

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Simulación del proceso de confección de pantalones de una empresa textil
para incrementar la productividad**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR

Nicole Alexa Custodio Asalde

ASESOR

Santos Confesor Gabriel Blas

<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>

Chiclayo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

5

prezi.com

Fuente de Internet

1%

6

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

7

www.ssabox.com

Fuente de Internet

<1%

8

patents.google.com

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	4
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Revisión de literatura.....	5
I. Materiales y métodos.....	5
II. Resultados y Discusión	6
III. Conclusiones y recomendaciones.....	6
Anexos	8

Resumen

En este estudio, se presenta el diagnóstico de una empresa textil a través de la simulación de su proceso de confección actual. Se aplicó el diagnóstico a partir de un diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y diagrama de operaciones, identificándose las etapas que conllevaban mayor tiempo. A partir de ello, se simuló a través de ProModel la situación actual del proceso. Posteriormente, se propuso como mejora el balance de línea para disminuir el tiempo de ciclo y aumentar la capacidad de producción. Como resultado, se obtuvo un aumento de producción de 117 pantalones a 143, disminuyendo el tiempo de ciclo, y aumentando los ingresos mensuales.

Palabras claves: confección, simulación, balance de línea

Abstract

In this study, the diagnosis of a textile company is presented through the simulation of its current manufacturing process. The diagnosis was applied from an Ishikawa diagram, Pareto diagram and operations diagram, identifying the stages that took the longest time. From this, the current situation of the process was simulated through ProModel. Subsequently, the line balance can be improved to reduce cycle time and increase production capacity. As a result, a production increase from 117 pants to 143 was obtained, decreasing the cycle time, and increasing the monthly income.

Keywords: manufacturing, line balance, simulation

Introducción

El sector textil es uno de los más dinámicos de la economía mundial, con una amplia presencia en diferentes mercados. En 2022, el valor total de la industria textil a nivel mundial fue de aproximadamente 1,05 billones de dólares estadounidenses. Además, según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo las exportaciones mundiales de productos textiles alcanzaron los 305 mil millones de dólares estadounidenses. [1]

Por otro lado, según el Ministerio de Producción de Perú [2], las mypes y pymes del sector textil y confecciones representan el 92% de las empresas en el sector, generando el 60% del empleo en el mismo. Además, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de Perú, en el período 2017-2022, el sector textil y confecciones registró un crecimiento promedio anual del 6,6% en su producción. [3]

Sin embargo, según la Sociedad de Comercio Exterior del Perú, los tiempos de entrega en el sector textil en Perú son más largos en comparación con otros países, esto se debe a la falta de procesos estandarizados y demoras en el proceso de producción [4]. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la producción de la industria textil en Perú disminuyó un 12.6% en el 2023, comparado con el mismo período del año anterior. [5]

En Lambayeque, se evidencia una empresa del sector textil, que confecciona pantalones para estudiantes de diversas instituciones educativas. La empresa en cuestión poseía una capacidad de producción de 3200 pantalones/mes, sin embargo, la producción en los últimos meses se ha reducido a 2816 pantalones/mes, lo que genera 384 piezas defectuosas, teniendo una productividad actual de solo 1.6 pantalones/h-h. Los trabajadores de esta empresa comentan que la reducción de producción se debe al reprocesamiento de piezas, lo que genera altos tiempos de operación en las etapas.

Ante esta problemática surge la siguiente pregunta de investigación, ¿Cómo se incrementará la productividad de una empresa textil mediante la simulación del proceso de confección de pantalones? Para ello, se tuvo como objetivo general determinar el incremento de la productividad mediante la simulación del proceso de confección de pantalones de una empresa textil. Asimismo, como objetivos específicos, en primer lugar, diagnosticar la situación actual del proceso de confección de pantalones de la empresa textil; en segundo lugar, simular una mejora del proceso de confección de pantalones para incrementar la productividad; y en tercer lugar, evaluar el costo – beneficio de la propuesta de mejora del proceso de confección de pantalones.

Esta investigación tiene como justificación la contribución directa hacia la empresa debido que una mejora en el proceso de confección puede reducir los altos tiempos de operación

y aumentar la cantidad de prendas que se pueden producir en un período de tiempo determinado, incrementando de esta manera la productividad e ingresos. Asimismo, al simular el proceso de confección de pantalones, se pueden identificar áreas de mejora, como la redistribución de la carga de trabajo, la optimización de los flujos de trabajo y la determinación de los recursos necesarios ayudando a tomar decisiones informadas, anticiparse a posibles problemas y ajustar el proceso para incrementar la productividad y la eficiencia general de la empresa. De igual manera, este estudio permitirá otorgar conocimientos académicos a investigaciones que se relacionen con este sector, manifestando la importancia y las ventajas de dar propuestas de mejora con simulaciones.

Revisión de literatura

Angulo, García y Beltrán [6] en su estudio, como objetivo principal propusieron mejorar la eficiencia y productividad de una empresa de confecciones a través de la simulación. El estudio lo realizaron en una empresa de confecciones en Colombia, donde se aplicó la metodología de balance de línea. Se modeló la operación actual de la empresa y se propusieron diferentes mejoras en los procesos para aumentar la eficiencia y productividad. Asimismo, evaluaron diferentes escenarios de mejora y se seleccionó el mejor de acuerdo con los resultados obtenidos. Como resultados, la empresa logró una mejora significativa en la eficiencia y productividad después de implementar las mejoras propuestas. Se redujo el tiempo de ciclo en un 39%, se incrementó la productividad en un 26% y se redujeron los costos de producción en un 16%. En conclusión, la simulación de procesos resultó ser una herramienta efectiva para mejorar la eficiencia y productividad de la empresa de confecciones estudiada.

El siguiente estudio fue realizado por los autores Qiang Gao, Yaru Chen, y Yuan Yuan [7]. Como objetivo principal, propusieron el incremento de la eficiencia del sistema productivo de una empresa de confecciones mediante la simulación de procesos y la implementación de mejoras en la cadena de suministro. Para lograr ello, realizaron un estudio detallado del proceso productivo y se identificaron los principales cuellos de botella y áreas de mejora. Se implementaron diferentes escenarios de simulación utilizando el software de simulación Flexsim para evaluar el impacto de las mejoras propuestas. Se midieron y compararon datos cuantitativos, como el tiempo de ciclo, el costo de producción y el tiempo de espera de los productos en diferentes etapas del proceso productivo. Los resultados de la simulación indicaron que la implementación de mejoras en la cadena de suministro, como la reducción de los tiempos de espera y la eliminación de cuellos de botella, podría aumentar significativamente la eficiencia del sistema productivo. Observaron una reducción del tiempo de ciclo en un 18%, una reducción del costo de producción en un 8% y una reducción del tiempo de espera en un 15%, lo que permitió a la empresa aumentar la producción y mejorar la satisfacción del cliente. Concluyeron, que la simulación es una propuesta que brinda soluciones efectivas para aumentar la producción y reducir los costos.

