



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO REGIÓN
CARBONÍFERA**

DEPARTAMENTO DE POSGRADO

**“Control de flujo de material en proceso en línea de producción de
costura automotriz mediante Simulación y Metodología Kanban”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ING.JESÚS GUADALUPE BLANCO AGUIRRE

DIRECTOR DE TESIS:

DRA.PERLA MAYARA ALCALÁ GONZÁLEZ.

CO-DIRECTOR DE TESIS:

M.I ABELARDO BUENTELLO DUQUE.

SABINAS, COAHUILA, MÉXICO, FEBRERO 2026



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



Agujita, Coahuila a 12 de febrero de 2026

**DR. LUIS CARLOS LONGARES VIDAL
DIRECTOR GENERAL DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
REGIÓN CARBONÍFERA**

PRESENTE.

En la ciudad de Sabinas, Coahuila, el 12 de febrero de 2026, el que suscribe C. Jesús Guadalupe Blanco Aguirre, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial con número de control 231DM016, adscrito(a) al Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera, manifiesta que es autor(a) intelectual de la presente tesis y cede los derechos del trabajo titulado "Control de flujo de material en proceso en una línea de producción de costura automotriz mediante Simulación y Metodología Kanban" al Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Jesús Guadalupe
Blanco Aguirre

Jesús Guadalupe Blanco Aguirre.

Nombre y firma del estudiante



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

CARTA DE AUTORIZACIÓN Y ORIGINALIDAD



Agujita, Coah., a 12 de febrero de 2026

JEFE(A) DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

La presente es para informarle que el (la) C. Jesús Guadalupe Blanco Aguirre. con
número de control 231DM016 alumno(a) del Programa de Maestría en ingeniería
industrial ha concluido la redacción de su trabajo de **Tesis** titulado:

Control de flujo de material en proceso en una línea de producción de costura
automotriz mediante Simulación y Metodología Kanban

La cual personalmente he revisado su originalidad, por lo que, autorizo su liberación y pido a usted sea tan
amable de asignar los miembros del jurado revisor.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Martha Mavara Alcalá González

Nombre y firma del director(a) de tesis



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

LIBERACIÓN DE TESIS POR EL COMITÉ TUTORIAL



Agujita, Coah., a 11 de febrero de 2026

MAYL. ELSA GEORGINA DE LEÓN TREJO
SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

AT'N.: M.I. ABELARDO BUENTELLO DUQUE
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

De acuerdo a la convocatoria interna de Registro de Propuestas de Proyectos de Investigación realizada por la Subdirección de Posgrado e Investigación a fin de aprobar la sustentación de **Tesis** titulada:

“Control de flujo de material en proceso en una línea de producción de costura automotriz mediante Simulación y Metodología Kanban”

Presentado por el(la) pasante C. **Jesús Guadalupe Blanco Aguirre** con número de control **231DM016** alumno(a) del Programa de **Maestría en Ingeniería Industrial** que ofrece nuestro Instituto.

Hacemos de su conocimiento que éste jurado ha tenido a bien autorizar la sustentación de dicha tesis para los efectos consiguientes.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Dra. Perla Mayara Alcalá González
Presidente

M.I. Abelardo Buentello Duque
Secretario

M.C. Juan Carlos Sifuentes García
Vocal

Dr. Hugo Alfredo Carrillo Serrano
Vocal suplente



Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo constante y ejemplo de vida, pilares fundamentales para alcanzar este logro, enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia. Esta meta alcanzada es también suya.

Agradecimientos

A mis asesores.

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas y colegas que contribuyeron con su apoyo durante el desarrollo de la presente investigación y la elaboración de este trabajo. En primer término, manifiesto mi gratitud a mi asesora de tesis, Dra. Perla Mayara Alcalá González, así como a mi codirector, M.I. Abelardo Buentello Duque, por su invaluable orientación académica. De igual manera, agradezco a la Dra. Cinthya Guerrero Bermea y al M.P. César Blanco Aguirre, quienes me brindaron sus valiosos consejos y acompañamiento en los distintos momentos de este proceso.

A la institución.

Al Tecnológico Nacional de México, campus Región Carbonífera, en Sabinas, Coahuila, por ser la máxima casa de estudios en la región y una institución de gran prestigio, que me otorgó el privilegio de formar parte de su comunidad de posgrado. Su compromiso con la excelencia académica y el impulso al desarrollo profesional hicieron posible que este sueño se materializara.

A mis compañeros.

