, materiales, texturas y diseños.

7.4. Marco Empresarial

En este fragmento se resaltarán las cualidades y los datos propios de la empresa Caprino IMACAL S.A.S., y el contexto actual del sector.

7.4.1. Caprino IMACAL S.A.S.

La empresa Caprino IMACAL S.A.S. fue fundada por Luis Ernesto Pereira Hernández en 1972. En ese entonces elaboraba cotizas y zapatos industriales, así como de dotación. La compañía nació en el sector de Chapinero, en una bodega que quedaba en una segunda planta con pisos en madera y que estaba ubicada en la Cra. 41b # 9 - 5, un eje comercial de gran movimiento tanto en manufactura como en comercio. Fue fundada con una línea masculina, pero como el mercado empezó a mover el producto femenino también se inició la fabricación de calzado para mujer. Este último fue de tan elevada calidad que la demanda subió exponencialmente, a tal punto que la oferta abarca, a la fecha, el 80 % de las ventas.

7.4.2. Panorama reciente del calzado en Colombia

De acuerdo a los datos proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la producción de la industria del calzado durante el periodo de enero a noviembre de 2021 experimentó un crecimiento del 42.2 %, mientras que las ventas aumentaron un 38.6 % [22]. Por otra parte, la Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas (ACICAM) informa que la población colombiana gastó aproximadamente tres billones cuatrocientos mil millones de pesos (3 400 000 000 000) en 2021. En cuanto a la demanda de carteras y correas, estos productos representaron un consumo de trecientos veinticinco mil millones de pesos (325 000 000 000), registrando un incremento del 13 % en comparación con el año anterior [23].

En los últimos años, de igual manera, se ha visualizado una tendencia de caída cerca de un 23 %. Ello se debe principalmente al aumento de las exportaciones de países como China, el cual ha cuadruplicado su participación en el mercado del calzado en Estados Unidos. Y como era de esperarse, la capacidad de producción colombiana de calzado no tiene comparación con los otros países competidores en el mercado.

Para hacer frente a la actual coyuntura nacional, la Iniciativa Clúster de Cuero, Calzado y Marroquinería auspiciada por la Cámara de Comercio de Bogotá. Esta se enfoca en tres vertientes o pilares estratégicos: la articulación, la institucionalidad y la normativa; el fortalecimiento empresarial y el talento humano; y la innovación en moda, diseño y valor agregado.

7.4.2.a. Clúster del calzado en Bogotá. A continuación, se estudiarán las temáticas del clúster de calzado que han sido apoyadas por la Alcaldía de Bogotá.

- **Condiciones de los factores:** la Cámara de Comercio de Bogotá presenta propuestas de valor y ventajas de las condiciones de los factores. Dentro de ellas incluye la cercanía geográfica al mercado americano, la habilidad de la mano de obra colombiana, la oferta de técnicos y tecnólogos del sector, un buen número de empresas y el amplio portafolio de los productos. Todos estos factores favorecen al Clúster en Bogotá, además de enfocarse en la capital del país, crea una oferta y una oportunidad para todo tipo de servicios financieros [24].
- **Estrategia de firma y rivalidad:** en el Clúster de calzado se realiza un informe donde se puede ver el interés de las curtiembres en la inversión de producción limpia, generando un valor agregado en los procesos puros y limpios. Se visualiza también la inclusión de la industria del calzado en el programa de Transformación Productiva creado por la secretaria Distrital y la Cámara de Comercio. También se expone una política de internacionalización del país orientada a los TLC, con la finalidad de desarrollar competencias en mercados exteriores que generen valor agregado a cada compañía.
- **Industrias relacionadas y de soporte:** en el informe presentado por la Cámara de Comercio están presentes gremios que apoyan el sector, además de la adecuada articulación entre las instituciones públicas y privadas para el apoyo de las empresas. En cuestión de soporte, se incluyen programas especializados por parte del SENA

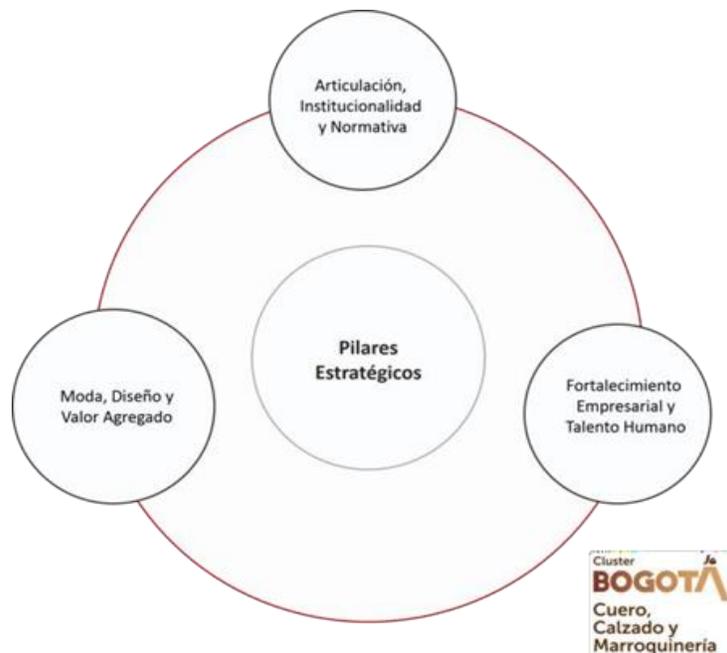
(Servicio Nacional de Aprendizaje) direccionados a fomentar el crecimiento y la innovación de la industria generando asesorías técnicas por parte de este y otras instituciones de educación superior.

- **Condiciones de la demanda:** actualmente el poder adquisitivo funciona como una ventaja en el país dado que se puede fomentar la adquisición de este tipo de bienes. Además, con la ayuda de los TLC se le brinda al sector del calzado el acceso a mercados con capacidad de demanda muy superior al colombiano, de modo tal que se exploran nuevos horizontes e inversiones extranjeras.

Una de las medidas innovadoras es la identificación de nuevos nichos de mercado como los muebles de cuero, la marroquinería en nuevos enfoques y la tapicería automotriz, tareas que explotan nuevos recursos en áreas que no son focales en el nicho actual. También, la Alcaldía de Bogotá se ha enfocado en tres pilares estratégicos como se evidencian en la Figura 4, con los cuales se busca el desarrollo de acciones que mejoren la competitividad desde su estructura interna, el capital humano y el ser referentes en la moda actual.

Figura 4.

Pilares Estratégicos.



Nota. Pilares estratégicos de Clúster del Cuero, Calzado y Marroquinería. Tomado de: Cámara de Comercio de Bogotá, «Quiénes somos», Cámara de Comercio de Bogotá. <https://www.ccb.org.co/Clusteres/Cluster-de-Cuero-Calzado-y-Marroquineria/Sobre-el-Cluster/Quienes-somos> (accedido 8 de junio de 2023).

7.5. Marco legal

En este marco legal se encuentra las normativas y leyes vigentes para el tratamiento, creación y transformación del cuero, el calzado y la marroquinería.

Figura 5.

Normativas y leyes vigentes sobre el cuero.

Norma	Descripción
Resolución 219 de 2021	Que con el fin de desarrollar medidas de fortalecimiento, eficiencia y transparencia que permitan aprovechar las grandes inversiones que se realizan en el país en materia de infraestructura física para los sectores de educación, salud y cultura, recreación y deporte, es prioritario estructurar e implementar documentos tipo para los procesos de contratación de obra pública en infraestructura social que se adelanten por la modalidad de licitación pública.
Decreto 2598 de 2022	Por el cual se modifica parcialmente el Arancel de Aduanas para la importación de confecciones y se dictan otras disposiciones
Decreto 881 de 2020	Por el cual se adoptan medidas transitorias en materia de operaciones de comercio exterior y se dictan otras disposiciones para mitigar los efectos causados por la emergencia sanitaria provocada por el coronavirus COVID-19
Resolución número 0498 de 2020	Define los subsectores de la industria de manufacturas que podrán circular a partir del lunes 27 de abril en Colombia incluyendo el calzado cuero y marroquinería.

Nota. Esta tabla representa la normativa vigente para el sector del calzado cuero y marroquinería.

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Fuente y técnicas de información

En este estudio se emplea información obtenida directamente de fuentes originales, como documentos emitidos por instituciones tanto públicas como privadas, así como informes de investigación. También hace uso de fuentes secundarias como artículos de investigaciones *online* de la Fundación Universidad de América. Dicha información será presentada de manera detallada, con el fin de relacionarla con la investigación.

8.1.1. Fases

En las siguientes secciones, se describirán las distintas fases de este estudio investigativo y las tareas realizadas para lograr los objetivos establecidos.

8.1. 1.a. Fase exploratoria. Con ayuda de las herramientas de búsqueda, se realizó una identificación de variables existentes para la producción de calzado, eso se hizo a través de las siguientes actividades:

- Localizar la planta de producción para conocer ventajas y desventajas del sector.
- Conocer a todo el personal que trabaja en la planta.
- Identificar la metodología utilizada para cada proceso, tanto en las cadenas de guarnición como en la banda de montaje.
- Revisar factores o problemáticas comunes en el desarrollo para la producción del calzado.
- Verificar junto con operarios las metodologías utilizadas.
- Buscar información sobre los tipos de cueros normales y terminados, datos relevantes para su optimización.
- Identificar referencias que no requieran todo el proceso.
- Identificar el proceso de referencias de acuerdo con el tipo de cuero.
- Analizar la fabricación de cada tipo de suela.

- Identificar las causas o problemáticas de los tiempos muertos en cada uno de los procesos.

8.1.1.b. Fase descriptiva. Se realizó una descripción para la optimización de tiempos muertos y sus estrategias de mejora por medio de herramientas existentes. Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- Identificar causas o problemáticas de los tiempos muertos en cada uno de los procesos.
- Realizar tiempos para cada cadena.
- Realizar tiempos para la banda de montaje.
- Verificar que las estrategias planteadas se cumplan con rigurosidad.

8.1.1.c. Fase de análisis. Se hizo un estudio detallado sobre las variables que deben ser tomadas en cuenta:

- Análisis de la fabricación de cada tipo de suela.
- Análisis de variables de los procesos de guarnición y montaje.
- Análisis de estrategias para evitar tiempos muertos.

8.1.1.d. Fase de diseño. Se diseñó una propuesta de mejora utilizando las herramientas establecidas para la producción y su optimización, trabajo que consistió en las siguientes tareas:

- Diseñar una muestra de producción que cumplan con las características establecidas para compararla con el producto final.
- Identificar cambios o ajustes necesarios para la implementación de la tecnología DMAIC.
- Instaurar un modelo de producción de calzado que satisfaga los requerimientos de mejora continua.
- Diseñar una propuesta de mejora en la producción a través de un modelo de implementación de Seis Sigma.

9. CRONOGRAMA

Figura 6.

Fase exploratoria.

Fase	Actividades
E X P L O R A T O R I A	Localizar la planta de producción para conocer ventajas y desventajas del sector
	Conocer todo el personal que trabaja en la planta
	Identificar la metodología utilizada para cada proceso tanto en las cadenas de guarnición como en la banda de montaje
	Revisar factores y/o problemáticas comunes en el desarrollo para la producción del calzado
	Verificar junto con operarios las metodologías utilizadas
	Búsqueda de información sobre tipos de cueros normales y terminados para su mayor optimización
	Identificar referencias que no requieran todo el proceso
	Identificar el proceso de referencias de acuerdo al tipo de cuero
	Identificar calidad del cuero
Identificar causas y/o problemáticas de los tiempos muertos en cada uno de los procesos	

Nota. Esta tabla refleja la fase exploratoria.

Figura 7.

Fase Descriptiva.

Fase	Actividades
D E S C R I P T I V A	Identificar si el proceso es cualitativo o cuantitativo para identificar las variables con el fin de obtener un mejor desarrollo de las estrategias
	Realizar tiempos para cada cadena (tanto guarnecedor y su ayudante)
	Realizar tiempos para la banda de montaje
	Verificar que las estrategias planteadas se cumplan con rigurosidad

Nota. Esta tabla refleja la fase descriptiva.

Figura 8.

Fase de análisis.

Fase	Actividades
A N A L I S I S	Análisis de la fabricación de cada tipo de suela
	Análisis de variables en procesos de guarnición y montaje
	Análisis de estrategias para evitar cuellos de botella

Nota. Esta tabla refleja la fase descriptiva.

Figura 9.

Fase de diseño.

Fase	Actividades
D I S E Ñ O	Diseñar una muestra de producción para compararla con el producto final y que cumplan con las características establecidas
	Identificar cambios o ajustes necesarios para la implementación de la tecnología DMAIC
	Instaurar un modelo de producción de calzado que satisfaga los requerimientos de mejora continua
	Diseñar una propuesta de mejora en la producción a través de un modelo de implementación de seis sigmas

Nota. Esta tabla refleja la fase de diseño.

10.RESULTADOS

10.1. Aspectos relevantes del sector calzado en Colombia

Con el fin de identificar los factores que podrían estar influyendo en la disminución de la productividad en la industria del calzado en Colombia, fue necesario examinar de manera general tanto la industria en sí como el contexto nacional en el que opera dicho sector. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la información proporcionada por el DANE en su Encuesta Anual Manufacturera correspondiente al año 2020, la cual arrojó resultados provisionales de 7343 establecimientos industriales. A partir de estos datos, se descubrió que el Clúster del calzado en Colombia forma parte de uno de los 18 subsectores industriales que experimentaron variaciones negativas, de un total de 22 existentes. Se registró una disminución porcentual del -32 % en comparación con el año anterior, y su contribución al PIB de la industria fue negativa, con un 0.2 %.

También se analizó la distribución porcentual de las variables principales de la agrupación 152 “Fabricación de Calzado”, en ella se evidencia una producción bruta del 0.3 % en toda la industria manufacturera en Colombia para el año 2020. Estas cifras reflejan, en cierta medida, la situación actual de la industria y la urgencia de abordar los elementos que la impactan. Este patrón tiene su origen en múltiples desafíos, incluyendo la reducción en la producción, la disminución de las ventas al exterior y el incremento de las importaciones. A nivel interno de la compañía, se destacan problemas como la falta de excelencia en la calidad de los productos, la escasa innovación y diseño, así como los elevados costos de producción [22].