En la investigación de Cárdenas [8], el objetivo principal fue identificar los principales cuellos de botella que afectan el desempeño de una línea de producción de una empresa de confecciones y proponer mejoras utilizando la simulación a través del balance de línea. El autor realizó un análisis de la línea de producción actual y se identificaron los cuellos de botella utilizando herramientas como el diagrama de flujo y el análisis de tiempos. Luego, utilizó la simulación discreta para evaluar el impacto de diferentes mejoras en la productividad y

eficiencia de la línea de producción. La simulación le permitió identificar que el cuello de botella principal era el proceso de planchado, y se propusieron mejoras en la distribución del personal y en la implementación de un sistema de planchado en línea para reducir los tiempos muertos. Como resultado, logró aumentar la productividad en un 23% y reducir los costos de producción en un 12%. En conclusión, mejoró el proceso productivo utilizando herramientas que no generen costos significativos.

En el artículo de Córdova, Vílchez y Romero [9], el objetivo principal que tuvieron los autores fue mejorar el proceso de corte a través de la simulación de diferentes escenarios y la implementación de mejoras en el proceso actual. La metodología utilizada para lograr este objetivo fue la simulación del proceso mediante el software Arena, en el que se modeló el proceso actual y se implementaron diferentes mejoras, como la eliminación de cuellos de botella y la reducción de tiempos muertos. Además, se realizó un análisis estadístico para comparar los resultados obtenidos antes y después de la implementación de las mejoras. Los resultados en este estudio mostraron una mejora significativa en la eficiencia del proceso de corte, con una reducción del tiempo de espera en un 41% y una disminución en el tiempo total de procesamiento en un 29%. Asimismo, se logró una mejora en la utilización de la capacidad de producción del equipo de corte, pasando de una utilización del 60% al 90%. Como conclusión, se afirmaron que la simulación en el proceso de corte y la implementación de mejoras basadas en los resultados obtenidos a través de la simulación, son herramientas efectivas para mejorar la eficiencia del proceso de corte en una empresa de confecciones.

El estudio de Vega L. [10], tuvo como objetivo principal aumentar la eficiencia del proceso para reducir costos y aumentar la rentabilidad. Para la metodología, se aplicó un análisis de los procesos productivos utilizando la herramienta Lean Manufacturing, se realizó un estudio de tiempos y movimientos para detectar y eliminar actividades innecesarias y se implementó un sistema de control de calidad. Además, se empleó un software de simulación para optimizar la distribución del layout y mejorar la productividad. La implementación de las mejoras en el proceso productivo le permitió reducir el tiempo de producción en un 20%, disminuir los costos de producción en un 15%, aumentar la productividad en un 12% y mejorar la calidad de los productos finales. La aplicación de la metodología Lean Manufacturing junto con la implementación de un sistema de control de calidad y la utilización de un software de simulación le permitió mejorar significativamente la eficiencia del proceso productivo y reducir los costos de producción en la empresa textil peruana estudiada.

Sánchez, Ceballos y Torres [11] tuvieron como objetivo identificar las carencias de procesos, proponiendo escenarios de soluciones orientados a mejorar la productividad. La

metodología que utilizaron fue en primer lugar formular el problema, después, desarrollar el proyecto y finalmente, experimentar a través de la simulación. Observaron una mejora en la productividad semanal de la empresa superior al 10% tras la evaluación del resultado. Esto indicaba una utilización más eficiente de los recursos disponibles, lo que se traduce en mayores beneficios económicos y una mayor satisfacción de la demanda semanal. Sin embargo, se recomienda actualizar las máquinas que conforman el proceso de corte, ya que se identifica como el principal "cuello de botella" del sistema. En conclusión, el análisis realizado permitió a los autores identificar los puntos críticos del proceso, como las estaciones clave de servicio y los "cuellos de botella", para aplicar soluciones efectivas que aumenten la productividad con el menor costo posible.

Castilla [12] en su artículo, como objetivo principal tuvo optimizar el área de corte a través de la simulación. El autor utilizó un enfoque cuantitativo en la metodología empleada, la cual involucró el uso del software Arena para describir el proceso y también el diagrama DAP. Como resultado, logró mejorar la productividad al reducir los tiempos de espera en un 94.52% mediante la implementación del modelo propuesto. También, mejoró la eficiencia pasando del 98.83% a un 82.72%, y se redujo la carga de trabajo de los dos empleados del área. El autor concluyó que a través de la herramienta de simulación, se puede rediseñar una etapa sin necesidad de inversiones significativas.

En el estudio de Quiroz y Choque [13], los autores tuvieron como objetivo mejorar el proceso de producción en una empresa textil peruana mediante la simulación de escenarios y la identificación de cuellos de botella. Se utilizó el software de simulación Arena para modelar el proceso de producción de la empresa. Además, se recolectaron datos de la producción real para calibrar el modelo y se simularon diferentes escenarios para evaluar su impacto en la productividad y la eficiencia del proceso. También se aplicó la metodología Lean Six Sigma para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso. Se identificaron cuellos de botella en el proceso de producción y se propusieron mejoras que permitieron aumentar la productividad en un 24% y reducir el tiempo de ciclo en un 25%. Además, se logró una reducción del 36% en los costos de producción y una mejora en la calidad del producto. La combinación de estas herramientas permitió identificar cuellos de botella, evaluar diferentes escenarios y proponer mejoras con datos cuantitativos que permitieron lograr una significativa mejora en la productividad y la eficiencia del proceso.

En el artículo de Vásquez y Espinoza [14], los autores tuvieron como objetivo mejorar la eficiencia en la fabricación de calzado. Se realizó un análisis de la situación actual del proceso productivo de la empresa, identificando los principales cuellos de botella. Llevaron a cabo una

simulación del proceso utilizando el software de simulación Arena para evaluar el impacto de diversas mejoras propuestas. Las mejoras se centraron en reducir el tiempo de procesamiento de las actividades críticas, minimizar el tiempo de espera, y optimizar la asignación de recursos. Lograron una reducción del tiempo total del proceso productivo de calzado de 88.46 horas a 63.22 horas, lo que representa una mejora del 28.5%. Además, redujeron el tiempo de procesamiento en las actividades críticas de 25.5% a 14.75%, y se disminuyó el tiempo de espera en un 37.5%. Estos cambios permitieron aumentar la capacidad de producción en un 40%. En conclusión, el uso de herramientas de simulación permitió identificar y mejorar los procesos críticos en la fabricación de calzado, permitiéndoles reducir el tiempo total del proceso, aumentar la capacidad de producción y mejorar la eficiencia de la empresa.

El estudio realizado por Montenegro, D. [15], tuvo como objetivo identificar oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de pantalones utilizando técnicas de simulación con el fin de reducir los costos asociados. La metodología empleada consistió en el análisis detallado del proceso existente, la recopilación de datos relevantes y la construcción de un modelo de simulación utilizando software especializado. Se utilizaron herramientas como el diagrama de flujo y el análisis de sensibilidad para evaluar diferentes escenarios y estrategias de mejora. Los resultados obtenidos mostraron una reducción del 10% en los costos de producción y una disminución del 15% en los tiempos de ciclo. Además, se identificaron cuellos de botella en el proceso y se propusieron soluciones para optimizar la asignación de recursos. En conclusión, la simulación resultó ser una herramienta efectiva para identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas en el proceso de producción de pantalones, lo que permitió reducir los costos y mejorar la eficiencia en la empresa.