A todos mis compañeros de posgrado y amigos, quienes con generosidad y desinterés me brindaron, su apoyo incondicional. Les expreso un profundo agradecimiento por su ayuda y buena voluntad, pues compartir y culminar juntos este camino académico ha sido una experiencia invaluable que no habría sido igual sin su compañía.

Contenido

Resumen.....	ix
Capítulo 1. Introducción.....	11
1.1 Introducción.	11
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Planteamiento del problema.	15
1.4 Objetivos de la investigación.	16
1.4.1 Objetivo general.	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
1.5 Hipótesis.....	17
1.5.1 Operacionalización de las variables.....	17
1.6 Justificación.	17
1.7 Alcances y limitaciones.....	18
Capítulo 2. Marco Teórico.	19
2.1 La industria Automotriz.....	19
2.1.1 Del Tratado de libre comercio de América del Norte (TLCAN) al (TMEC).	19
2.1.2 Historia de la máquina de costura.....	20
2.1.3 Proceso de costura.	21
2.1.3.1 Patronaje.	21
2.1.3.2 Proceso de Corte.	22
2.1.3.3 Tipos de extendido de la tela.	22
2.1.3.4 Extendido de tela manual.	22

2.1.3.5 Extendido con carro.....	22
2.1.3.6 Corte por presión.	23
2.1.3.7 El sistema de corte asistido por computadora.	23
2.4 Lean Manufacturing.	25
2.4.1 Los pilares del Lean Manufacturing.	25
2.5 Las 5S	26
2.6 El Sistema Kanban.	28
2.6.1 Tipos de Kanban.	29
2.7 Simulación	31
2.7.1 Simulador ProModel.	31
2.8 Desperdicios o mudas.	32
Capítulo 3 Metodología.	35
3.1 Enfoque de la investigación.	35
3.1.2 Tipos de investigación.	35
3.1.3 Nivel de la investigación.	35
3.1.4 Diseño de la investigación.	36
3.2. Población y Muestra.	36
3.2.1. Población.	36
3.2.2 Estimación de la muestra.....	36
3.3 Desarrollo Metodológico.	37
3.4 Diagrama de flujo del proceso.	39
3.5 Diagrama de flujo de operaciones.....	41
3.6 Instrumento de recolección de datos	42

3.6.1 Instrumento.....	42
3.7 Diseño de tarjetas Kanban.....	44
3.8 Monitoreo de la producción en tiempo real.	54
Capítulo 4. Resultados	55
4.1 Modelo de Simulación de línea de Producción.	55
4.2 Identificar variables para la metodología KANBAN.	57
4.3 Tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en proceso.	68
4.4 Diseñar mejoras y realizar un modelo de simulación.	72
4.5 Simulación en Google Colab.	80
CAPITULO 5. Conclusiones.	83
5.1 Conclusiones y de la Propuesta de mejora con Kanban, SMED y simulación.	83
5.2 Recomendaciones.	87

Índice de tablas.

Tabla 1 T students para muestras independientes.	58
Tabla 2 Estadísticos de Grupos	59
Tabla 3 Prueba de Normalidad	60
Tabla 4 Pruebas de Muestras Independientes.....	60
Tabla 5 Tiempo Reducido para Máquina de Costura.....	66
Tabla 6 Costo de ahorro anual.....	67
Tabla 7 Estadísticas de Muestras Emparejadas.....	70
Tabla 8 Prueba de Normalidad	70
Tabla 9 Prueba de muestras emparejadas.....	71
Tabla 10 Tiempo de Set Up	73
Tabla 11 Comparativo de Set Up	79

Índice de figuras.

Figura 1 Extendido de carros.....	22
Figura 2 Corte por presión	23
Figura 3 Corte asistido por computadora	23
Figura 4 Conociendo la industria textil y de la confección.	24
Figura 5 Plan de mejora kanban.....	38
Figura 6 Diagrama de flujo de proceso línea de producción.	40
Figura 7 <i>Diagrama de flujo de operaciones de la línea.</i>	41
Figura 8 Tarjeta Kanban	44
Figura 9 Tarjeta Kanban	45
Figura 10 Tarjeta Kanban	45
Figura 11 Tarjeta Kanban	46
Figura 12 Tarjeta Kanban	46
Figura 13 Tarjeta Kanban	47
Figura 14 Tarjeta Kanban	47
Figura 15 Tarjeta Kanban	48
Figura 16 Tarjeta Kanban	48
Figura 17 Tarjeta Kanban	49
Figura 18 Tarjeta Kanban	50
Figura 19 Tarjeta Kanban	50
Figura 20 Tarjeta Kanban	51
Figura 21 Tarjeta Kanban	51
Figura 22 Tarjeta Kanban	52
Figura 23 Tarjeta Kanban	52