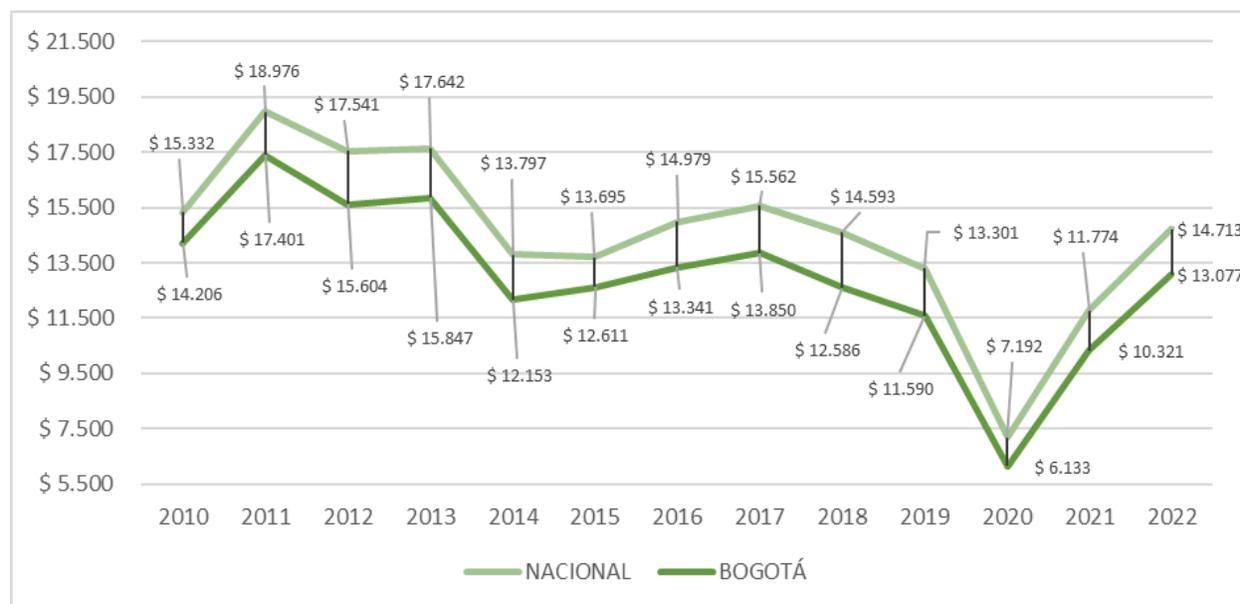
Para poder obtener una visión de las importaciones y exportaciones de calzado a nivel nacional y departamental se consultó el histórico generado en el Mapa Regional de Oportunidades (MARO), haciendo énfasis en el calzado con suela de plástico, caucho y sus variantes con su parte superior en cuero natural y sintético. Allí se ve que las exportaciones a nivel nacional y regional tienden a disminuir, tal como se refleja en la Figura 10. Además de ver reflejada la participación de Bogotá en más de un 90% de las

exportaciones. También se observa una tendencia desde el año 2014 donde las exportaciones tuvieron una disminución promedio de aproximadamente un 22%.

El panorama de importación de calzado refleja de igual manera un decrecimiento desde el año 2012, en esta ocasión de un 15% anual (Figura 11). De igual manera se refleja que la relación de importaciones es de casi 100 veces el valor de las exportaciones demostrando una dependencia al consumo de calzado importado a nivel nacional.

Figura 10.

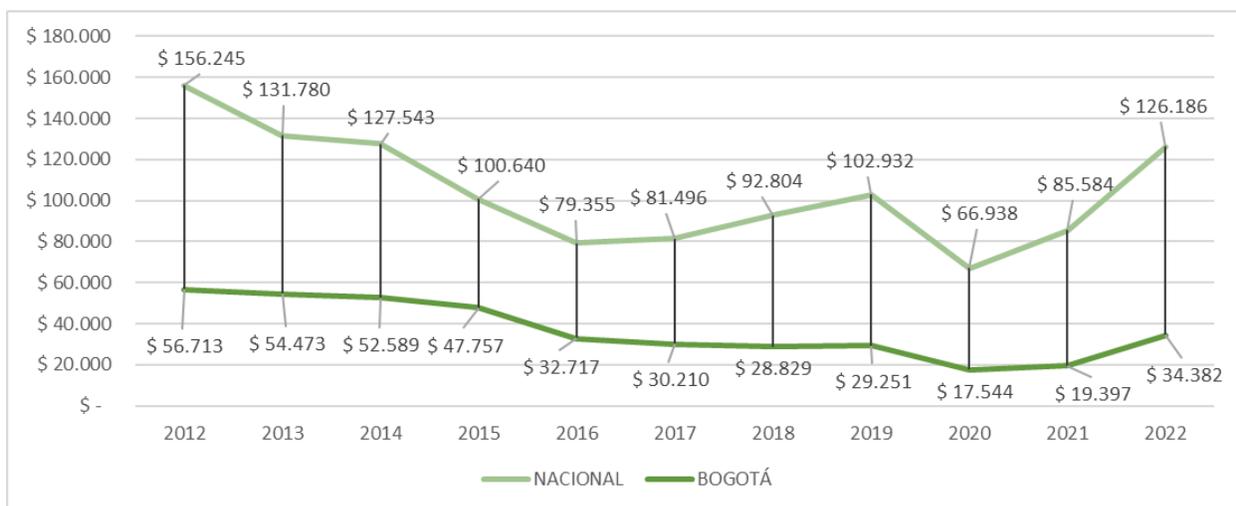
Exportaciones de calzado.



Nota. Esta grafica representa las exportaciones de calzado en Colombia y en Bogotá desde 2010 hasta 2022 (miles de USD). [En línea]: <https://www.maro.com.co/apuesta-pdp/bienes/1> [Acceso: jun. 20, 2023].

Figura 11.

Importaciones de calzado.

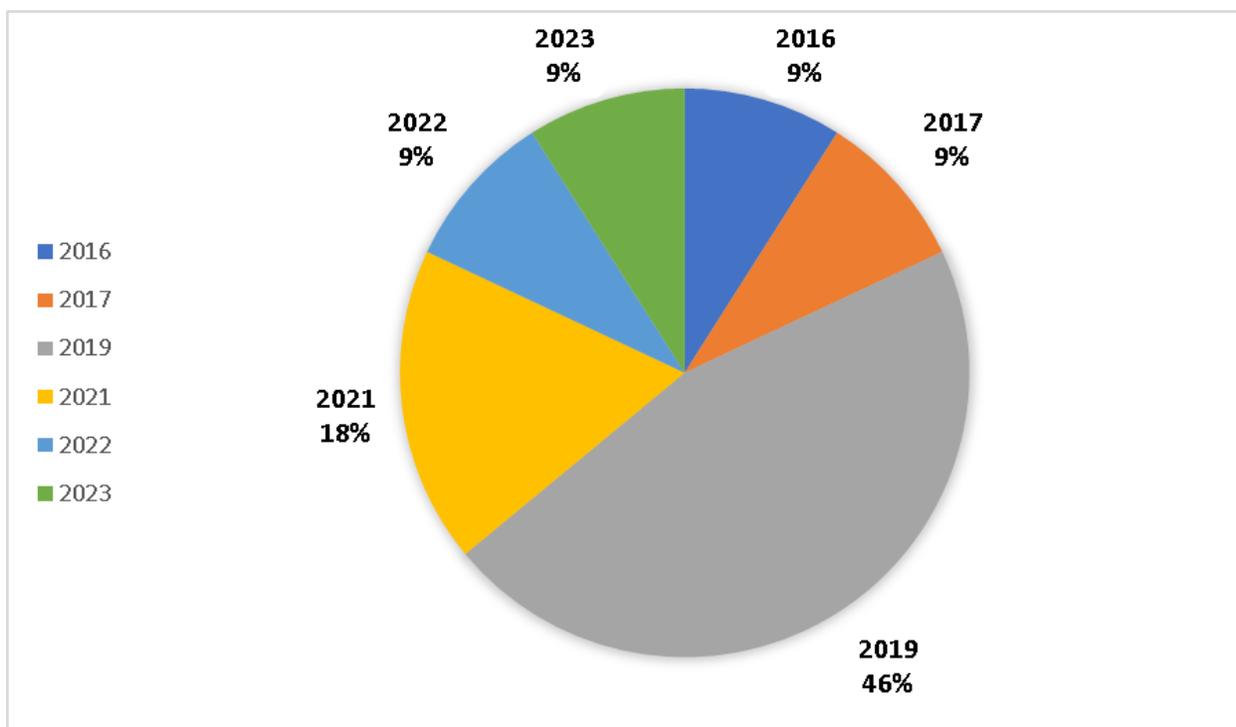


Nota. Importaciones de calzado en Colombia y en Bogotá desde 2012 hasta 2022 (miles de USD). [En línea]: <https://www.maro.com.co/apuesta-pdp/bienes/1> [Acceso: jun. 20, 2023].

Teniendo un panorama general del sector del calzado en Colombia y su contexto de importación y exportación, se emprendió una investigación de la implementación de mejoras productivas para el calzado en Colombia y su competitividad nacional e internacional. Con esta finalidad se revisaron 14 documentos entre los años 2016 y 2023, en los cuales se encontraron casos de estudio que explican la deficiencia de productividad a nivel regional y nacional de las pymes de calzado, cuero y marroquinería. Tomando en cuenta no únicamente la Región de Bogotá, donde se encuentra el objeto de estudio, sino también otras regiones para tener una perspectiva más amplia del clúster del calzado a nivel nacional, como se ve en la Figura 12.

Figura 12.

Documentos revisados.



Nota. Este grafico representa el porcentaje de documentos revisados por años en el sector de calzado.

De esta manera se expone la importancia de las metodologías a lo largo del tiempo para optimizar la producción durante los últimos años en el sector de calzado. Se debe tener en cuenta también que algunos textos no están documentados en estos artículos académicos publicados.

Entendiendo el contexto del sector del calzado en Colombia fue necesario retomar fuentes anteriores enfocadas en este sector industrial de la manufactura, donde se identificaron factores comunes que contribuyen a la baja productividad del sector del calzado en Colombia. Algunos de estos factores pueden incluir la falta de inversión en tecnología y maquinaria, capacitación técnica para los trabajadores, acceso a materiales de calidad, infraestructura de transporte adecuada y, por último, la competencia desleal de los productos importados.

Ahora bien, principalmente se buscaron fuentes enfocadas en la implementación de la metodología Seis Sigma en diferentes empresas. Ese fue el caso de Exclusivos Botero, empresa ubicada en el departamento de Norte de Santander, donde se utiliza la metodología Seis Sigma, junto con la metodología DMAIC y la implementación de mejoras en la calidad. Además, mediante la metodología SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*) se realizó un planteamiento estratégico para examinar cada zona de producción para entender de una manera clara la relación con la empresa, los proveedores y sus clientes. Con lo anterior se propuso un plan de mejora que inicialmente buscó mitigar los errores de producción, pero cuya finalidad era obtener los índices de productividad óptimos para la compañía que le garantizaran un mayor beneficio. Todo esto se hizo en conjunto con la metodología DMAIC e impactó positivamente no solo en la eficiencia de la producción de la compañía, sino también la calidad del producto terminado [30].

También en la región del Valle del Cauca se puede reflejar la importancia del calzado en la economía de la región. Por esa razón se halló un trabajo colaborativo entre la Universidad Católica y la Universidad Autónoma de Occidente bajo el marco del “Modelo Lean Seis Sigma orientado a la mejora de la productividad en las empresas pyme de la cadena productiva del cuero en la ciudad de Cali- MIMOLEANSS”. Su objetivo era mejorar las condiciones productivas y competitivas de las empresas manufactureras de calzado en la región, implementando y aplicando la metodología Lean Seis Sigma en el área de producción en las empresas de calzado. En esta ocasión el estudio se realizó con tres empresas manufactureras de cuero y calzado: Calzado Sara, Kandal Shoes y Calzado Angela.

En la empresa Calzado Sara se inició la investigación haciendo una encuesta para determinar las diferentes áreas y cuáles deben ser intervenidas, tales como el área administrativa, transporte y producción. Para enfocar el estudio se seleccionó un producto en particular, el cual es la referencia más vendida en la compañía además de ser la que mayor parte de la producción ocupa la compañía. A continuación, por medio de la elaboración del diagrama SIPOC, se identificaron falencias por parte de los

proveedores y la rotación de personal. Luego se elaboró un estudio de tiempos por proceso para ver la duración promedio de cada actividad y poder hallar los indicadores de producción, tales como la eficiencia, la eficacia, etc. Finalmente, en el estudio de la empresa se concluyó que, inicialmente, no se tenían las condiciones necesarias para optimizar su producción; es decir, su distribución y las condiciones del personal no eran óptimas para la fabricación. Pero con el crecimiento que obtuvo la compañía fueron mejorando y corrigiendo sus falencias iniciales en toda su área productiva, utilizando la metodología de Lean Seis Sigma en conjunto con la filosofía Kanban.

Por otro lado, Kandal Shoes es la empresa que tiene mayor variedad de productos y referencias en el estudio realizado. En la selección del objeto de estudio para la empresa se tomaron en cuenta todas las categorías y productos en venta, con base en ello se eligió el modelo con mayor rotación, que en este caso es una serie de zapatos con adición de yute. Posteriormente, se hizo un diagrama SIPOC donde se identificaron retrasos en la fabricación debido a la retención de producto en proceso y de materia prima, el cual fue causado por la falta de gestión del colaborador encargado; como consecuencia se evidenciaron tiempos de espera elevados y alta tasa de incumplimiento.

En relación con lo anterior, se efectuó un estudio de tiempos al área productiva. Además, se sugirió implementar la metodología Lean Seis Sigma de la mano con la implementación de la filosofía Kaizen para poder controlar las variables del proceso productivo. Esto debido principalmente a que la compañía no llevaba un método para administrar la producción de todas sus referencias y eso creaba un escenario caótico y desordenado.

Finalmente, la fábrica Calzado Ángela es reconocida por la fabricación de dos tipos de elementos (baletas y sandalias) donde cada categoría se diferencia entre el uso de los colores y los acabados. Se seleccionó para el estudio una baleta genérica debido a que es el producto más solicitado por los clientes. Al realizar el diagrama SIPOC se identificaron demoras en los insumos causados por la falta de manejo de un control de inventarios. En la etapa del cálculo del VSM (*Value Stream Mapping*) para la compañía

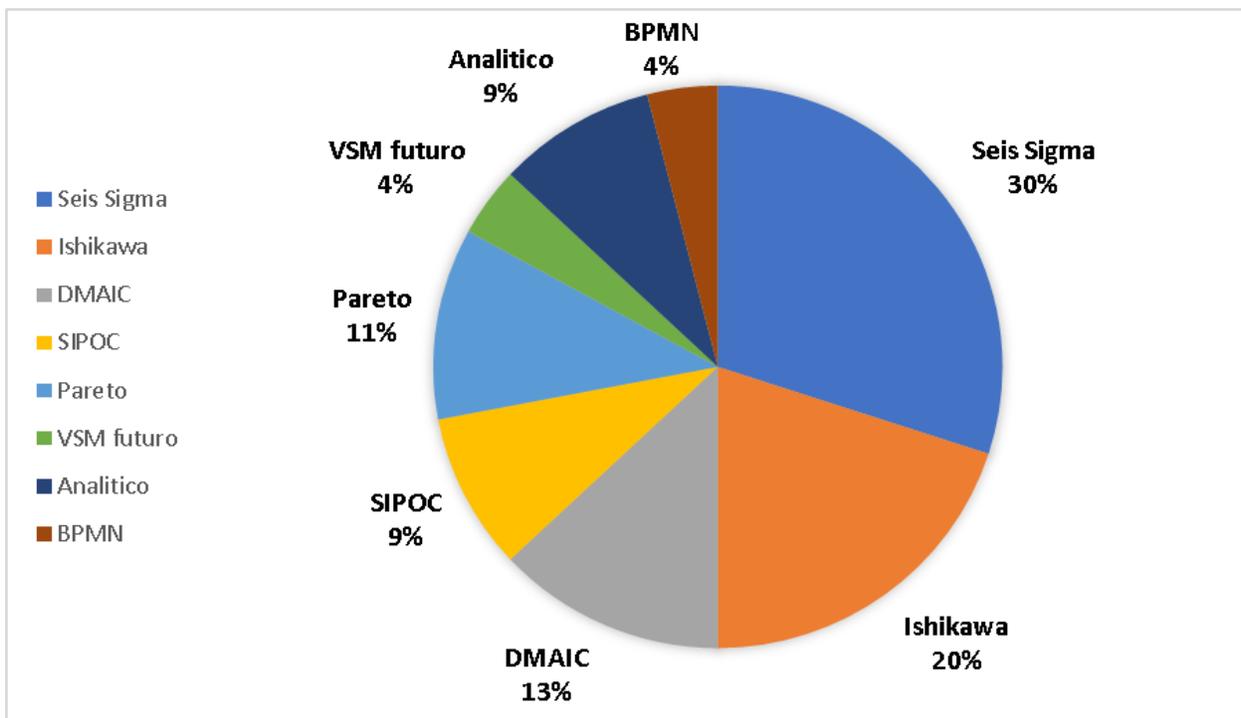
se pudo evidenciar que el cuello de botella en el proceso es la zona de soldadura dado que tiene mayor tiempo de procesamiento [31].