La simulación es una técnica utilizada para imitar o representar el comportamiento de un sistema o proceso en un entorno virtual. Consiste en crear un modelo matemático o computacional que replica las características y relaciones del sistema real, permitiendo observar su funcionamiento y realizar experimentos virtuales para comprender su comportamiento o tomar decisiones informadas. [16]

Promodel es un software de simulación que se utiliza ampliamente en la industria y en la investigación. Es una herramienta que permite construir modelos de simulación de manera visual y realizar análisis detallados de procesos y sistemas complejos. Con Promodel, los usuarios pueden crear representaciones gráficas de sistemas, establecer parámetros, simular el funcionamiento del sistema y evaluar su rendimiento mediante métricas y estadísticas. [17]

La productividad es un concepto fundamental en el ámbito industrial, que se refiere a la capacidad de una organización para utilizar eficientemente sus recursos y generar resultados.

En general, se define como la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados en un determinado período de tiempo. Una empresa de confecciones de pantalones busca mejorar su productividad mediante la optimización de su proceso de producción. En este contexto, la productividad se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos (como mano de obra, maquinaria, materiales) para fabricar pantalones. [18]

La producción es el proceso mediante el cual se crean bienes o se brindan servicios para satisfacer las necesidades de las personas. En términos generales, implica la transformación de recursos y factores de producción, como mano de obra, capital, materiales y tecnología, en productos finales o servicios utilizables. [19]

La capacidad de producción es un indicador que proporciona una visión general de la cantidad que se pueden producir en un determinado período de tiempo. Para aumentar la capacidad de producción, es necesario optimizar el flujo de trabajo, eliminar desperdicios y buscar formas de reducir los tiempos de cambio de producto. [19]

El cuello de botella se refiere al punto o etapa del proceso en el que la capacidad de producción se ve limitada o restringida, lo que resulta en una disminución del rendimiento general del sistema. Es el paso más lento o menos eficiente que determina la tasa máxima de producción para todo el proceso. El cuello de botella puede ser causado por diferentes factores, como la disponibilidad limitada de recursos, una maquinaria específica que opera a una velocidad más lenta, la falta de habilidades o capacidades del personal, restricciones en los suministros o cualquier otro elemento que obstaculice el flujo continuo de producción. [20]

La presencia de un cuello de botella en un proceso productivo puede tener varias consecuencias negativas, como la acumulación de inventario en etapas anteriores al cuello de botella, largos tiempos de espera, retrasos en la entrega de productos terminados, altos costos de producción y una menor eficiencia global. [20]

Por cuellos de botella y baja eficiencia, se generan las mermas, que se refieren a la cantidad o porción de materia prima, producto o material que se pierde, daña o se desperdicia durante el proceso de transformación o fabricación. Las mermas por defecto son parte de la materia prima o del producto final no cumple con los estándares de calidad establecidos y no puede ser utilizado o vendido. Esto puede deberse a errores en la fabricación, problemas en el proceso, falta de control de calidad, entre otros. [20]

Como herramientas de apoyo, el diagrama de Pareto es una herramienta utilizada para organizar y priorizar los diferentes elementos de un conjunto de datos según su importancia relativa. Esta herramienta, se utiliza comúnmente en la gestión de la calidad y la mejora

continua, y puede ser aplicado al análisis de tiempos en un sistema productivo para identificar y focalizar los problemas o las actividades que consumen la mayor cantidad de tiempo. [20]

Para la mejora de procesos, el balance de línea es una técnica utilizada en la producción y la manufactura para distribuir de manera equilibrada el trabajo entre las estaciones de trabajo en una línea de ensamblaje o proceso de producción en serie. El objetivo principal del balance de línea optimizar la eficiencia y productividad de la línea de producción. En una línea de producción, cada estación de trabajo tiene una determinada capacidad de producción o tiempo requerido para realizar una tarea específica. El balance de línea busca igualar o equilibrar las cargas de trabajo de cada estación, de modo que todas operen a una velocidad similar y no haya cuellos de botella o subutilización de recursos. [21]

Para lograr un balance de línea efectivo, se deben considerar varios factores, como el tiempo requerido para realizar cada tarea, la capacidad de producción de cada estación de trabajo, las restricciones de tiempo y los requisitos de calidad. Además, se deben minimizar los movimientos innecesarios de los trabajadores y los materiales, así como maximizar la utilización de los recursos disponibles. [21]

Existen diferentes técnicas y herramientas que pueden ayudar en el proceso de balanceo de línea, como el gráfico de precedencia, el diagrama de flujo de proceso, el análisis de capacidad, la simulación por computadora y los softwares especializados. Estas herramientas permiten evaluar diferentes escenarios y optimizar la distribución de tareas para alcanzar un balance de línea óptimo. [21]

Materiales y métodos

Diagnosticar la situación actual del proceso de confección de pantalones de la empresa textil

Se emplearon los datos obtenidos de la empresa textil, es decir, este estudio tiene un diseño no experimental, ya que no hubo manipulación de variables, debido a que se tomaron datos en un periodo determinado de tiempo. Además, el objeto de estudio es de tipo descriptivo, ya que se diagnosticó la situación actual del proceso, a partir de indicadores de productividad

[18] y producción [19]. A continuación, se examinaron los principales problemas que generaban una disminución de la productividad, utilizando un diagrama de Ishikawa.

Asimismo, se usó un diagrama de Pareto [20] para el análisis de las etapas que tienen mayor porcentaje de tiempo, y se realizó un diagrama de operaciones con la finalidad de identificar las operaciones, inspecciones y el transporte, que servirán de apoyo para la elaboración del diseño del proceso de confección.

En consecuencia, se llevó a cabo la simulación del proceso de confección de pantalones actual, utilizando el ProModel [17], teniendo en cuenta las locaciones, entidades, atributos y procesos; además del tiempo de operación y lógica de movimiento, con lo que se pudo interpretar los datos obtenidos.

Simular una mejora del proceso de confección de pantalones para incrementar la productividad

Se realizó un balance de línea para disminuir tiempos ociosos y para aumentar la capacidad productiva, de esta manera, se incrementará la productividad. A continuación, se simuló nuevamente el proceso de confección de pantalones a través del ProModel, con los nuevos datos obtenidos del balance de línea, comparándose con la simulación realizada en el primer objetivo, analizando las diferencias y mejoras.

Evaluar el costo – beneficio de la propuesta de mejora del proceso de confección de pantalones

Se realizó el cálculo de indicadores de productividad económica para la propuesta de simulación, determinando si generaba mayores ingresos. Finalmente, se describieron las mejoras logradas, resaltando los resultados de la propuesta de mejora de producción de pantalones.