Figura 24 Tarjeta Kanban	53
Figura 25 Tarjeta Kanban	53
Figura 26 Contador manual.....	54
Figura 27 <i>Tabla Pieza por Hora</i>	54
Figura 28 Modelo de simulación línea de producción	55
Figura 29 <i>Estadísticos de Resultados</i>	56
Figura 30 <i>Grafica de Valores de Tiempo de Espera vs Turno</i>	57
Figura 31 <i>Gráfica De Distribución T</i>	58
Figura 32 Sistema Andón Actual	61
Figura 33 Sistema Andón Propuesto	62
Figura 34 <i>Diagrama de Flujo para Aplicación de Herramientas SMED</i>	63
Figura 35 Clasificación de Actividades.....	64
Figura 36 Clasificación de Actividades Internas y Externa	65
Figura 37 <i>Prueba T para muestras Emparejadas.</i>	68
Figura 38 <i>Gráfica de Caja de Cambios Herramental</i>	69
Figura 39 Grafica de Distribución T	69
Figura 40 <i>Modelo de Simulación Línea de Producción con Set up</i>	72
Figura 41 <i>Antes de SMED (Situación Mejorada).</i>	74
Figura 42 <i>Después de SMED (Situación Actual)</i>	74
Figura 43 <i>Antes de SMED (Capacidad de las máquinas)</i>	75
Figura 44 <i>Después de SMED (Capacidad de las máquinas)</i>	76
Figura 45 <i>Antes de SMED (Utilización de la localización)</i>	77
Figura 46 <i>Después de SMED (Utilización de la localización)</i>	78
Figura 47 Métricas de SMED	79
Figura 48 Simulación y comparación de tiempos de set up con y sin mejora en máquinas críticas.....	81
Figura 49 Análisis comparativo de tiempos set up antes y después mejora en cuatro máquinas críticas. ..	82

Resumen.

Esta investigación abordó el tema de control de flujo de material en proceso en una línea de producción de costura automotriz mediante simulación y metodología Kanban.

En el proceso de costura de la presente investigación se enfrentó diariamente a la pérdida de material debido a re trabajos. No se disponía de una metodología de trabajo que permita controlar el flujo de material en proceso, dentro de las diferentes operaciones del área de manufactura.

Se diseñó un plan de mejora proponiendo la metodología Kanban, SMED, y complementando con una herramienta de simulación para conocer el flujo de material en línea de producción.

Se planteó una metodología con enfoque aplicado, se realizó un estudio longitudinal. Se utilizó la prueba paramétrica T students para muestras relacionadas. Adicional se realizó un estudio transversal y se obtuvieron datos de 2 muestras independientes. Se utilizó la prueba paramétrica T students para muestras independientes.

La aplicación de SMED permitió reducir los tiempos de preparación de máquinas, disminuir inventarios en proceso y aumentar el tiempo productivo, eliminando actividades innecesarias. Así mismo, la metodología 5S, fortaleció la limpieza y el orden, favoreciendo la eficiencia operativa.

El modelo de simulación, representó el flujo de dos productos a través de cuatro máquinas, lo que permitió evaluar los escenarios propuestos. Los resultados muestran beneficios significativos: reducción de tiempos de *set up*, incremento de la capacidad productiva y disminución del costo anual asociado al cambio de herramental.

Palabras claves: Kanban, SMED, 5S, Simulación.

Abstract

This research addressed the control of material flow in process within an automotive sewing production line through simulation and the Kanban methodology. In the sewing process analyzed, daily challenges were faced due to material losses caused by rework, and there was no work methodology in place to properly control the flow of material across the different operations in the manufacturing area.

An improvement plan was designed by proposing the implementation of Kanban and SMED, complemented by a simulation tool to analyze the material flow in the production line. The methodology had an applied focus: a longitudinal study was carried out using the parametric Student's *t*-test for related samples. In addition, a cross-sectional study was conducted with data obtained from two independent samples, analyzed using the Student's *t*-test for independent samples.

The application of SMED enabled the reduction of machine setup times, the decrease of work-in-process inventories, and the increase of productive time by eliminating unnecessary activities. Likewise, the 5S methodology reinforced cleanliness and order, thereby improving operational efficiency.