Otro caso geográficamente enfocado en el clúster a nivel regional se encuentra en un estudio realizado a la empresa Adrenalina S.A.S., en la ciudad de Bogotá D.C. Esta investigación buscó intervenir directamente el proceso de guarnición porque presentaba el tiempo de ciclo más alto de todo el proceso, lo que lo convertía en su cuello de botella. El 75 % de este retroceso es originado por la baja calidad de las piezas que provienen del área de corte y el 25 % restante corresponde al material incompleto debido a la poca programación de la producción. Como conclusión de esta investigación se propuso la implementación de herramientas Lean como es el Poka-Yoke y la sistematización para disminuir la variabilidad. Las ventajas de dicha implementación se vieron reflejadas en una disminución del 68.7 % en el tiempo del ciclo de guarnición, lo que representa un incremento en la productividad y los ingresos de la empresa.

Considerando la revisión documental realizada sobre investigaciones relacionadas con la aplicación de Lean Seis Sigma en diferentes compañías a nivel regional y nacional, se inspeccionaron 14 artículos con enfoques a la optimización de la producción. En ellos se encontraron distintas metodologías y filosofías utilizadas en cada caso de manera independiente, las cuales se muestran en la Figura 13.

Figura 13.

Metodologías utilizadas.

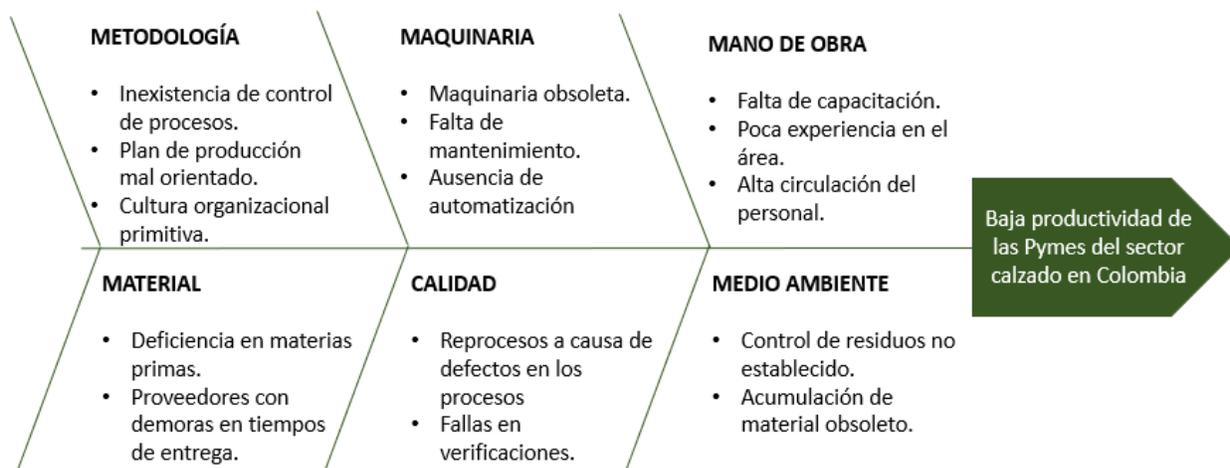


Nota. Esta grafica representa el porcentaje de metodologías utilizadas en el sector calzado para su mejoramiento.

En el gráfico anterior se nota una alta demanda de las metodologías Seis Sigma y Diagrama Ishikawa para obtener una mayor optimización en el sector de calzado. Ese señalamiento se hace sin la intención de demeritar las demás opciones, pues cada una tiene una función determinada de acuerdo con el tipo de documento.

Figura 14.

Diagrama Ishikawa.



Nota. Este diagrama Ishikawa representa la baja productividad de las pymes del sector calzado en Colombia.

De manera general, con la investigación se identificaron diferentes problemas los cuales se plasmaron en el diagrama Ishikawa (Figura 14), con enfoques comunes en varias empresas de diferentes regiones. El primero de ellos fue la metodología de los procesos. Las empresas investigadas tienen problemas de producción y baja eficiencia dado que no tienen métodos de control para optimizar la producción, lo que hace que aumente la variabilidad del proceso.

Adicionalmente, halló que la maquinaria utilizada en las compañías como Calzado Sara afecta bastante, pues la poca capacidad de maquinaria en el área de horneado obstaculiza el flujo de la operación creando un cuello de botella en el proceso. A su vez, la empresa Adrenalina S.A.S. tiene máquinas de coser deterioradas y eso es evidente en el área de guarnición, donde la máquina se suspende por daños mecánicos o mantenimiento correctivo, con un tiempo registrado de 2293 minutos (38.2 Horas) en 4 meses que duró el estudio.

También influyen las variables de producción causadas por la mano de obra de las fábricas de calzado, como es el caso de la empresa D'Max Sport. Allí el índice de capacitación de los operarios es de un 60 %, es decir que más de la mitad de los

operarios no han sido capacitados recientemente o nunca. Sumado a esto, otros problemas que se hallaron conciernen al material usado para la elaboración de calzado, los reprocesos por calidad, la administración y el control ambiental.

Con las características mencionadas se desencadenan otros inconvenientes:

- Costos elevados para la materia prima causados por el alto contenido de defectos que presenta el cuero que se oferta a nivel nacional. A su vez, esta situación incrementa la generación de desperdicios resultantes del proceso de fabricación.
- La falta de tecnología genera una disminución de la capacidad de producción y costos elevados por mano de obra a causa de la ineficiencia tecnológica.
- La inexistencia de control de procesos afecta directamente el proceso productivo, creando variables tanto internas como externas y, por consiguiente, caos en la producción de calzado.
- El control deficiente de los residuos y desperdicios ocasiona inconvenientes no solo del tipo medioambiental, también entorpece el flujo de movimiento de los operarios y el transporte de piezas dentro de la compañía. Todo ello crea demoras y desperdicios de tiempo y procesos.
- Los productos en proceso o terminados que, a causa de procesos y controles defectuosos, tienen que volver a ser reprocesados obstaculizan la producción que se está generando en ese instante. Al tener que ser incluido nuevamente el producto defectuoso a la línea de producción, afecta el tiempo del proceso productivo y hay desperdicios por reprocesos.
- Un principal factor de errores en la producción se ve originado desde el denominado factor humano. Las piezas, en algún momento de la etapa, son mal elaboradas por el operario por falta de conocimiento y entrenamiento, generando reprocesos y demoras en la producción.

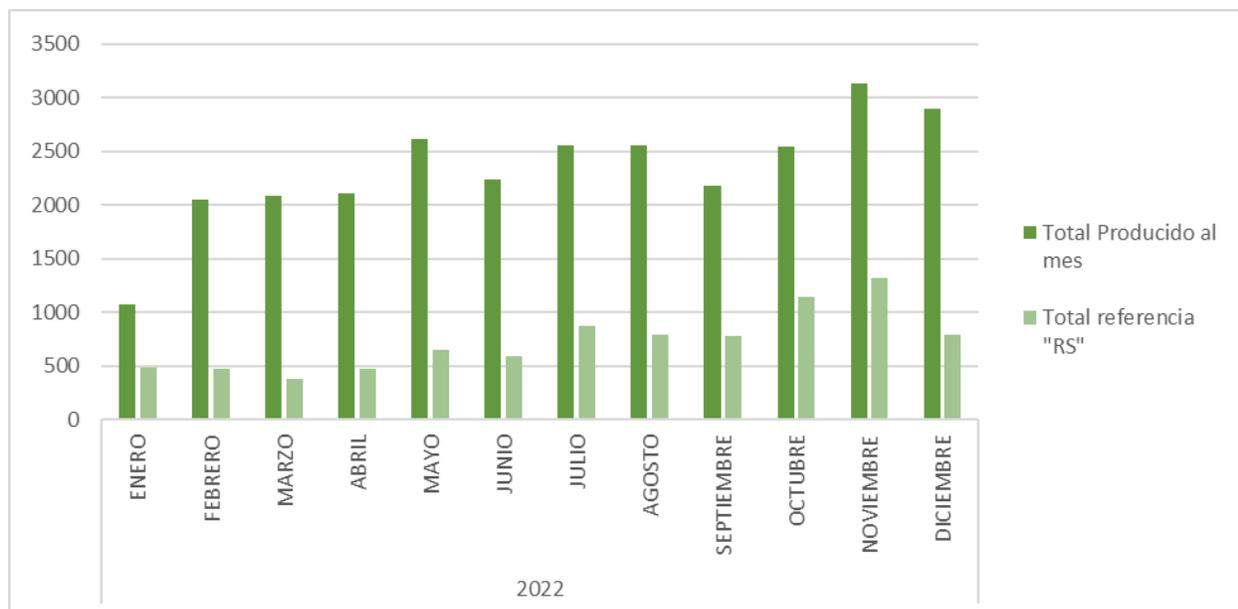
En conclusión, las pymes del calzado en Colombia enfrentan de manera general una serie de desafíos en su producción, los cuales limitan su capacidad para competir en el mercado y mantener una producción adecuada a nivel competitivo frente a la competencia nacional e internacional. La falta de metodologías para la planeación de la producción, el bajo nivel tecnológico que tienen las fábricas de calzado colombianas, la insuficiencia de personal capacitado, la falta de innovación y desarrollo tecnológico, los problemas de calidad en el proceso y la falta de control medioambiental son algunos de los principales obstáculos que se deben superar. Para hacer frente a estos desafíos, es importante que las pymes del calzado inviertan en tecnología y maquinaria moderna, capaciten a su personal de manera constante pensando siempre en la mejora continua, innoven en la producción, las metodologías para obtener el mejor rendimiento y la mejor calidad posible; además de que se establezcan controles y estándares de calidad adecuados en la industria para asegurar la satisfacción de sus clientes y colaboradores.

10.2. Caracterización del producto

Con el propósito de llevar a cabo esta investigación, se tomaron en cuenta los datos obtenidos en las ventas a lo largo del año 2022. Entre las 20 referencias de productos que ofrece la empresa, la más representativa en el mercado es la serie de modelos RS, como se puede ver en la Figura 10. La familia RS pertenece a uno de los primeros modelos de Caprino IMACAL S.A.S., además de ser una de las referencias más emblemáticas de la marca. Es sutil, está dirigida al público femenino y se acopla a los estándares del consumidor a lo largo del tiempo. Adicionalmente, su diseño es atemporal, lo cual la hace óptima para cualquier uso, independientemente de la ocasión.

Figura 15.

Diagrama de barras de producción por mes.



Nota. Este diagrama de barras representa la producción general en comparación con la referencia RS durante el año 2022.

En la Figura 15 se puede identificar que la referencia RS tiene un aporte significativo para los meses de enero, octubre y noviembre, donde su aporte fue en promedio el 44 % de la producción total. También, de manera general, el aporte de la familia de calzado RS corresponde cerca al 33 % de toda la producción anual. Ello refleja la importancia económica que tiene esta línea de productos para la compañía. Ahora bien, se debe tomar en cuenta que existen más de 10 modelos diferentes de calzado.

10.3. Producto no conforme

Otro factor importante para elegir esta familia de modelos son los reportes del área de calidad. La analista encargada del área mencionó que los modelos de la familia RS son los que más problemas de fabricación y calidad han presentado a lo largo del año 2022. Parte de estos fueron reprocesos por defectos e incluso de devoluciones por calidad deficiente por parte de los clientes. Para poder realizar el análisis de los productos

defectuosos por mes se recopila la información suministrada por el área de calidad (Tabla 1).

Tabla 1.

Producto no conforme.

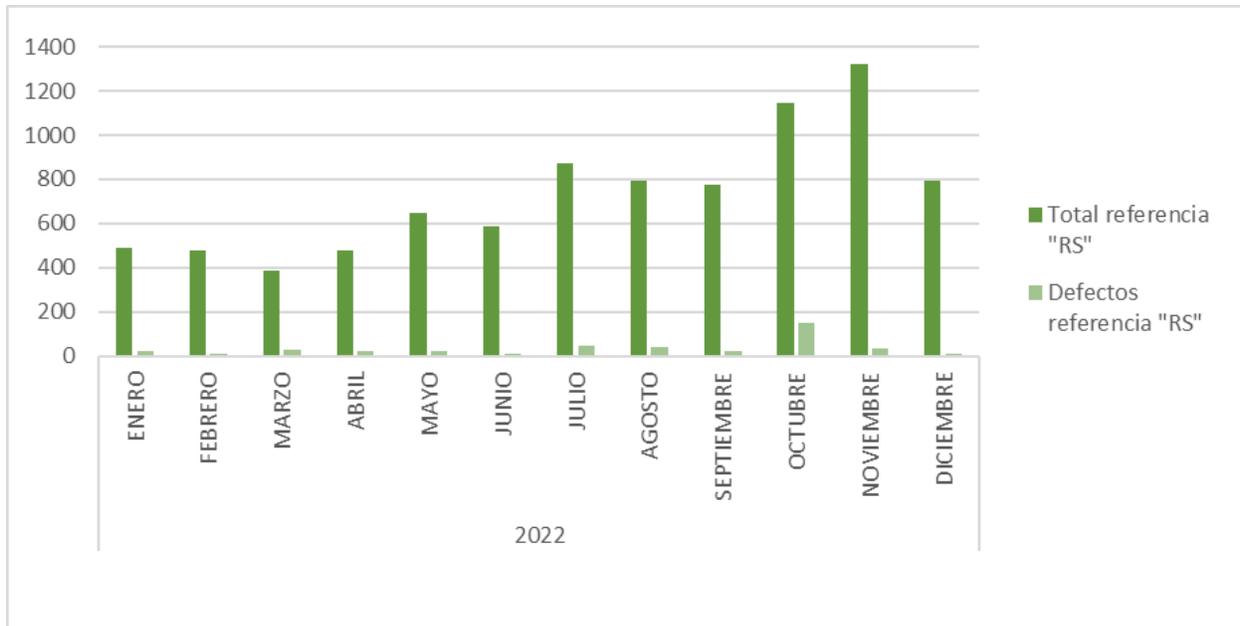
Mes	Total montado referencias RS	Total defectos	% Pnc
Enero	487	19	4 %
Febrero	478	12	3 %
Marzo	384	26	7 %
Abril	478	24	5 %
Mayo	645	23	4 %
Junio	586	8	1 %
Julio	870	47	5 %
Agosto	796	38	5 %
Septiembre	776	22	3 %
Octubre	1144	151	13 %
Noviembre	1323	37	3 %
Diciembre	793	12	2 %

Nota. Esta tabla refleja el producto no conforme por mes en el año 2022.