Resultados y Discusión

Resultados

Diagnosticar la situación actual del proceso de confección de pantalones de la empresa textil

Para el cumplimiento del diagnóstico, se calcularon los indicadores actuales de la empresa, teniendo en cuenta que hay 9 trabajadores operando 6 días a la semana y 8 horas al día, con 50 minutos de descanso desde las 12:00 pm, hasta las 12:50 pm. Se presentan los datos extraídos de la empresa de confección de pantalones, calculando sus respectivos indicadores:

- *Producción mensual pasada* = $3200 \frac{\text{pantalones}}{\text{mes}}$
- *Producción mensual actual* = $2816 \frac{\text{pantalones}}{\text{mes}}$
- *Producción diaria actual* = $117 \frac{\text{pantalones}}{\text{día}}$

$$\text{Productividad} = \frac{117 \text{ pantalones}}{9 \text{ trabajadores} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 1,6 \text{ pantalones} \frac{h}{h}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{60 \text{ minutos}}{1,6 \text{ pantalones}} = 37,5 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}$$

$$\text{Número de estaciones} = \frac{64 \text{ minutos}}{37,5 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}} = 1,70$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{64 \text{ minutos}}{2 \times 37,5 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}} = 85\%$$

A continuación, con los datos obtenidos y la observación del proceso, se realizó un diagrama de Ishikawa (Anexo 01) para identificar los problemas y las deficiencias que llevó a cabo a la empresa a disminuir su capacidad de producción.

Después, se realizó un diagrama de Pareto para identificar el porcentaje de tiempos que lleva cada etapa del proceso de confecciones:

Tabla 1. Diagrama de Pareto

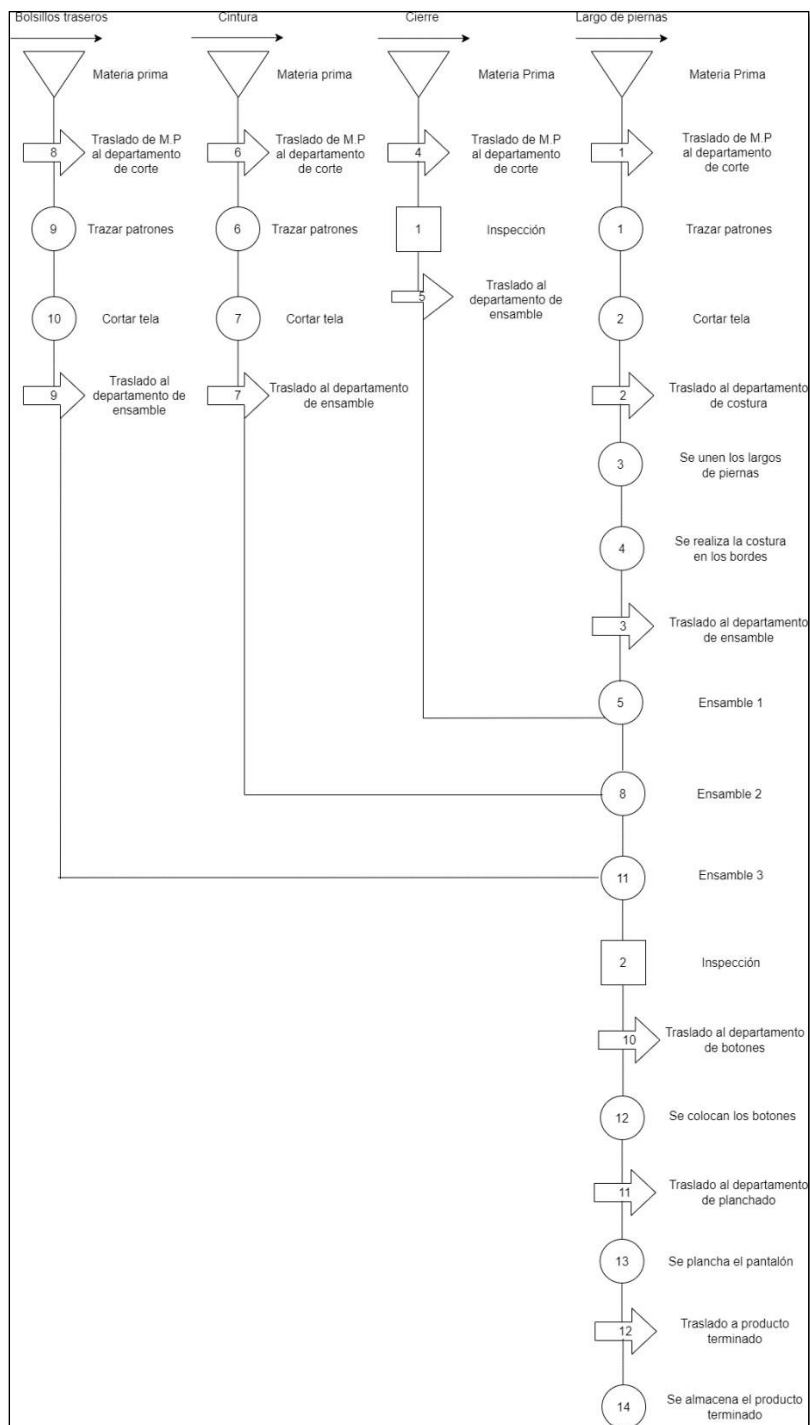
Etapa	Tiempo (min)	%	Acumulado	% acumulado		Clasificación
Trazo de patrones para largo de piernas	7.8	12.19%	7.8	12.19%	80%	A
Corte de tela para largo de piernas	6.9	10.78%	7.9	22.97%	80%	
Unido de largo de piernas	6.7	10.47%	8.0	33.44%	80%	
Costura de largo de piernas	6.5	10.16%	8.1	43.59%	80%	
Ensamblado de largo de piernas y cierre	6.1	9.53%	8.2	53.13%	80%	
Trazo de patrones para cintura	5.3	8.28%	8.3	61.41%	80%	
Corte de patrones para cintura	5.2	8.13%	8.4	69.53%	80%	
Ensamblado de cintura con largo de piernas y cierre	4.3	6.72%	8.4	76.25%	80%	
Trazo de patrones para bolsillos traseros	4	6.25%	8.5	82.50%	80%	B
Corte de patrones para bolsillos traseros	3.2	5.00%	8.6	87.50%	80%	
Ensamblado de bolsillos traseros con cintura, largo de piernas y cierre	3.2	5.00%	8.6	92.50%	80%	
Colocado de botones	2.7	4.22%	8.6	96.72%	80%	C
Planchado de pantalón	2.1	3.28%	8.7	100.00%	80%	

Fuente: Elaboración propia

A partir del diagrama de Pareto, se concluyó que las etapas que tienen un mayor porcentaje de demora son el Trazo de patrones para largo de piernas, corte de tela para largo de piernas, unido de largo y costura de largo de piernas. (Anexo 02)

Por otro lado, se realizó un diagrama de operaciones (DOP), para identificar las actividades, inspecciones y traslados que se realizan en este proceso, lo cual facilitará la elaboración del diseño para la aplicación en el ProModel:

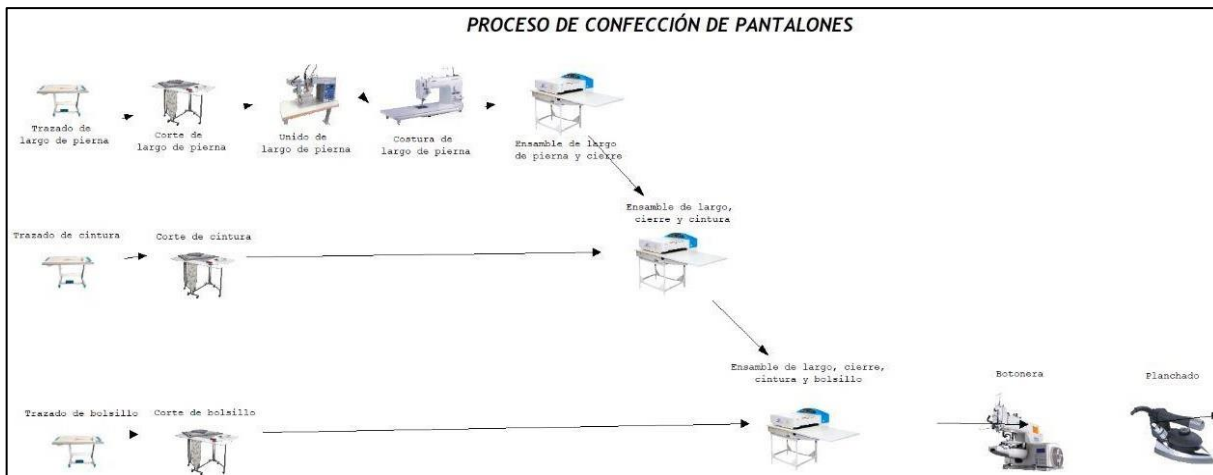
Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso de confección de pantalones



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se desarrolló el modelo de simulación en el ProModel, teniendo en cuenta las locaciones, entidades, procesos, y el respectivo calendario.

Figura 1. Proceso de confección de pantalones



Fuente: Elaboración propia

Se definieron las locaciones, que vienen a ser las etapas del proceso de confección, teniendo en cuenta las capacidades de cada uno.

Figura 2. Locaciones del proceso de confección de pantalones

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Trazado_de_largo_de_pierna	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Corte_de_largo_de_pierna	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Unido_de_largo_de_pierna	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Costura_de_largo_de_pierna	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Ensamble_de_largo_de_pierna_y_cierre	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Ensamble_de_largo_cierre_y_cintura	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Trazado_de_cintura	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Corte_de_cintura	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Trazado_de_bolsillo	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Corte_de_bolsillo	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Ensamble_de_largo_cierre_cintura_y_bolsillo	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Botonera	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Planchado	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se identificaron las entidades, siendo los elementos que se mueven o trasladan en el sistema.

Figura 3. Entidades del proceso de confección de pantalones

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	Tela	150	Serie de tiempo
	Largo_de_pierna	150	Serie de tiempo
	Cintura_de_pantalón	150	Serie de tiempo
	Bolsillo_de_pantalón	150	Serie de tiempo
	Pantalón_con_largo_y_cierre	150	Serie de tiempo
	Pantalón_con_cintura_largo_y_cierre	150	Serie de tiempo
	Pantalón_con_largo_cierre_cintura_bolsillos_y_botón	150	Serie de tiempo
	Pantalón_planchado	150	Serie de tiempo

Fuente: Elaboración propia

Además, se establecieron los procesos, es decir, las rutas operacionales que siguen las entidades establecidas.

Ilustración 4. Proceso de confección de pantalones

Entidad...	Locación...	Operación...
Tela	Trazado_de_largo_de_pierna	Wait (7.8)min
Tela	Corte_de_largo_de_pierna	Wait (6.9)min
Largo_de_pierna	Unido_de_largo_de_pierna	Wait (6.7)min
Largo_de_pierna	Costura_de_largo_de_pierna	Wait (6.5)min
Largo_de_pierna	Ensamble_de_largo_de_pierna_y_cierre	Wait (6.1)min
Tela	Trazado_de_cintura	Wait (5.3)min
Tela	Corte_de_cintura	Wait (5.2)min
Cintura_de_pantalón	Ensamble_de_largo_cierre_y_cintura	Join 1 Pantalón_con_largo_y_cierreWait (4.3)min
Tela	Trazado_de_bolsillo	Wait (4)min
Tela	Corte_de_bolsillo	Wait (3.2)min
Bolsillo_de_pantalón	Ensamble_de_largo_cierre_cintura_y_bolsillo	Join 1 Pantalón_con_cintura_largo_y_cierreWait (3.2)min
Pantalón_con_largo_cierre_cintura_bolsillo	Botonera	Wait (2.7)min
Pantalón_con_largo_cierre_cintura_bolsillo	Planchado	Wait (2.1)min

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el ProModel se colocaron los arribos, es decir, las unidades que llegan al sistema.

Ilustración 5. Arribos del proceso de confección de pantalones

Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia	Lógica...	Deshab.
Tela	Trazado_de_largo_de_pierna	1	0	INF	E(7)min		No
Tela	Trazado_de_cintura	1	0	INF	E(6)min		No
Tela	Trazado_de_bolsillo	1	0	INF	E(5)min		No

Fuente: Elaboración propia

A partir de la simulación, se obtuvieron los resultados en cuando a las locaciones y entidades.

Figura 6. Resumen de locación de proceso de confección de pantalones

Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Trazado de largo de pierna	92,00	1,00	117,00	30,59	0,81	1,00	0,00	81,47
Corte de largo de pierna	107,50	1,00	117,00	35,80	0,81	1,00	0,00	81,03
Unido de largo de pierna	107,50	2,00	117,00	51,82	1,17	2,00	1,00	58,65
Costura de largo de pierna	107,50	1,00	117,00	34,49	0,78	1,00	1,00	77,54
Ensamble de largo de pierna y cierre	45,66	1,00	117,00	8,19	0,43	1,00	1,00	43,06
Ensamble de largo cierre y cintura	107,67	2,00	117,00	60,04	1,33	2,00	1,00	66,45
Trazado de cintura	61,00	1,00	117,00	19,46	0,77	1,00	1,00	77,10
Corte de cintura	92,00	1,00	117,00	29,97	0,78	1,00	0,00	78,17
Trazado de bolsillo	92,00	1,00	117,00	33,77	0,87	1,00	0,00	87,48
Corte de bolsillo	107,50	1,00	117,00	38,91	0,86	1,00	1,00	86,25
Ensamble de largo cierre cintura y bolsillo	123,00	2,00	117,00	92,43	1,78	2,00	1,00	88,92
Botonera	61,00	2,00	117,00	10,90	0,42	2,00	0,00	21,00
Planchado	45,60	1,00	117,00	2,10	0,11	1,00	0,00	10,82

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Resumen de identidad de proceso de confección de pantalones

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
Tela	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Largo de pierna	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cintura de pantalón	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bolsillo de pantalón	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pantalón con largo cierre cintura bolsillos y botón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pantalón con cintura largo y cierre	117,00	0,00	120,04	9,60	56,11	14,80	39,53
Pantalón planchado	117,00	0,00	191,63	12,00	46,73	15,20	117,71
Pantalón con largo y cierre	117,00	0,00	178,12	14,81	2,12	34,00	127,18

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar, que se extrajo el cuadro de indicadores de identidades.