El producto no conforme exhibe un porcentaje mayor al 13 % en el mes de octubre y menor al 1 % en junio, sin mencionar que los meses de julio y agosto también tienen un índice alto de inconformidad. Cabe resaltar que esto es indicador de que muchos de los defectos encontrados son reprocesados dentro de las áreas correspondientes antes de llegar al consumidor. Contrastando la producción general de la referencia RS y los defectos del modelo como se observa en la Figura 16, se determina que la cantidad de productos defectuosos no supera la media del total de productos fabricados, demostrando que a simple vista el proceso estuvo bajo control a lo largo del año 2022.

Figura 16.

Diagrama de barras de producto no conforme.



Nota. Este grafico representa la comparación de los productos defectuosos de la referencia “RS”

10.4. Identificación del producto

La referencia RS representa a toda la familia de calzado que comparten la suela tipo tacón única pieza, y es un calzado para dama sin restricción de edad. Es por ese motivo que se ha manejado desde la talla 34, que es la más pequeña, hasta la talla 40. Los colores utilizados son seleccionados para que surja un calzado atemporal, los diferentes diseños como botas, botines, zapatos y baletas recopilan colores clásicos como el negro, marrón y canela, otros más variados como el rojo, azul, verde y el Vinotinto según la necesidad del cliente, como se ve reflejado en la Figura 17.

Figura 17.

Muestreo de referencias RS.

Color / Talla	34-40
<p>Negro</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Tumbado  <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">RS90</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Cremallera posterior  <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">RS47</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Cerrado  <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">RS21</div> <div style="font-size: 8px; margin-top: 2px;">• Tiene molde de resorte</div> </div> </div> </div> </div>
<p>Rojo</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Tumbado  <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">RS4D</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Doblado </div> </div> </div>

Rojo



Vinotinto



Amarillo



Caramelo



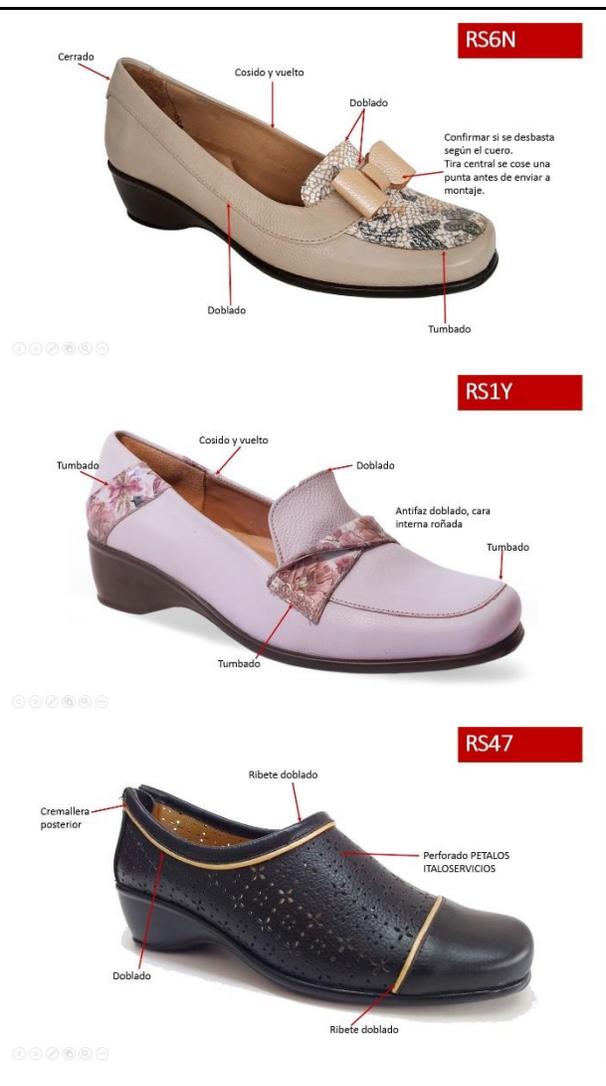
Canela



Azul



Cuero Terminado



Nota. Esta tabla expone los diferentes modelos de la referencia “RS” producida por caprino IMACAL SAS.

10.5. Descripción del proceso productivo sobre Caprino IMACAL S.A.S.

Para identificar las variables que tiene la calidad a lo largo del proceso al cual es sometido el producto es necesario estudiar la producción de la referencia de calzado RS de la empresa Caprino IMACAL S.A.S. Dicha fabricación reúne ocho etapas productivas divididas en compra, gerencia de producción, corte, almacenaje, guarnición, montaje, avíos, finalizaje. Por lo tanto, se profundizará en cada una de ellas, con el fin de comprender los subprocesos que las conforman, detallando la manera particular en la cual se fabrica el calzado.

10.5.1. Compra

Esta etapa inicia cuando se expide una solicitud del consumidor por medio de la plataforma CRM (*Customer Relationship Management*), a través de la cual la empresa recibe el requerimiento específico por tipo, talla, color y cantidad, y lo envía al área de compras. En esta primera etapa se recopila toda la información interna que se necesita tener antes de enviarlo al área de producción, es decir, se establecen los plazos según las órdenes en curso y se realiza el plan de producción para la solicitud. Siendo así, se obtiene una orden de producción preparada, la cual se envía al área de gerencia de producción para su posterior procesamiento.

10.5.2. Gerencia de producción

Una vez se recibe la solicitud emitida por el área de compras, se verifica en el almacén el inventario de materia prima que se tenga disponible para la respectiva orden de producción. En este punto se revisan los inventarios para el producto en específico, tales como la cantidad de cuero, suelas, herrajes e insumos propios disponibles teniendo en cuenta las características propias de cada pieza (como lo son el color, el tipo de costura, medidas de los pliegues y demás información técnica propia de cada modelo). Luego de la verificación, y si se cumplen todos los requisitos anteriormente mencionados, se expide una orden de producción a la planta de fabricación. En este punto se imprimen *tickets* llamados al interior de la empresa “vales”, los cuales cuentan con todos los detalles necesarios para que el área de corte comprenda el pedido sin problema.

10.5.3. Corte

Esta etapa inicia cuando un operario del área de corte recibe el *ticket* y procede a solicitar al almacén el cuero necesario en hojas para la elaboración de las piezas. Las denominadas hojas de cuero son piezas medidas en dm (decímetros) que pasan del almacén directamente a la cortadora digital conocida como Teseo Sigma 300X. Dicha máquina es capaz de escanear cada hoja de cuero y organizar adecuadamente los moldes para aprovechar el material de la mejor manera posible, minimizando el desperdicio. La Teseo Sigma 300x consta de cuatro cabezales que cortan el cuero de

manera precisa para posteriormente ser verificadas por un operario. Después de que la cortadora cumple su función, los trabajadores organizan por *tickets* los pedidos de acuerdo con su talla y con la cantidad, para entregarlos de manera organizada a su respectivo guarnecedor.

Figura 18.

Área de corte.



Nota. Área de corte Máquina Teseo 300X

10.5.4. Almacén

En este momento se organizan y despachan los insumos requeridos dado que, después de recibir las órdenes de producción en el área de corte, el operario encargado de dicha área se dirige al almacén para el despacho de las hojas de cuero junto con los demás insumos requeridos para la fabricación. Es importante recalcar que el despacho del cuero es rigurosamente calculado para minimizar los desperdicios.

10.5.5. *Guarnición*

En este punto del proceso se realizan los trabajos de cambreado, pigmento, perfilado, quemado, cortado, entre otros. Para el trabajo de guarnición semanalmente se realiza una programación desde el área de gerencia de producción para asignarle una referencia a cada guarnecedor y a su ayudante de acuerdo con sus habilidades. Cuando se asignan las referencias se entregan los cortes necesarios para su fabricación, tales como capellada, talones, cubiertas, etc. Es importante recalcar que todos los operarios del área de guarnición trabajan a destajo, lo que implica que dependen de la cantidad de pares realizados en su jornada para establecer el pago que obtendrán por ello. De esta manera, los operarios envían lotes de piezas ya finalizadas para su revisión y si alguna pieza presenta una falla, ya sea en una costura o en su ensamble, se la regresan al guarnecedor para su corrección. Al finalizar el control de calidad las piezas ya guarnecidas son enviadas al área de montaje para seguir con su proceso productivo.

Figura 19.

Área de calidad.



Nota. Área de verificación de calidad

En la imagen es posible apreciar un puesto de trabajo donde se inspeccionan todos los cortes que llegan después de la guarnición. Algunos criterios de calidad que se tienen en

cuenta al finalizar el proceso de guarnición son costuras mal hechas, daños por parte de los operarios a las piezas, presentación del corte, mala calidad de cuero, distancias entre costuras, entre muchas otras.

Figura 20.

Área de guarnición.



Nota. Zona de intersección entre el área de corte y el área de calidad.

10.5.6. Montaje

Para continuar en el área de montaje es necesario que las piezas hayan pasado anteriormente por la revisión de calidad del área de guarnición y que sean aptas para continuar su proceso. La programación del área de montaje se realiza a diario ya que es fácil manipular las referencias que llegan del área de guarnición y así tener un balance preciso para que la banda de transporte no tenga atascos, teniendo una producción óptima. La responsabilidad del área de montaje comienza con el emplantado junto a la horma, donde la operaria se encarga de pulir las plantillas, para luego grapar y clasificar las bases de los zapatos dependiendo de la talla y el modelo que se esté fabricando. Así mismo, se realiza el cambreado, proceso que consiste en darle forma a la capellada por medio de una máquina a calor con la forma requerida para el modelo.

Figura 21.

Área de montaje.



Nota. Operaria encargada de emplantillado y grapas.

Figura 22.

Área de cambreado.



Nota. Operaria encargada del cambreado.

Cuando el proceso de cambreado y de la plantilla terminan, se añaden las punteras y contrafuertes. Las punteras y contrafuertes son cortes de polímero adaptados al corte del zapato, su función es darle rigidez al calzado para evitar su deformación. Esta labor es realizada por dos operarias, cada una se encarga de una sección diferente pues se tienen dos máquinas que utilizan la presión y el calor para fundir el polímero y adaptarlo al calzado en fabricación.

Figura 23.

Área de montaje.



Nota. Operarias encargadas de poner punteras y contrafuertes.

Cuando el calzado que ya cuenta con punteras y contrafuertes es enviado al área de moldeo de puntas, lados y cuños. En este punto del proceso una máquina especializada calienta las puntas del calzado, lo acomoda y le da forma por medio del estiramiento y el calor aplicado.

Figura 24.

Área de montaje.



Nota. Operario encargado de puntas, lados y cuños.

Para continuar con el armado del calzado es necesario pasar por la fase de roñar y sacar las grapas que mantenían el molde y la plantilla fusionados, puesto que en este punto son innecesarias debido a que en los anteriores procesos se unieron las partes del zapato. Por lo tanto, el operario encargado pule la base del zapato y elimina las grapas para poder seguir con su ensamblaje. Adicionalmente, con la ayuda de un mechero se logra eliminar las impurezas en la corteza del calzado para dejar la superficie limpia.

Figura 25.

Área de montaje.



Nota. Operario encargado de quitar arnés y roñar.

Figura 26.

Área de montaje.



Nota. Operario encargado de sentar y desarrugar.

Cuando el calzado ya se encuentra tratado, libre de imperfecciones e impurezas ingresa al proceso de pigmentación donde se aplica el color establecido en la orden de producción. De esta manera, el operario selecciona y aplica con una pistola de aire el pigmento hasta dar la tonalidad requerida. Finalmente, se pasa la pieza por un horno de fijación donde el pigmento se adhiere al cuero y continúa su ensamble.

Figura 27.

Área de montaje.



Nota. Operaria encargada de pigmentos.

Ahora bien, se procede a preparar el corte de los excedentes. Para ello se marca con una mina, un lápiz especial, el borde de referencia que debe tener la suela. Con esta guía inicia el proceso de carde, en el cual se crea una superficie áspera para que se pegue de manera más eficiente y se aplica pegamento transparente para que las piezas no se separen con ayuda de una prensa. Luego de ello, se alista el corte pasando la pieza por un horno a una temperatura entre 23°C y 37°C. Por último, se pasa por una maquina a una temperatura que varía entre 0° y 5° para que el zapato ceda su temperatura, ya que viene a una temperatura más alta, hasta el punto en el que ambas se igualan y su pegue sea más efectivo.

Figura 28.

Área de montaje.



Nota. Operaria encargada de pegue de suela.

Finalmente, cada zapato llega al punto final del montaje, es decir, la pulidora. Allí se pule el cuero con el fin de quitar todas las imperfecciones que este aún pueda tener, dejándolo completamente liso. Para optimizar este proceso se aplica crema dependiendo del color del cuero, ya que se tiene Vinotinto, rojo, azul, verde, negro, canela, marrón o neutro, y se brilla para darle a la pieza una apariencia vívida y resplandeciente. Este último paso es fundamental para la estética del calzado debido a que el cuero se opaca tras todos los procesos químicos que se realizan.

Figura 29.

Área de montaje.



Nota. Operaria encargada de pulir, aplicar crema y brillar.

10.5.7. Avíos

En esta etapa se realiza la unión de dos suelas llamadas unidad con el objetivo de hacerlas más eficientes para el producto final. Estas suelas se compran a proveedores, se preparan puliéndolas, limpiándolas y pegándolas. Una vez están preparadas, son enviadas a la sección que pega las suelas a la pieza final. Es importante entender que para este proceso se compran los insumos por separado, siendo estos cerco, neolite y el tacón de plástico o madera según lo requiera la referencia. Sin embargo, siempre se preparan desde su inicio para ser enviadas al área de montaje.

Figura 30.

Área de avíos.



Nota. Operaria encargada de pulir las suelas.