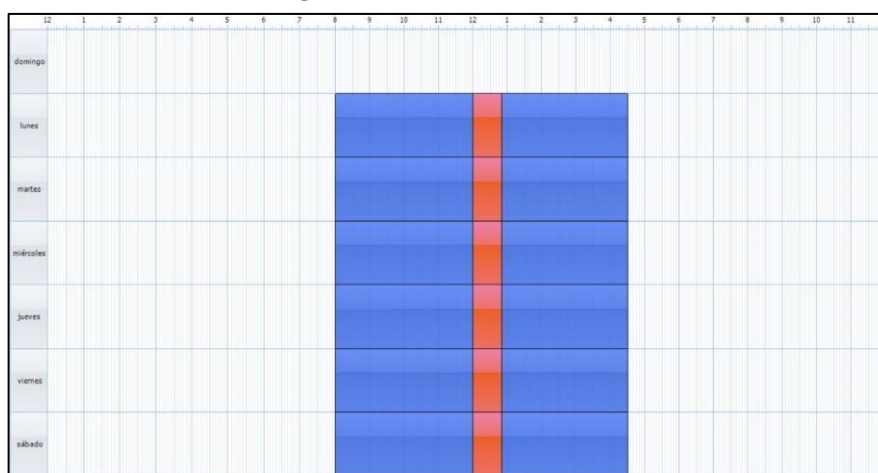
Figura 8. Cuadro de indicadores

Cuadro de indicadores				
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)		Tiempo En Operación Promedio (Min)
Tela		0,00	0,00	0,00
Largo de pierna		0,00	0,00	0,00
Cintura de pantalón		0,00	0,00	0,00
Bolsillo de pantalón		0,00	0,00	0,00
Pantalón con largo y cierre		117,00	178,12	34,00
Pantalón con cintura largo y cierre		117,00	120,04	14,80
Pantalón con largo cierre cintura bolsillos y botón		0,00	0,00	0,00
Pantalón planchado		117,00	191,63	15,20

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se plasmó el calendario con los horarios de trabajo y refrigerio los días laborales.

Figura 9. Calendario



Fuente: Elaboración propia

Simular una mejora del proceso de confección de pantalones para incrementar la productividad

Se realizó el balance de línea asignando letras a cada etapa.

Tabla 2. Asignación de letras para balance de línea

Etapa	Asignación
Trazo de patrones para largo de piernas	A
Corte de tela para largo de piernas	B
Unido de largo de piernas	C
Costura de largo de piernas	D
Ensamblado de largo de piernas y cierre	E
Trazo de patrones para cintura	F
Corte de patrones para cintura	G
Ensamblado de cintura con largo de piernas y cierre	H
Trazo de patrones para bolsillos traseros	I
Corte de patrones para bolsillos traseros	J
Ensamblado de bolsillos traseros con cintura, largo de piernas y cierre	K
Colocado de botones	L
Planchado de pantalón	M

Fuente: Elaboración propia

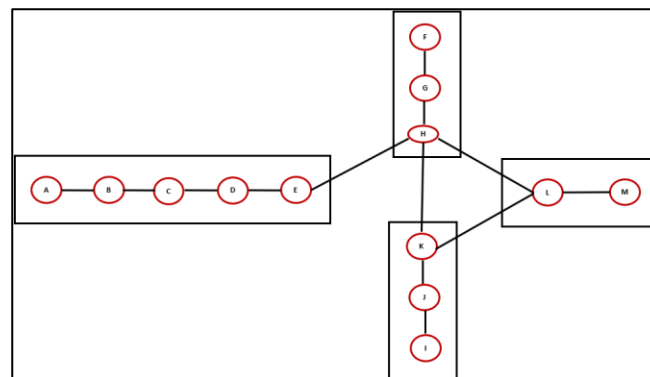
Tabla 3. Tabla de precedencia

Etapas que preceden	Etapas	Tiempo de la tarea (min)
-	A	7.8
A	B	6.9
B	C	6.7
C	D	6.5
D	E	6.1
-	F	5.3
F	G	5.2
E,G	H	4.3
-	I	4
I	J	3.2
H	K	3.2
H,K	L	2.7
L	M	2.1
Total		64

Fuente: Elaboración propia

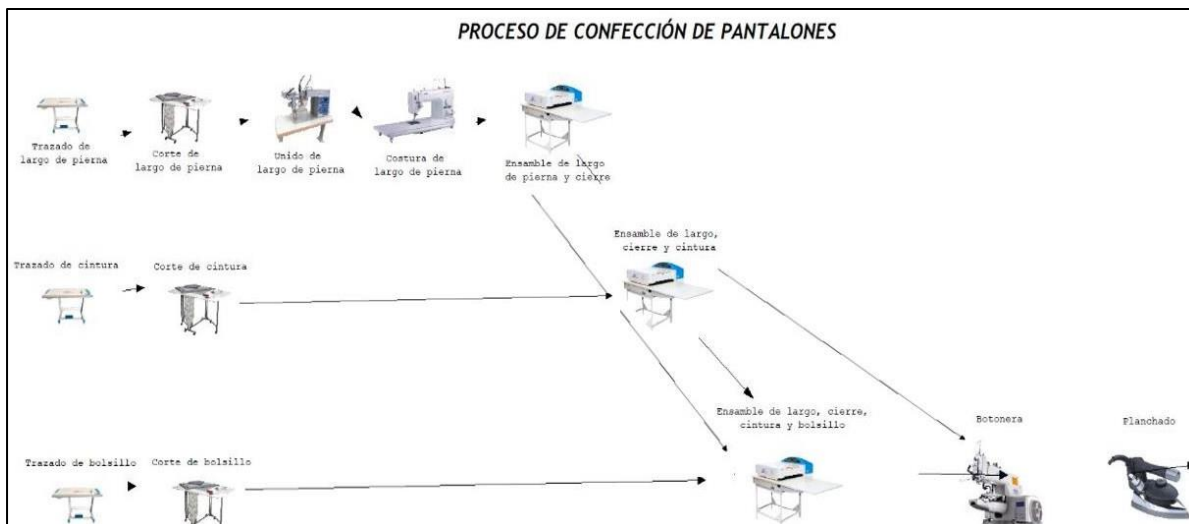
A continuación, se realizó un diagrama de precedencias de las etapas propuestas, y se calculó el tiempo de ciclo, el número de estaciones y la eficiencia.