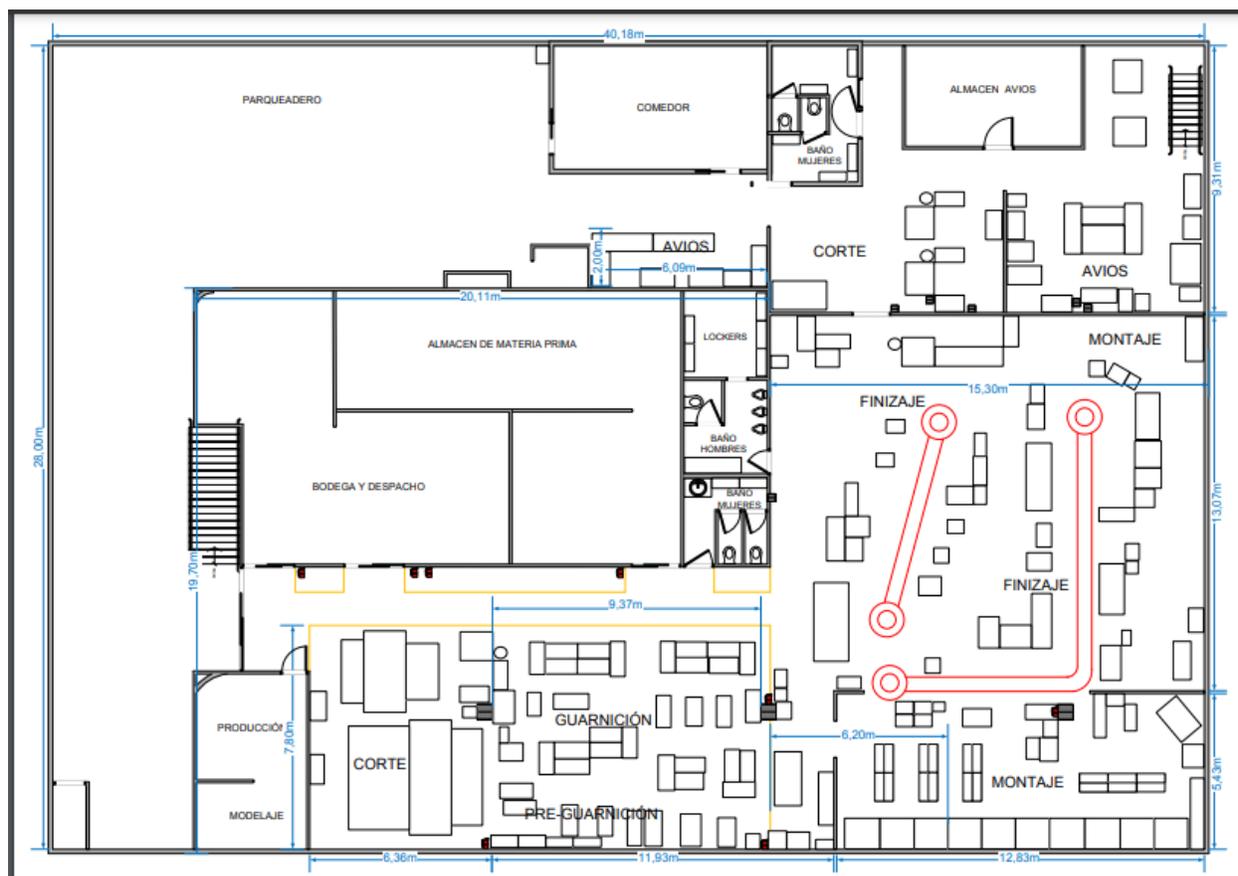
10.5.8. Finizaje

Se trata de la parte final del proceso durante el cual se realizan los últimos retoques del zapato, como incluir los cordones, las plantillas, envolver las piezas en papel, empacarlas en cajas y etiquetarlas según se requiera. Siendo así, se cuenta con esta última etapa a modo de filtro de calidad final, puesto que si algún par no cumple con los estándares se vuelve de segunda, es decir, se desvaloriza y se vende de forma distinta, o se devuelve a un operario que se encargará de reprocesar la pieza. Si el calzado logra cumplir con todos los estándares de calidad, se procede a su almacenamiento.

10.6. Diseño de planta Caprino IMACAL S.A.S.

Figura 31.

Diseño planta de producción.



Nota. Diseño actual de la planta de producción de la empresa Caprino IMACAL SAS.

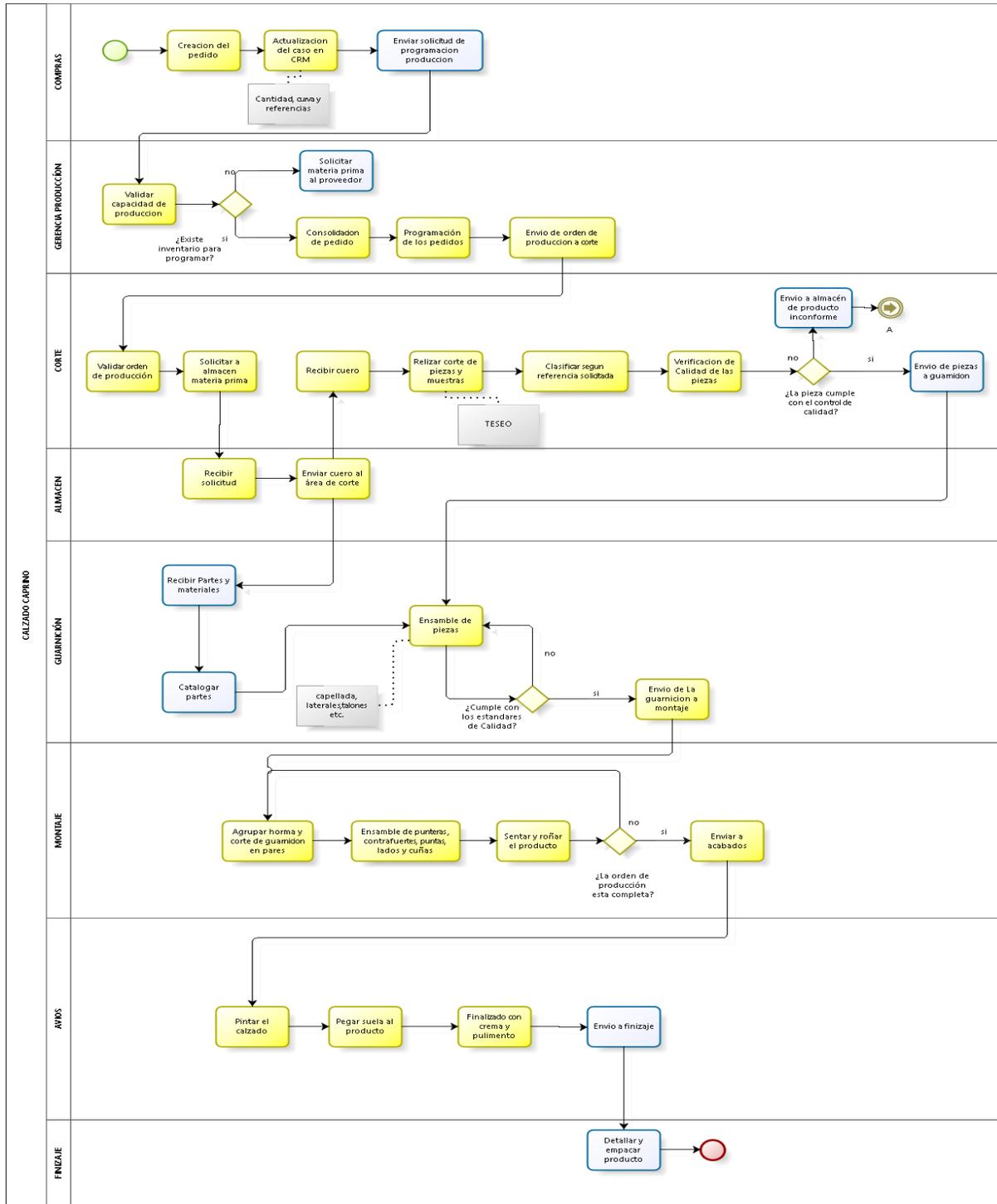
La Figura 31 muestra la disposición actual de la planta de la empresa, donde se puede observar un espacio generoso destinado a su proceso de producción. Para comprender la lógica que acompaña esta distribución, se debe tener en cuenta que en un principio la empresa contaba con ocho trabajadores y una producción de 3 600 pares de zapatos mensuales. Durante los años ochenta se trasladaron al sector de Puente Aranda, en Bogotá, e importaron máquinas de última generación, lo cual les permitió estabilizar su producción en 60 000 pares anuales. Ya en el año 2019, la compañía se expandió gracias a una inversión de dos mil millones de pesos para ampliar su planta y obtener una producción de 135 000 pares de zapato al año.

10.7. Diagrama de proceso a partir del *Business Process Model and Notation* (BPMN) para la fabricación de calzado en Caprino IMACAL S.A.S.

Para comenzar con el desarrollo del diagrama de BPMN es necesario entender a detalle la fabricación del calzado de la compañía Caprino IMACAL S.A.S. Es importante aclarar que dicho diagrama representa la fabricación de la referencia RS desde la creación de la orden de producción hasta el empaquetado del producto, incluyendo los subprocesos que se encuentran en cada área de manera específica (Figura 32).

Figura 32.

Diagrama BPMN.



Nota. Diagrama del proceso productivo del calzado en la empresa Caprino IMACAL SAS.

El diagrama BPMN muestra la configuración detallada por áreas y los respectivos subprocesos de cada una de ellas. De esta forma se logra evidenciar un proceso con cierto nivel de automatización para la fabricación de calzado. En primer lugar, se cuenta con en el área de corte, cuyo elemento principal es la cortadora de cuero Teseo Sigma 300X, gracias a la cual se garantiza la calidad de los cortes y se programan los tiempos necesarios para esta área. Asimismo, durante el resto del proceso de fabricación se cuenta con distintas máquinas semiautomáticas que, aunque requieren del manejo de un operario para su correcto funcionamiento, determinan la migración de un proceso artesanal a uno más automatizado y flexible para la producción del calzado.

Consecuentemente, se determina que las áreas de corte, guarnición y montaje son las que más subprocesos presentan durante su operación, pues en ellos existe en una carga laboral más elevada porque tienen que suplir con los requerimientos de la orden de producción expedida por la gerencia. Sin embargo, esto puede traer efectos negativos ya que los operarios encargados de dichas áreas al intentar cumplir con los objetivos propuestos de manera rápida tienen una mayor probabilidad de ocasionar defectos en las unidades que están manipulando. Como ejemplo se tienen los acabados y las costuras que al momento de pasar por una revisión de calidad se desarmen, o las manchas que existen en las piezas por un manejo descuidado de los operarios. Este problema termina generando una pérdida de la productividad, pues generan reprocesos, defectos en la calidad y disminución de la productividad.

10.8. Análisis general de la producción.

Se debe comprender de manera estadística el comportamiento de la calidad en la fabricación de calzado. Para ello se utilizan gráficos de control de atributos que toman dos situaciones para ser evaluadas, en este caso si el producto es conforme o no de acuerdo con las políticas de calidad establecidas. Para realizar el análisis se optó por el uso del Gráfico p , ya que es un gráfico de control del porcentaje o fracción de las unidades defectuosas que puede evaluar defectos variables en intervalos fijos de tiempo. De esta manera, se toma una muestra de 380 pares por mes y se verifica el número de productos de esa muestra que salieron defectuosos con el objetivo de obtener un registro porcentual de cada mes como se ve reflejado en la Tabla 2.

Tabla 2.*Análisis general de la producción.*

Muestra	Total de defectos	Porcentaje de muestras defectuosas (%)
1	15	4 %
2	11	3 %
3	27	7 %
4	19	5 %
5	15	4 %
6	4	1 %
7	19	5 %
8	19	5 %
9	11	3 %
10	49	13 %
11	11	3 %
12	8	2 %

Nota. Análisis productivo de la referencia “RS” para el año 2022.

A continuación, se procede a verificar gráficamente el comportamiento de los estándares de calidad en el proceso calculando los límites superiores e inferiores, con ello se establecerá un margen porcentual de los productos que superaron el margen de calidad y permitirá observar el momento en el cual esta barrera fue superada. Para lograrlo primero se calcula la relación de la sumatoria de defectos (\bar{p}) dividiendo la cantidad de defectos totales con la sumatoria de la muestra (N).

$$\bar{p} = \frac{\sum \text{defectos}}{N} \quad \text{Reemplazando} \rightarrow \quad \bar{p} = \frac{209}{4560} = 0,0458$$

Con la información suministrada por (\bar{p}) se toma el valor central, el cual indica el estándar porcentual medio para medir el histórico de defectos. Para hallar el límite superior (LCS_p) y el límite inferior (LCI_p) usamos la fórmula para atributos de grafico p así:

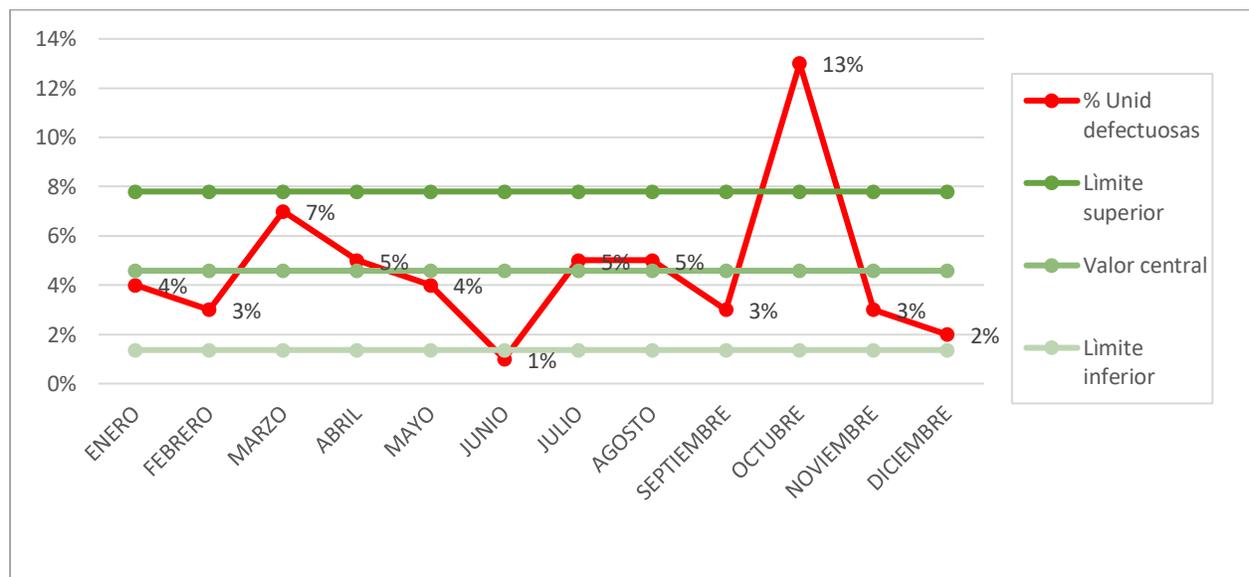
$$LCS_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p} \frac{(1 - \bar{p})}{n}} \quad \text{Reemplazando} \rightarrow LCS_p = 0,0458 + 3 \sqrt{0,0458 \frac{(1 - 0,0458)}{380}}$$

$$LCI_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p} \frac{(1 - \bar{p})}{n}} \quad \text{Reemplazando} \rightarrow LCI_p = 0,0458 - 3 \sqrt{0,0458 \frac{(1 - 0,0458)}{380}}$$

Con los límites ya establecidos, se grafica el porcentaje de error de la muestra para su posterior análisis, de esta manera se puede determinar gráficamente las variaciones de calidad a lo largo del año 2022 como se refleja en la Figura 33.