Ilustración 9. Diagrama de precedencias



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Propuesta de simulación de confección de pantalones



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Nuevos indicadores

Cuadro de indicadores				
Nombre	Total Salidas		Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)
Tela		0,00	0,00	0,00
Largo de pierna		0,00	0,00	0,00
Cintura de pantalón		0,00	0,00	0,00
Bolsillo de pantalón		0,00	0,00	0,00
Pantalón con largo y cierre		143,00	178,12	34,00
Pantalón con cintura largo y cierre		143,00	120,04	14,80
Pantalón con largo cierre cintura bolsillos y botón		0,00	0,00	0,00
Pantalón planchado		143,00	191,63	15,20

Fuente: Elaboración propia

Se calcularon los siguientes indicadores después de realizar la propuesta de simulación en el ProModel:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{60 \text{ minutos}}{2,97 \text{ pantalones}} = 20,20 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}$$

$$\text{Número de estaciones} = \frac{64 \text{ minutos}}{20,20 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}} = 4 \text{ estaciones}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{64 \text{ minutos}}{4 \times 20,20 \text{ pantalones}} = 93\%$$

Los resultados muestran que la productividad cambió de un pantalón con que se realiza en 37,5 minutos, a 2 pantalones que se realizan en 20,20 minutos.

Evaluar el costo – beneficio de la propuesta de mejora del proceso de confección de pantalones

Se determinó que aplicándose esta propuesta, la empresa incrementará las ventas como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Ingresos de la propuesta

	Unidades diarias	Utilidad unitaria	Utilidad total diaria	Diferencia
Actual	117	S/ 14.12	S/ 1,652.04	
Propuesta	143	S/ 14.12	S/ 2,019.16	S/ 367.12

Fuente: Elaboración propia

Si multiplicamos la utilidad diaria por los 26 días trabajados, la empresa estaría ganando S/. 52 498.16 mensuales con la propuesta de mejora, comparándolo con la situación actual en donde solo ganaba S/. 42,953.04, lo que genera una diferencia de S/. 9,545.12 mensuales.

Tabla 5. Egresos de la propuesta

	M.O	Sueldo mensual	Suelto total mensual	Diferencia
Actual	8	S/ 930.00	S/ 7,440.00	
Propuesta	6	S/ 930.00	S/ 5,580.00	S/ 1,860.00

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la utilidad mensual de la propuesta (S/. 52 498.16) y el sueldo mensual como egreso (S/. 7 440.00), la empresa estaría recibiendo como utilidad neta S/. 45058.16 soles mensuales.

Discusión

Al aplicar el balance de línea se vio pertinente agrupar las diversas etapas, además de disminuir operarios, logrando incrementar la producción y la eficiencia, coincidiendo con el estudio de Angulo, García y Beltrán [6] en donde se aplicó la simulación y se utilizó el balance de línea como mejora, logrando reducir el tiempo de ciclo en un 39% e incrementar la productividad en un 26%, reduciendo los costos de producción en un 16%. Asimismo, Cárdenas [8] al utilizar la simulación y aplicar el balance de línea como herramienta de mejora, logró que la organización tenga un incremento en la producción de 23%, reduciendo los costos de producción en un 12%.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se diagnosticó la situación actual del proceso de confección de pantalones de la empresa textil a través de un diagrama de Ishikawa, para examinar las posibles propuestas de mejora. A continuación, se realizó un diagrama de Pareto, lo cual ayudó a analizar las etapas que tenían mayor porcentaje de tiempo. Estas actividades fueron todas las que conciernen a la confección de largo de piernas. Asimismo, se empleó un diagrama de operaciones, con la finalidad de identificar las actividades, inspecciones y transportes del proceso, que sirvieron de apoyo en la elaboración del diseño para la simulación en ProModel. Finalmente, se llevó a cabo la simulación del proceso actual teniendo en cuenta los diversos factores que este incluía.

Se simuló una mejora del proceso de confección de pantalones con la finalidad de incrementar la productividad. Para ello, se realizó un balance de línea en donde se aumentó la capacidad de producción de 117 pantalones por día, a 143 pantalones por día. Asimismo, se disminuyó el tiempo de ciclo de 37,5 minutos por pantalón, a 20,20 minutos por pantalón.

En última instancia, se realizó una evaluación costo – beneficio de la propuesta, en la cual se determinó que mensualmente la empresa estaría ganando S/. 52 498.26 mensuales, en comparación con la situación actual de solo S/. 42, 953.04, lo que resulta una diferencia de S/. 9,545.12 mensuales. Asimismo, teniendo en cuenta los egresos mensuales de la propuesta, la empresa, al aplicar la propuesta de mejora, estaría recibiendo como utilidad neta mensual S/. 45 058.16 soles mensuales.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa textil, aplicar el balance de línea para así poder incrementar la productividad y los ingresos, y de esta manera, evitar los altos tiempos de ciclo que pueda tener la confección de los pantalones. Asimismo, se sugiere dar capacitaciones al personal para que tengan en cuenta las actividades que deben realizar cada uno de ellos, con la finalidad de obtener una mejora continua en el sistema de producción.

Referencias

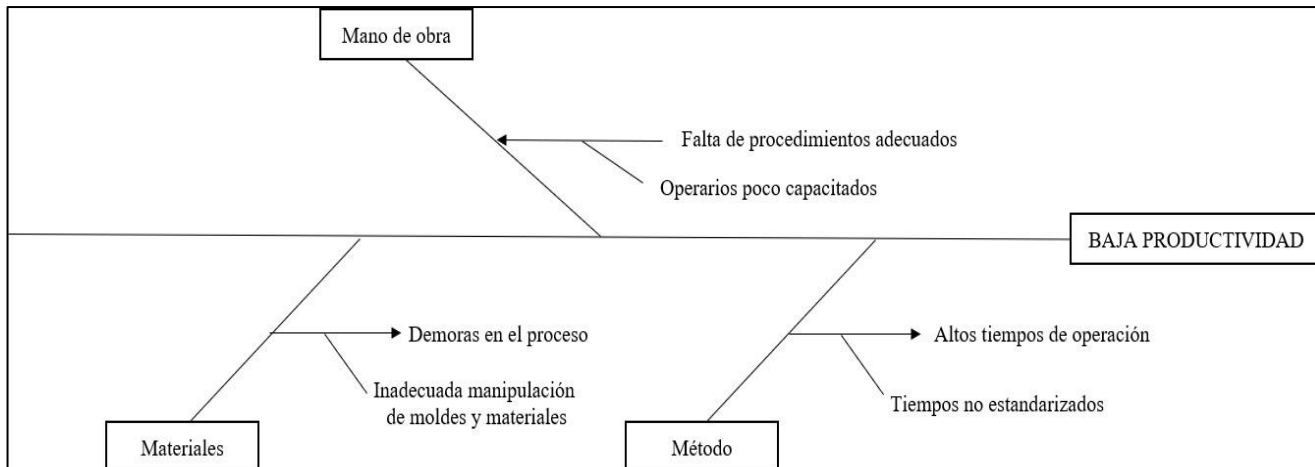
- [1] Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, «Datos y cifras sobre los productos básicos y su comercio,» 2020. [En línea]. Available: <https://unctad.org/es/press-material/datos-y-cifras-sobre-los-productos-basicos-y-su-comercio>.
- [2] Ministerio de la producción, «Ministerio de la producción,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/produce>.
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «INEI,» 2022. [En línea]. Available: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1755/libro.pdf.
- [4] COMEXPERÚ, «EL SECTOR TEXTIL: TERCERO EN EL RANKING DE EXPORTACIONES NO TRADICIONALES DE PERÚ EN 2021,» [En línea]. Available: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/el-sector-textil-tercero-en-el-ranking-de-exportaciones-no-tradicionales-de-peru-en-2021>.
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción nacional,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-produccion-nacional-ene-2021.pdf>.
- [6] Y. Angulo García, A. Angulo García y A. Beltrán Morales, «Improving the efficiency and productivity of a garment company through simulation,» *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, vol. 33, n° 4, pp. 439-456, 2019.
- [7] Q. Gao, . C. Yaru y Y. Yuan, «Simulation-based analysis of production efficiency improvement in garment enterprises,» *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, vol. 4, n° 4, pp. 1-7, 2018.
- [8] A. Cárdenas Valdivia, «Mejora de la productividad en una línea de producción de una empresa de confecciones a través de la simulación,» *Revista de Investigación Académica*, vol. 38, n° 2, pp. 20-34, 2016.
- [9] R. Córdova, J. Vilchez y J. Romero, «"Mejora del proceso de corte en una empresa de confecciones mediante el uso de simulación",» *Revista Científica de la Facultad de Ingeniería Industrial*, vol. 19, n° 1, pp. 54-63, 2016.

- [10] L. Vega , «Mejora de la eficiencia del proceso productivo en una empresa textil peruana a través de la aplicación de Lean Manufacturing y herramientas de simulación.,» *Revista de investigación académica*, vol. 8, n° 1, pp. 1-15, 2016.
- [11] P. Sánchez, F. Ceballos y G. Torres, «Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: modelación y simulación,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 25, n° 2, pp. 137-150, 2015.
- [12] C. Castilla Ormeño, Artist, *Propuesta de optimización a través de simulación para aumentar la productividad del área de corte en una empresa textil*. [Art]. Universidad Tecnológica del Perú, 2020.
- [13] C. M. Aranibar Quiroz, M. I. Mendoza Goytozolo y L. C. Pari Choque, «Mejora del proceso productivo en una empresa textil peruana mediante la simulación y la metodología Lean Six Sigma.,» *Revista Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 6, n° 2, pp. 28-37, 2018.
- [14] F. Vásquez, J. Salazar, G. Vásquez y C. Espinoza , «Mejora del proceso de producción de calzado mediante simulación: caso de estudio en una empresa peruana,» *Revista de Investigación Académica*, vol. 1, n° 52, pp. 1-15, 2019.
- [15] D. Montenegro, «Simulación como herramienta para el diseño de un modelo de producción para la maquila textil,» *Innovare Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 10, n° 1, pp. 19-26, 2021.
- [16] A. López, A. Gonzáles y S. Alcaraz, «Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura,» *Redalyc*, vol. 20, n° 1, pp. 1-9, 2019.
- [17] I. Marmolejo y J. Medina, «ProModel: Una herramienta alternativa al evaluar el rendimiento de la actividad industrial,» *Iberoamerican Journal*, vol. 5, n° 9, pp. 232-250, 2013.
- [18] T. Foltavo, E. De la Hoz y J. Morelos, «LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL,» *Scielo*, vol. 16, n° 1, 2018.
- [19] G. Ramirez Mendez, D. Magaña Medina y N. Ojeda Lopez, «Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica,» *Scielo*, vol. 7, n° 20, pp. 189-208, 2022.

- [20 T. Fontalvo Herrera, E. De la Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, «LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL,» *Scielo*, vol. 15, n° 2, pp. 47-60, 2017.
- [21 D. Peña Orozco, A. Neira García y R. Ruiz Grisales, «Application of line balancing techniques to balance workloads in the storage area of a warehouse storage,» *Scielo*, vol. 21, n° 3, pp. 239-247, 2016.
- [22 P. Sanchez, F. Ceballos y G. Sanchez , «ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CONFECCIONES: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 25, n° 2, pp. 137-150, 2015.
- [23 U. Gómez y O. Gómez , «Modelo de simulación para el proceso de producción en empresas de confección textil,» *Revista S&T*, vol. 11, n° 24, pp. 73-89, 2013.

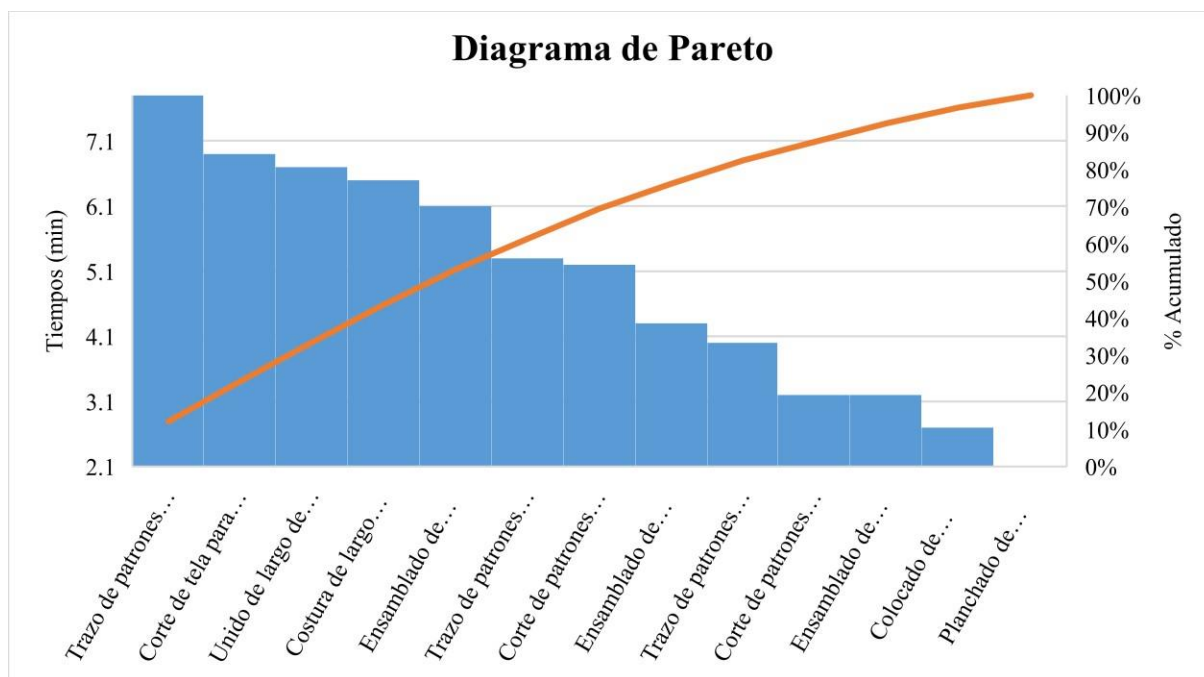
Anexos

Anexo 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Diagrama de Pareto de los tiempos de cada etapa del proceso de confección de pantalones



Fuente: Elaboración Propia