Figura 33.

Diagrama “p”.



Nota. Gráfico de control “p” (gráfico de control por atributos) para porcentajes de error en la muestra.

Teniendo en cuenta el gráfico p , se concluye existe un comportamiento adecuado en los primeros 5 meses del año 2022 con un proceso que estuvo bajo un control aceptable pero no óptimo. Sin embargo, los movimientos que suceden en los meses comprendidos de marzo a junio muestran que existe un alejamiento del valor central, acercando la producción el límite inferior. Por lo tanto, es posible decir que algún factor afectó directamente el proceso en este periodo de tiempo y se tomaron medidas de control efectivas que lograron llevar el número defectos a un porcentaje casi nulo, con solo el 1 % de defectos. Por otro lado, se evidencia que en el mes de octubre aumentó considerablemente el porcentaje de elementos no conformes, lo cual indica de manera general que en el mes inmediatamente anterior se deterioró el proceso en al menos un 10 % en comparación al mes anterior.

Con esta información preliminar se procedió a consultar la hipótesis con la analista encargada de la verificación de la calidad en la compañía, quien confirmó que existieron dos factores principales que alteraron la calidad de los procesos. El primero y el más importante es el cambio en la calidad del cuero que ofreció el proveedor, ya que al momento de pasar por las etapas de procesamiento en el área de montaje (donde se estira y se le exigen características específicas al cuero para darle la forma deseada) se encontraron con un material que presentaba rasgaduras, perforaciones y nuches, entre otros. El segundo factor es la capacidad y la saturación de los operarios, puesto que en el último trimestre del año 2022 existió un incremento en la producción, como se evidencia en la Figura 4, debido a que en este periodo se presenta la producción más elevada del año por las fechas festivas de navidad y año nuevo, durante las cuales aumenta la demanda de calzado.

Para poder obtener un análisis de la capacidad del proceso más detallado involucra variables o registros cualitativos. Pero actualmente el informe para la optimización de la producción en la empresa Caprino IMACAL S.A.S uso variables cualitativas dicotómicas, las cuales generan dos únicas posibilidades las cuales son si la pieza es o no defectuosa. Por ese motivo se realizarán los análisis por medio de los niveles de defectos por Millón de Oportunidades (DPMO) como se ve en la Tabla 3.

Tabla 3.*Niveles Sigma.*

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Nota. Niveles Sigma para la caracterización de el DPMO.

Con la finalidad de poder evaluar el nivel de calidad en base al DPMO se tomó en cuenta el mes de mayor producción, para poder tener una muestra amplia del proceso, en ese orden de ideas se tomó el mes de noviembre del 2022 con 1323 piezas creadas en el transcurso del mes.

Tabla 4.*Tabla de DPMO.*

PROCESO	# UNIDADES	# DEFECTOS	CANTIDAD DE DEFECTOS IDENTIFICADOS	DEFECTOS TOTALES	DPMO	NIVEL σ	EFICIENCIA %	OBSERVACIONES
CORTE	3432	420	3	10296	40792,54	3,24	95,90%	Corte rugoso, Perforaciones, Contaminación
GUARNICIÒN	2288	88	4	9152	9615,38	3,84	99,03%	Desbastado mal realizado, costuras débiles, manchado de piezas, estriado del cuero
MONTAJE	2288	94	5	11440	8216,78	3,9	99,17%	Mal sentado, Pigmento contaminado, Pegamento sin reactivo, Capellada mal fijada,
AVIOS	1323	33	2	2646	12471,65	3,74	98,75%	Guía desviada, Reactivos secos por tiempo de espera.
FINIZAJE	1323	25	1	1323	9448,22	3,85	99,05%	Plantillas en mal estado
Total	10654	660	15	34857	4129,9	4,14σ	99,5%	

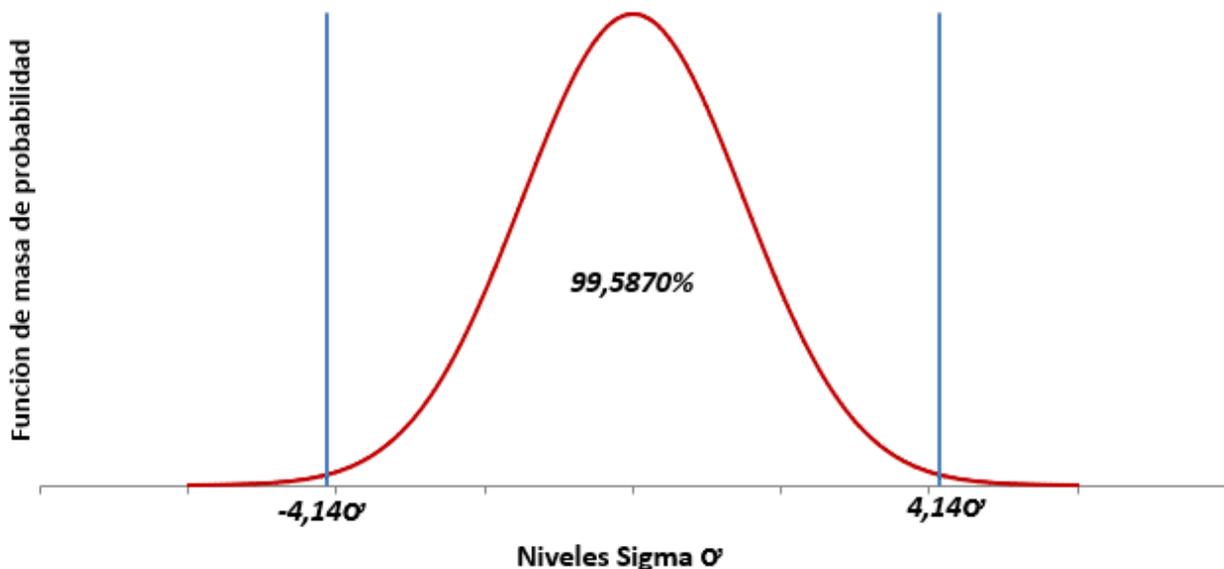
Nota. Defectos identificados por cada etapa productiva de la referencia "RS".

En la Tabla 4 se pudieron analizar los niveles sigma en cada proceso de la operación de fabricación de la referencia "RS", en ese orden de ideas se identifica una oscilación entre $3,24\sigma$ y $3,85\sigma$, de igual manera la eficiencia varía entre un 95% y un 99% aproximadamente, donde podemos determinar que el nivel de calidad de manera general y tomando en cuenta el mes donde se obtuvo la mayor producción de la referencia "RS" reflejan que su nivel de calidad es adecuado, sin embargo existen oportunidades de mejora.

A continuación, en la Figura 34, se visualiza la distribución de Gauss para Six Sigma el cual incluye todo el proceso de producción de calzado en la referencia "RS" con la eficiencia global del proceso.

Figura 34.

Distribución normal y nivel Sigma.



Nota. Gráfico representativo de los límites sigma para la referencia de calzado "RS".

Para calcular la desviación estándar del proceso y poder analizar sus características usamos la ecuación de varianza poblacional con los datos de la Tabla 4.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad \text{Reemplazando} \quad \sigma^2 = \frac{1014063314}{5}$$

$$\sigma^2 = \frac{1014063314}{5} = 202812663$$

$$\sigma = 14241,23$$

Tomando en cuenta la metodología Six Sigma esta admite que la media no tenga un valor exacto, más exactamente admite 1,5 el resultado de la desviación estándar de la población es así como para obtener el valor esperado del proceso μ debe corresponder de la siguiente manera:

$$\mu = \bar{x} \pm 1,5\sigma \rightarrow \mu = 16108,91 \pm 1,5(14241,23)$$

$$\mu = 37470,8$$

Gracias a todos los análisis realizados, la información de los procesos registrada y la evaluación de la calidad de la empresa en el año 2022, se diseñó un plan de mejora de procesos con la metodología DMAIC, la cual se enfocó en los procesos y busca poder controlar la variabilidad del proceso de fabricación de la referencia "RS".

10.9. Metodología DMAIC

Se partió de la explicación de la metodología escogida, DMAIC (definir, medir, analizar, implementar, controlar), la cual establece una investigación por medio de la observación y la toma de datos. Se consideró que de esta manera se podía conocer a detalle la situación de una empresa con los procesos y los métodos que se implementan en su interior. Asimismo, el objetivo fue identificar las oportunidades de mejoramiento de la calidad de los productos.

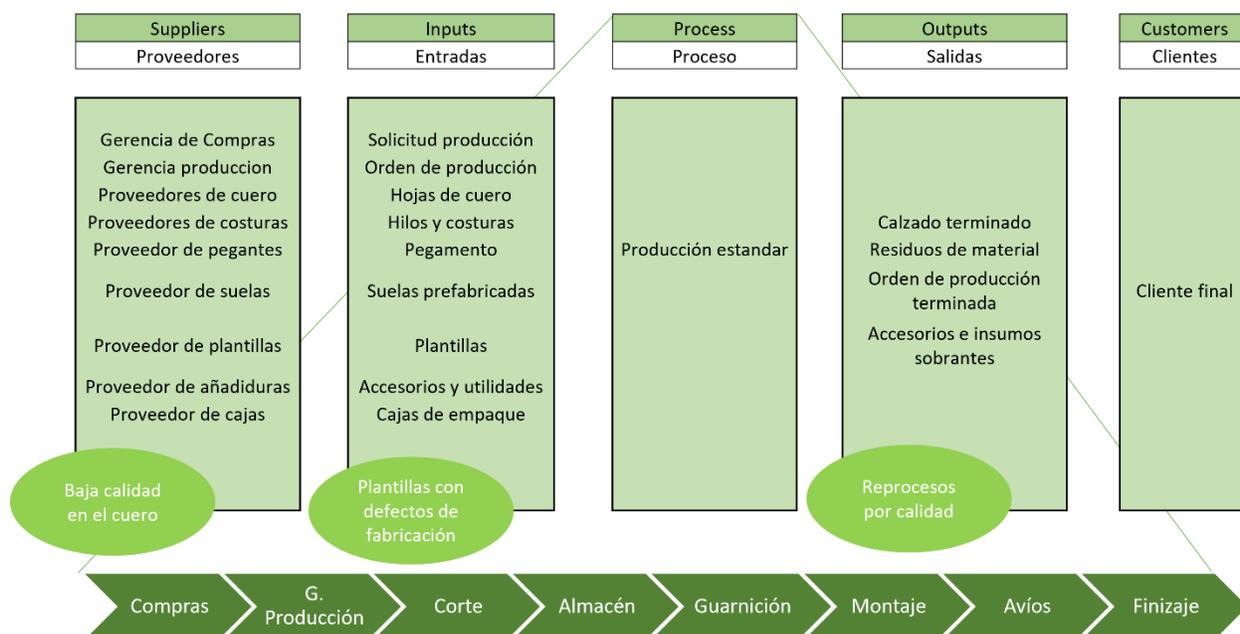
10.9.1. Definir

Para lograr el objetivo de optimizar la producción se realizó un diagnóstico de cada una de las áreas teniendo en cuenta las expectativas que se deseaban alcanzar. En este caso, se buscó la optimización de la producción manteniendo la calidad, concentrando los esfuerzos en los puntos en los cuales se identificaron fallas y falta de control por parte de la empresa. Con ello se esperaba lograr un diagnóstico preciso de la producción, con el apoyo de un estudio de tiempos que permitía verificar el proceso y las falencias que se tenían del manejo de la producción y sus variables.

10.9.1.a. Diagrama SIPOC. Con el objetivo de tener un entendimiento más claro del proceso y sus variables se realizó un diagrama SIPOC. Gracias a este diagrama se detectaron falencias dentro de los procesos.

Figura 35.

Diagrama SIPOC.



Nota. Diagrama SIPOC del proceso de fabricación de calzado en la empresa Caprino IMACAL S.A.S.

Como se observa en la Figura 35, este diagrama presenta un panorama amplio de los procesos que le agregan valor al producto, desde los proveedores de la materia prima hasta el proceso donde el cliente final recibe su producto. Asimismo, el diagrama SIPOC explicita los factores que afectan directamente a la baja productividad, pues se comprende que si los proveedores ofrecen una baja calidad del cuero se causarían reprocesos durante la fabricación de las piezas más adelante, como también las plantillas con medidas defectuosas desde la fábrica retrasan los tiempos de los procesos porque deben ser ajustadas durante la producción.

10.9.2. Medir

En esta fase, se adquirió la información directamente de la empresa con el fin de evaluar el rendimiento del proceso en las fechas establecidas. A partir de los elementos del diagrama SIPOC, se exploraron formas de mejorar la producción mediante el uso de indicadores y métricas para alcanzar el objetivo del proyecto. En consecuencia, la recopilación de datos debía garantizar tanto la coherencia como la variabilidad necesaria para el proceso de recolección de datos. Para lograrlo, se implementaron dos estrategias principales. En primer lugar, se recopilaron datos diarios sobre el proceso actual (Tabla 5), y en segundo lugar, se investigaron las variaciones o los parámetros de operación para comprender su comportamiento. Entre las herramientas utilizadas se encuentra el *Takt time*, que mide los tiempos de cada proceso y proporciona un valor cuantificable para evaluar la productividad.

Tabla 5.

Tiempos de trabajo por jornada.

Tiempos de trabajo		
Días laborales en la semana	6	Días
Numero de turnos por día	1	Día
Horas por turno	9	Horas
Tiempo de almuerzo	30	Minutos
Pausas activas y descansos	20	Minutos
Otras interrupciones	10	Minutos
Tiempo de trabajo disponible	480	Min/Día

Nota. Tiempo de trabajo registrado por jornada.

De acuerdo con la información obtenida en la Tabla 5. se identificó que el tiempo de trabajo disponible por turno diario es de 480 minutos, añadiendo que durante estas jornadas cada área produce una cantidad diferente de pares dependiendo de la complejidad de la operación a realizar. Ahora bien, para obtener una clasificación adecuada se utilizó como referencia una familia de productos, específicamente la RS que comprende algunos de los productos más influyentes en cuanto a ventas y producción, tal como se puede observar anteriormente en la Figura 10. Siendo así, para poder calcular el *Takt time* se tomó el promedio de producción del año 2022, logrando así el diagrama VSM.

Tabla 6.

Resultados de Takt time.

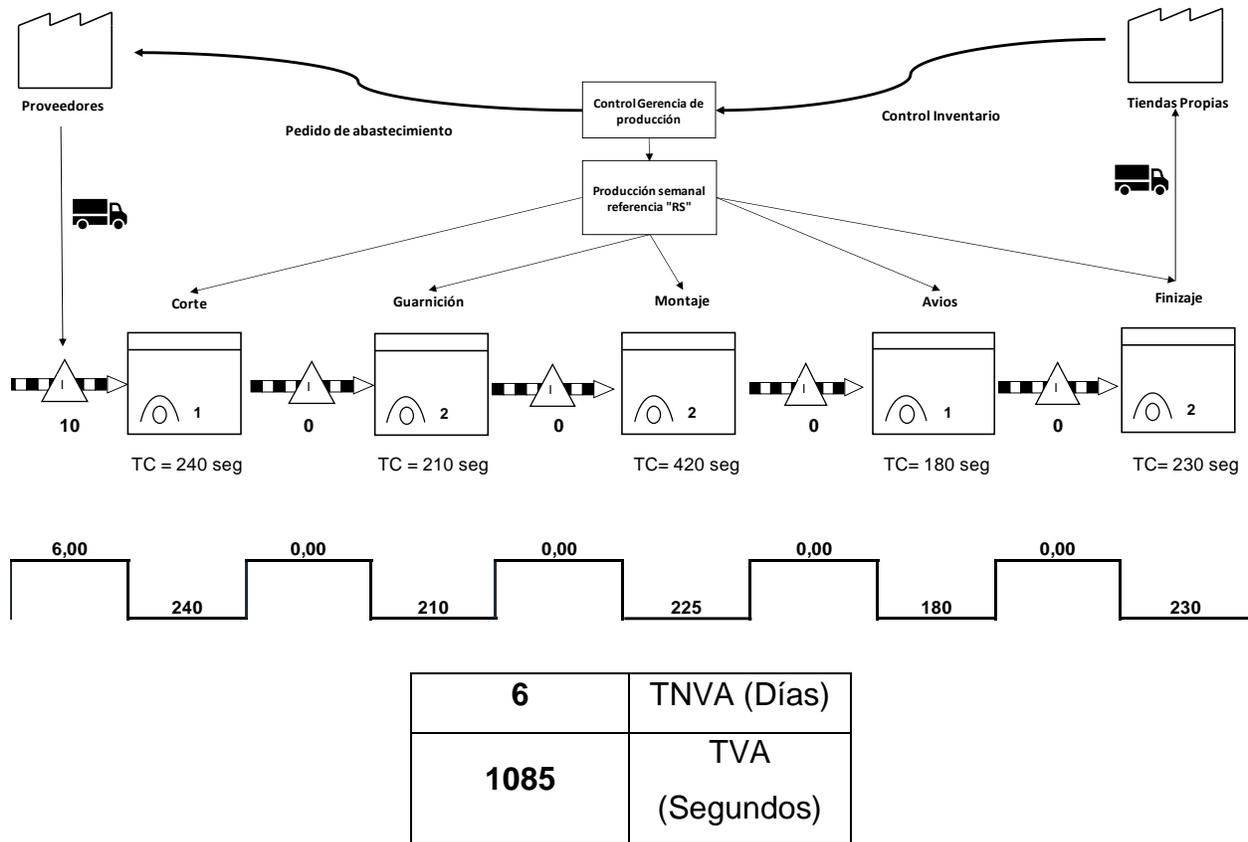
Calzado de referencia "RS" vendida en el 2022											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
487	478	384	478	645	586	870	796	776	1144	1323	793

Días Laborales	20	Tiempo disponible	29400	seg.	Demanda Mensual	730
Hrs. X turno	9	Demanda diaria	36,500			
turnos	1	TAKT TIME	805	seg/pza		
Descansos x turno (min)	50		805 Segundos	13,42 Minutos	0,22 Horas	

Nota. Takt time calculado según ventas y producción en el año 2022.

Gracias al *Takt time* calculado (Tabla 6), se puede realizar el diagrama VSM con el objetivo de analizar a las particularidades que existen entre la relación teórica de la producción. De esta forma, se calculó que se producen 36.5 unidades, o un aproximado de 37 unidades diarias según la situación real que presenta la compañía. Asimismo, el diagrama VSM expone el tiempo del ciclo de valor agregado del proceso, es decir, lo que aporta (o no) valor al producto. Por lo tanto, este diagrama es una herramienta útil para detectar mudas y desperdicios que pueden estar afectando la operación de fabricación de calzado de la referencia RS.

Figura 36.
Diagrama VSM.



Nota. Diagrama VSM del proceso productivo de la empresa Caprino IMACAL S.A.S.

A manera de conclusión, es posible evidenciar en el diagrama VSM (Figura 36) que en el proceso de producción del calzado de referencia "RS" se tiene un tiempo de valor no añadido, en este caso se trata del reabastecimiento del inventario que corresponde a seis días. Así mismo, existe un valor añadido de 1085 segundos por pieza, lo que es determinante en el proceso ya que cada una de ellas tiene un *Takt time* de 805 segundos, con esta información es posible extraer un índice de productividad del proceso.

$$\text{Índice de capacidad} = \left(\frac{\text{Unidades reales}}{\text{Unidades teoricas}} \right) \times 100\%$$

Reemplazando =

$$\text{Índice de capacidad} = \left(\frac{542 \text{ unidades/mes}}{730 \text{ unidades/mes}} \right) \times 100\% = 74\%$$

Con ello se demuestra que existen oportunidades de mejora en los procesos de fabricación, ya que el índice de capacidad indica un 74% un nivel aceptable de eficiencia de producción sin embargo no es el adecuado para las metas de la compañía. Por ese motivo todos los factores que interfieren en la productividad deben ser analizados e identificados para cumplir con el estándar de producción necesario para la compañía.

Para continuar con la metodología escogida es necesario abordar la etapa del análisis. En este punto se definieron los orígenes de los defectos que se dieron durante el proceso de fabricación y que podían afectar los objetivos esperados. Gracias a esto se identificaron los tiempos que no agregaban valor a la cadena del proceso y que reducían su productividad. Para poder clasificar los tiempos que no agregaban valor y las mudas se creó una tabla de control (Tabla 7) con sus respectiva simbología (Tabla 8).

Se realizó este enfoque considerando los indicadores de rendimiento y competitividad, con el propósito de determinar qué recursos eran apropiados para optimizar los procesos de producción de la compañía. Por lo tanto, se identificaron los tipos de muda junto con el área de planta para realizar un mejoramiento del proceso. Se tiene que el porcentaje más alto es el de montaje, yendo desde un 51 % a un 75 %. Esta variación ocurre debido al tiempo de espera que existe por operación, el sobre proceso que se realiza cuando no hay control de calidad o cuando no se cuenta con el *stock* o el inventario suficiente para la producción.

Tabla 7.

Tipos de muda.

TIPO DE MUDA	AREA DE TRABAJO				
	Entrega materia prima	Corte	Guarnicion	Montaje	Finizaje
Sobreproduccion					
Movimiento					
Espera					
Transporte					
Sobreproceso					
Stock o inventario					
Defectos					

Nota. Tipos de muda en las áreas de planta de producción.

Tabla 8.

Simbología.

	76% - 100% (128 a 18 puntos), malo, se evidencia un alto porcentaje de presencia en el proceso.
	51% - 75% (85 a 127 puntos), regular, se evidencia parcialmente en el proceso.
	26% - 50% (43 a 84 puntos), bueno, se evidencia un bajo porcentaje en el proceso.
	0% - 25% (0 a 42 puntos), muy bueno, se evidencia un muy bajo porcentaje en el proceso.

Nota. Representación de la simbología para clasificar las clases de mudas.

De la misma manera, se observa que existe un gran número de desperdicios de cuero en el área de corte. Por lo cual, se realizó una inspección, se tomó en cuenta la cantidad por retazo y su manipulación y se comprendió que uno de los errores es botar los residuos, pues estos pueden tener una nueva utilidad. De esta forma se decidió utilizar los residuos para reprocesar garantías, especialmente cuando se tiene un defecto mayor y es viable volver a reconstruir la pieza según la preaprobación del cliente, y para reprocesar las piezas dentro de la producción de planta cuando presentan cheteado, vaga, rasgado, entre otros defectos posibles.

Por otro lado, con el objetivo de lograr la productividad deseada, se hicieron negociaciones con los proveedores para hacer despachos a tiempo de acuerdo con las prioridades establecidas durante un tiempo estipulado. Para ello se utilizó un formato en el cual, cada tres meses, se debe calificar el rendimiento y mejorar la eficacia. Asimismo, se estableció que el cuero que presente defectos se devolverá al proveedor antes de ser manipulado por el operario. Aunque vale la pena aclarar que no en todos los casos es el mismo ciclo ya que hay partes de la inspección de calidad que no se ven y son evidenciados en otros puntos del proceso.

Ahora bien, abordando las mejoras en el espacio físico, es necesario mencionar la distancia que hay entre el área de materia prima y el de corte. Debido a ello, los operarios tienen que desplazarse para ir por las hojas de cuero que se le asignaron. Luego de una reunión realizada con las áreas respectivas se tomó en cuenta la opinión de cada uno y se concluyó que lo más eficiente para el proceso es que el material sea despachado por una persona responsable del área de materia prima, ya que estos tienen más claras las salidas y entradas del proceso.

Continuando con las oportunidades de mejora en el tiempo, se cuenta con el tiempo de espera en el área de guarnición pues puede llegar a ser alto dependiendo de la complejidad del zapato. Para comprenderlo se observaron los procesos de cada área y se hicieron correcciones junto con el área de diseño para optimizar la operación.

Asimismo, se registró que los defectos en la inspección de calidad después de salir del área de guarnición son por malas costuras, medidas erróneas y exceso de pegante. Para corregirlo se habló con la jefe encargada del área y se concretó un límite porcentual de defectos por cadena con una inspección cada quince días y la prohibición de pasar dichas piezas al área de montaje sin las correcciones necesarias.

Una vez ya se encuentren en el área de montaje, según el orden del proceso, se pueden ver algunas complicaciones porque las secciones están mal distribuidas junto con la maquinaria. A modo de solución se redistribuyeron algunas secciones y se manejó un orden específico dependiendo del proceso. Igualmente, se reasignaron tareas particulares a los diferentes operarios buscando no afectar la producción y mejorando los desplazamientos.

Se comprendió que es indispensable hacerle mantenimiento a la maquinaria ya que constantemente la producción se ve afectada por los daños que estas puedan presentar. Consecuentemente, se habló con el técnico encargado para incentivar la actualización del formato correspondiente en el cual se tiene constancia de los arreglos semanales y mensuales. De esta manera se previenen problemas en las máquinas y en la fabricación.

10.9.3. *Mejorar*

Para finalizar, se propone demostrar estadísticamente basado en las herramientas de Seis Sigma la solución a la optimización de la producción mediante las etapas anteriormente mencionadas. Para lograrlo se encuentran las variables que afectan en gran medida el proceso, se cuantifican y se ofrece una solución a cada una de ellas para poder operar y tener un mejor desempeño durante el proceso de fabricación.

10.9.3.a. Metodología Kaizen. Con el objetivo anteriormente planteado, se busca una estrategia que permita la mejora continua para hallar una solución rápida a problemas que se presenten en este tipo de plantas manufactureras. Para ello se escogió la metodología Kaizen, que permitirá encontrar soluciones por medio de un equipo de acción rápida y con la aplicación de las 5s: *seiri* (clasificar), *seiton* (organizar), *seiso* (limpiar), *seiketsu* (estandarizar) y *shitsuke* (autodisciplina). Cabe señalar que estas palabras son de origen japonés.

10.9.3.a.i Seiri (clasificar). Este primer principio se basa en la identificación de los procesos o elementos que no aportan a la productividad. En el presente caso de estudio se emplearon los siguientes:

- Desechos de cuero.
- Flor suelta o mala calidad del cuero.
- Malas costuras.
- Desniveles en las medidas de los cortes.
- Procesos ineficientes.
- Sentar el cuero.
- Utilización de contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte.
- Sacar arnés.
- Aplicación de crema en el zapato con horma dependiendo del cuero.

10.9.3.a.ii Seiton (organizar). El segundo principio plantea la conveniencia de sectorizar el espacio e identificar el grado de utilidad de cada reproceso. Para ello se realizó una tabla con el reproceso y la frecuencia de este para esto se estandarizaron los criterios de organización y sus tiempos (Figura 37).

Figura 37.

Frecuencias de defectos por proceso.

PROCESO	FRECUENCIA DE DEFECTO
Desechos de cuero	Diario
Flor suelta o mala calidad del cuero	Varias veces por semana
Malas costuras	Diario
Desniveles en las medidas de los cortes	Diario
Ineficiencia en los procesos	Varias veces por semana
Sentar el cuero	Diario
Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Varias veces por semana
Sacar arnés	Diario
Aplicar crema al zapato con horma dependiendo del cuero	Varias veces por semana
Desorden de materia prima (almacen)	Diario

Nota. Esta tabla expone los defectos en procesos según la información recopilada y analizada.

10.9.3.a.iii Seiso (limpieza). El tercer principio incorpora la incorporación de la higiene como una actividad cotidiana, responsabilidad de cada integrante de un equipo laboral u organización. En ese sentido, es importante tener limpia el área de trabajo y poseer las herramientas necesarias y justas para que no haya distracciones ni incomodidades. Para

cumplir con ello los operarios cada semana han limpiado su espacio con mangueras de aire para el polvo, trapos, alcohol, escobas y recogedores.

10.9.3.a.iv Seiketsu (estandarización). El cuarto principio es establecer estándares para las medidas que se toman en toda la organización. Para conseguir el objetivo se estableció un formato semanal o mensual (dependiendo del proceso) para seguir su cumplimiento y garantizar productividad durante toda la cadena. También se solicitó, por medio de Recursos Humanos, capacitaciones cada mes para los operarios dado que, en el último año, ingresó personal nuevo a la planta de producción. Después de esto se tomará un *feedback* por operario para evaluar su desempeño y, así, optimizar la producción.

10.9.3.a.v Shitsuke (disciplina). El quinto principio es mantener los cambios positivos que trae consigo la disciplina y el compromiso. De acuerdo con ello, se fomentó la automotivación, constancia y perseverancia en el proceso, teniendo en cuenta los formatos y capacitaciones establecidas. También fue importante avivar un ambiente laboral amigable porque de él parte todo.

10.9.4. Controlar

Para tener un mayor control en las fases anteriores se utilizaron distintos instrumentos del modelo propuesto en el proyecto, incluyendo protocolos para medir los resultados y recalibrar los objetivos según lo necesario. De tal manera, se obtuvieron cambios para la optimización de la producción de calzado.

10.10. Plan de mejoramiento

Para poder optimizar el proceso de producción durante la cadena para la referencia RS se realizó un Plan de mejoramiento donde se recopiló a detalle la información suministrada anteriormente dependiendo del tipo de metodología de las 5s. Adicionalmente, se desarrollaron varios métodos para el cumplimiento y optimización en un tiempo estipulado, y se usaron formatos para tener un mayor control de las fechas y órdenes de producción. Así, también se tuvieron en cuenta los tiempos actualizados por

cadena en guarnición, corte por cantidad de pares y proceso en montaje. Igualmente, se halló que tener las herramientas e implementos necesarios en el puesto de trabajo es clave para mantener un ritmo constante en la cadena. Finalmente, se consideró que una evaluación tipo *feedback* para cada operario es muy útil. Esta metodología fue aplicada junto con el área de gerencia de producción.

Para poder optimizar el proceso de producción durante la cadena para la referencia RS se realizó un Plan de mejoramiento con su respectivo formato de seguimiento (Figura 38), donde se recopiló a detalle la información suministrada anteriormente dependiendo del tipo de metodología de las 5s. Adicionalmente, se desarrollaron varios métodos para el cumplimiento y optimización en un tiempo estipulado, y se usaron formatos para tener un mayor control de las fechas y órdenes de producción. Así, también se tuvieron en cuenta los tiempos actualizados por cadena en guarnición, corte por cantidad de pares y proceso en montaje. Igualmente, se halló que tener las herramientas e implementos necesarios en el puesto de trabajo es clave para mantener un ritmo constante en la cadena. Finalmente, se consideró que una evaluación tipo *feedback* para cada operario es muy útil. Esta metodología fue aplicada junto con el área de gerencia de producción.

Figura 38.

Plan de mejoramiento.

FORMATO PLAN DE MEJORAMIENTO						
Actividad	Operación de trabajo	Característica	Unidad de Frecuencia	Tiempo por entidad	Unidad de tiempo	Tipo de actividad
Seiri	Desecho de cuero	Tomar retazos y utilizarlos para reprocesos	Diaria (s)	30	Minuto	Operativa
	Flor suelta o mala calidad del cuero	Separar el cuero de mala calidad y devolverlo al proveedor	Semana (les)	1	Hora	Operativa
	Mala costuras	Devolver al operario	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Desniveles de las medidas de los cortes	Devolver al operario	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Ineficiencia en los procesos	Capacitar al operario	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Sentar el cuero	Devolver al operario	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Hablar con Diseño para probar cual contrafuerte queda mejor	Semana (les)	30	Minuto	Operativa
	Sacar arnés	Indicarle al operario	Diaria (s)	5	Minuto	Operativa
Aplicar crema en el zapato con horma dependiendo del cuero	Indicarle al operario	Semana (les)	5	Minuto	Operativa	
Seiton	Desecho de cuero	Corte	Diaria (s)	30	Minuto	Operativa
	Flor suelta o mala calidad del cuero	Calidad	Semana (les)	1	Hora	Operativa
	Mala costuras	Guarnicion	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Desniveles de las medidas de los cortes	Guarnicion	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Ineficiencia en los procesos	Guarnicion/Montaje	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Sentar el cuero	Montaje	Diaria (s)	2	Minuto	Operativa
	Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Montaje	Semana (les)	30	Minuto	Operativa
	Sacar arnés	Montaje	Diaria (s)	5	Minuto	Operativa
Aplicar crema en el zapato con horma dependiendo del cuero	Montaje	Semana (les)	5	Minuto	Operativa	
Seis o	Desecho de cuero	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Flor suelta o mala calidad del cuero	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Mala costuras	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Desniveles de las medidas de los cortes	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Ineficiencia en los procesos	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Sentar el cuero	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
	Sacar arnés	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa
Aplicar crema en el zapato con horma dependiendo del cuero	Limpiar area	Semana (les)	20	Minuto	Operativa	

Seiketsu	Desecho de cuero	Formato	Semana (les)	1	Semana (les)	Estratégica
	Fbr suelta o mala calidad del cuero	Formato	Semana (les)	1	Semana (les)	Estratégica
	Mala costuras	Capacitacion	Mensual (es)	3	Mensual (es)	Estratégica
	Desniveles de las medidas de los cortes	Capacitacion	Diaria (s)	3	Mensual (es)	Estratégica
	Ineficiencia en los procesos	Formato/Feedback	Semana (les)	1	Semana (les)	Estratégica
	Sentar el cuero	Feedback	Diaria (s)	8	Hora	Estratégica
	Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Formato	Diaria (s)	8	Hora	Estratégica
	Sacar arnés	Feedback	Diaria (s)	8	Hora	Estratégica
	Aplicar crema en el zapato con horma dependiendo del cuero	Capacitacion	Diaria (s)	3	Mensual (es)	Estratégica
Shitsuke	Desecho de cuero	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Fbr suelta o mala calidad del cuero	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Mala costuras	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Desniveles de las medidas de los cortes	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Ineficiencia en los procesos	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Sentar el cuero	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Utilizar contrafuertes que no se ajusten al tamaño del corte	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Sacar arnés	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa
	Aplicar crema en el zapato con horma dependiendo del cuero	Supervisiones	Diaria (s)	8	Diaria (s)	Operativa

Nota. Plan de mejoramiento organizado por proceso y por etapas de Kaizen.

11. CONCLUSIONES

Por medio del análisis y la recopilación de información se indagó sobre la industria del calzado en Colombia y los aspectos que interfieren en su evolución y desarrollo. En esta pesquisa se encontraron aspectos internos como la escasa información sobre la producción, su optimización, los defectos en la fabricación y moras causadas por el proceso artesanal del calzado. También se hallaron aspectos externos como la competencia desigual por tratados de libre comercio y leyes de importaciones que afectaron gravemente a los pequeños fabricantes de calzado. Todos estos son factores que perturban de manera general la industria de las pymes de calzado en Colombia.

En la investigación realizada también se vio reflejado el contexto nacional e internacional en cuanto a la producción de calzado, los registros de importaciones y exportaciones muestran el panorama de consumo a nivel nacional y regional. Actualmente la tendencia de consumo reflejada a nivel nacional es el producto extranjero donde cerca de 150 millones de dólares son usados para la compra de productos de importación, mientras tanto las exportaciones de calzado solo reflejan 15 millones de dólares, esta información claramente expone nuestra dependencia del consumo de productos extranjeros, ya sea por economía, marca, o simplemente la relación calidad/precio del calzado.

En lo que concierne a la empresa Caprino IMACAL S.A.S., se evidenciaron diferentes oportunidades de mejora. Cabe señalar que, a pesar de que el proceso de automatización está siendo implementado, factores externos como los proveedores son los que comprometen el tiempo de producción y la calidad de los productos fabricados, creando más variables innecesarias en el proceso. Un claro ejemplo es el mes de octubre del año 2022 donde se deterioró el control del proceso superando el límite superior de en casi 5 puntos porcentuales causando reclamos y devoluciones en los productos generados en ese periodo. En resumen, estos factores afectaron el proceso en el transcurso del año 2022. Se diagnostica un panorama no favorablemente el control de los procesos de producción en el transcurso del año 2022.

Tomando en cuenta la documentación recopilada con anterioridad, se encontraron diversas metodologías que analizan los factores internos de cada empresa y su relación costo-beneficio. Del mismo modo se halló que cada una es utilizada según su adaptabilidad específica en cada pyme. En esta investigación se utilizaron estudios de tiempos, diagramas VSM y SIPOC. Con la información recopilada fue posible evaluar el índice de productividad el cual para el año 2022 fue en promedio de 74%, el indicador demuestra una eficiencia productiva aceptable, pero relacionando los defectos de calidad en el proceso y el estudio de tiempos para obtener la eficiencia de la productividad, este porcentaje no es suficiente para el cumplimiento de la demanda requerida ya que únicamente se producen en promedio 542 piezas al mes y el promedio mensual requerido es de 730 piezas además de poder identificar la desviación del proceso la cual refleja la variabilidad de este con un valor de 14241,23 reflejando un proceso aceptable pero con mejoras que pueden ayudar a optimizar este.

Consecuente a ello, la gerencia de la compañía pudo percibir la capacidad que se estaba desperdiciando por reprocesos, desperdicios y mudas, tomando acciones correctivas en el área de planta de producción. Una de las soluciones fue la implementación de la metodología Kaizen, la cual ayuda a la estandarización del proceso eliminando mudas y desperdicios en la fabricación. Ahora bien, gracias al plan de mejoramiento, se estimaron aquellos cambios que debían ser hechos en las áreas específicas para optimizar la producción. Para llevarlos a cabo se elaboraron formatos o tablas con tareas y capacitaciones, con el fin de obtener el mejor desempeño en el área de producción.

Para concluir, se presentó esta propuesta con el fin de optimizar el proceso de producción para fortalecer oportunidades de ventas, tanto internas como externas, que tienen un impacto positivo frente al consumidor y, de alguna manera, con el medio ambiente. Cabe recalcar que este tipo de proyecto beneficia a la organización aumentando sus ingresos por las inversiones, y se hace con el fin de obtener un desarrollo más sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACICAM, «Cómo va el sector Diciembre 2019», *ACICAM. Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas*. <https://acicam.org/download/como-va-el-sector-diciembre-2019-2/> (accedido 16 de mayo de 2023).
- [2] A. Halawi y N. Haydar, «Effects of Training on Employee Performance», *Int. Humanit. Stud.*, vol. 5, p. 22, jun. 2018.
- [3] P. W. Banturaki, R. (Supervisor) Dr. Namara, y M. K. (Supervisor) Dr. Barifaijo, «Organizational Factors Affecting Employee Performance in Non -Governmental Organizations in Uganda: A Case Study of Uganda Rainwater Association», Thesis, Uganda Management Institute, 2016. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://uminspace.umi.ac.ug:80/xmlui/handle/20.500.12305/137>
- [4] D. Siddiqui y N. Rida, «Impact of Motivation on Employees Performance in Pakistan», *Bus. Manag. Strategy*, vol. 10, p. 1, abr. 2019, doi: 10.5296/bms.v10i1.14448.
- [5] O. E. Patrón Osuna y J. G. Vargas Hernández, «Factores internos y externos a la empresa que propician entornos de productividad en el sector privado», *Libre Empresa*, vol. 16, n.º 1, pp. 64-78, 2019.
- [6] N. Olmedo Alba y E. M. Castelblanco Cano, «Metodología Lean Seis Sigma aplicada a un proceso de manufactura», Bachelor Thesis, Universidad EAN, 2012. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/2904>
- [7] H. Purba, A. Nindiani, A. Trimarjoko, C. Jaqin, S. Hasibuan, y S. Tampubolon, «Increasing Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review», *Adv. Prod. Eng. Manag.*, vol. 16, n.º 3, pp. 307-325, sep. 2021, doi: 10.14743/apem2021.3.402.
- [8] J. L. Calderón Alvarado y J. H. Flores Aucatoma, «Análisis y propuesta de estrategias para mejorar la línea de producción de la empresa “Calzado El Príncipe”», bachelorThesis, Universidad del Azuay, 2013. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3093>

- [9] L. X. Mayorga Villacís, «El Mejoramiento Continuo y su incidencia en los Procesos de Producción en la Empresa Calzado LOMBARDIA de la ciudad de Ambato.», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato, 2012. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/2228>
- [10] K. A. Jijón Bautista, «Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la Empresa Calzado Gabriel», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato., 2013. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/4962>
- [11] A. F. Villa Tello y J. P. Jiménez González, «Mejoramiento del sistema de planeación de la producción en la fábrica de calzado jct empresarial S.A», Pregrado, Universidad de San Buenaventura, 2013. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/dbec0c18-da1a-4a60-964b-3ef197574ed4>
- [12] J. M. Amado, «El calzado, perdedor con la apertura, desaparece con el TLC.», *Revista Deslinda*, 15 de junio de 2009. <https://deslinda.co/el-calzado-perdedor-con-la-apertura-desaparece-con-el-tlc/> (accedido 16 de mayo de 2023).
- [13] J. N. Martin, «Overview of the EIA 632 standard: processes for engineering a system», en *17th DASC. AIAA/IEEE/SAE. Digital Avionics Systems Conference. Proceedings (Cat. No.98CH36267)*, oct. 1998, pp. B32-1. doi: 10.1109/DASC.1998.741462.
- [14] T. Orozco y E. Giovanni, «Proyecto Seis Sigma», Universidad Autónoma de Nuevo León, 2004. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://cd.dgb.uanl.mx//handle/201504211/4016>
- [15] SGS Minerals Services, «Production Optimization». 1, 2008. Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/414536745/SGS-813-Production-Optimization>
- [16] F. G. A. Gonzalez, *Seis Sigma para Gerentes y Directores*. LibrosEnRed, 2003.
- [17] R. J. H. Acosta, «Seis Sigma un modelo de gestión», *PROSPECTIVA*, vol. 4, n.º 2, pp. 47-50, 2006.

- [18] R. G. González, S. J. León, I. G. Ramírez, y J. E. C. G. Pérez, «DMAIC – SIX SIGMA: DMAIC Six Sigma», *Rev. RELAYN- Micro Pequeña Empresa En Latinoam.*, vol. 5, n.º 3, Art. n.º 3, sep. 2021, doi: 10.46990/relayn.2021.5.3.174.
- [19] V. Yepes, «Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción», *Univ. Politécnica Valencia*, Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/924523/APLICACION_DE_LA_METODOLOGIA_SEIS_SIGMA_EN_LA_MEJORA_DE_RESULTADOS_DE_LOS_PROYECTOS_DE_CONSTRUCCION
- [20] C. A. Castro Zuluaga, «Planeación de la Producción», sep. 2008, Accedido: 16 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5001>
- [21] M. D. la L. Montes Castillo, «El uso del calzado: ¿cuándo, por qué? y sus consecuencias», *Rev. Mex. Med. Física Rehabil.*, vol. 19, n.º 4, pp. 54-55, 2007.
- [22] DANE, «Boletín técnico. Encuesta Anual Manufacturera (EAM) 2019», Bogotá D.C., dic. 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/boletin_eam_2019.pdf
- [23] Corferias, «Producción de calzado en Colombia crecerá 5% en 2022», *Econexia*. <https://econexia.com/es/contenidos-articulo/moda-y-confeccion/1009/Produccion-calzado-Colombia-crecera-2022> (accedido 8 de junio de 2023).
- [24] Cámara de Comercio de Bogotá, «Quiénes somos», *Cámara de Comercio de Bogotá*. <https://www.ccb.org.co/Clusteres/Cluster-de-Cuero-Calzado-y-Marroquineria/Sobre-el-Cluster/Quienes-somos> (accedido 8 de junio de 2023).
- [25] Presidente de la República de Colombia, *Decreto 1299 de 2006*. 2006. Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1738284>
- [26] Presidente de la República de Colombia, *Decreto 2216 de 2003*. 2003. Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9200>

- [27] Presidente de la República de Colombia, *Decreto 3272 de 2008*. 2008. Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1781945>
- [28] Presidente de la República de Colombia, *Decreto 3466 de 1982*. 1982. Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2764>
- [29] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, *Resolución No. 510 del 2004*. 2004. Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=4024310>
- [30] F. J. Hernández Arguello, «Mejoramiento continuo en la industria del calzado utilizando la metodología Six Sigma. Caso “Exclusivos botero”¹», *Ing. Sostenibilidad Soc.*, vol. 1, n.º 1, Art. n.º 1, 2020, Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/iss/article/view/1011>
- [31] L. E. Montaña Hernández y M. S. Jurado, «Aplicación de un modelo Lean Six Sigma orientado a la mejora de la productividad en tres empresas pyme del sector cuero de Cali», *InstnameUniversidad Autónoma Occidente*, jul. 2019, Accedido: 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10614/11075>