The simulation model represented the flow of two products through four machines, allowing the evaluation of the proposed scenarios. The results show significant benefits: reduction of setup times, increase in production capacity, and decrease in annual costs associated with tooling changeovers. **Keywords:** Kanban, SMED, 5S, Simulation.

Capítulo 1. Introducción.

1.1 Introducción.

La producción ajustada es el nombre que se le da al sistema justo a tiempo (JIT) en Occidente también llamado Sistema de Producción de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota. La manufactura esbelta se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificar y eliminar desperdicios o excesos, incluidas actividades redundantes que no agregan valor al proceso (Soccini, 2019).

En los mercados actuales los clientes y los consumidores requieren soluciones cada vez más ágiles a sus necesidades, el mercado cada vez está menos dispuesto a esperar.

Lean Manufacturing ha identificado una serie de desperdicios como descomposturas en las máquinas, como esperas o errores en la planificación, en la producción, producción en lotes grandes, y los largos tiempos de respuesta serán una evidencia clara de la presencia de otro tipo de problemas recurrentes.

Afirma Clery Aguirre, “es muy importante que los trabajadores sepan qué están produciendo, qué características lleva, así como qué van a producir después y qué características tendrá” (2009, p. 4).

De acuerdo con Clery Aguirre, “la etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios, y como transportarlo” (2009, p. 6).

Zorrilla et ál. (2023) Describen que, “en una empresa de productos automotriz, se implementó el sistema Kanban, con el objetivo de agilizar el proceso y facilitar el manejo del herramental en el montaje de 55 modelos distintos de productos”. La simulación reproduce escenarios virtuales para encontrar soluciones o mejoras dentro de un proceso, puede predecir el comportamiento de un sistema de manufactura ayudando en la optimización del mismo. Actualmente, en una empresa de costura no se

cuenta con una metodología de trabajo que ayude a controlar el flujo de material en las diferentes operaciones en el área de manufactura. Se propone realizar una simulación para implementar la metodología Kanban, considerando cada una de las presentaciones del producto, de manera que los operarios puedan identificar con claridad el tipo de material a coser.

El tipo de investigación que se realiza en este proyecto es una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo. El alcance de la investigación es descriptivo, correlacional.

Se ha decidido aplicar la metodología Kanban y la simulación para facilitar la correcta identificación de los materiales en sus diferentes presentaciones, piel, vinil y tela, incluyendo aquellas con diseño estampado.

1.2 Antecedentes.

En 1894 nació la historia de Toyota, empieza con Sakichi Toyoda, inventor y pensador japonés nacido en 1867 cerca de la ciudad de Nagoya, Japón. Hubo un invento destacado que realizó que consistía en un dispositivo que hacía que el telar se detuviera si un hilo se rompía, este invento lleva por nombre Jidoka; automatización con efecto humano.

Su hijo Kiichiro Toyada quien empezaría a trabajar en la fábrica de Sakichi. Toyada Works, en 1924, Kiichiro completo el diseño de la máquina de hilados tipo G, que podía trabajar varios turnos sin interrupción.

En 1929, Kiichiro viajó a Inglaterra para negociar la venta de las patentes de su invento a prueba de errores, con este capital inicio la Toyota Motor Corporation, en 1933.

León-Duarte (2023) en el artículo: Implementación de Kanban para incrementar la efectividad de un almacén tipo supermercado en una empresa manufacturera.

Este estudio presenta el desarrollo de un programa para almacén tipo supermercado que apoya el suministro de materiales en una empresa manufacturera ubicada en el noroeste de México. Se aplica la herramienta Kanban para alcanzar y mejorar la distribución, organización y determinación de los puntos de reabastecimiento del proceso de producción. Se sigue una metodología de cinco pasos y se seleccionan 70 materiales para su almacenamiento y actualización de niveles de inventario en el sistema de gestión del almacén. Los resultados muestran un incremento del 33.53% en el cumplimiento del métrico de entrega general y del 5.49% en el aprovechamiento del supermercado. Se concluye que el desarrollo del programa de actualización del sistema de supermercado mejora la eficiencia del suministro de materiales, al lograr un incremento del cumplimiento del tiempo objetivo de entrega y la participación del supermercado en el suministro.

Triana (2020) escribe en su trabajo: *“Diseño de surtimiento de materiales mediante tarjetas Kanban y simulación de eventos discretos”*.

El actual trabajo presenta el análisis de un sistema de producción de pistones con la finalidad de mostrar cómo reducir el trabajo en proceso por medio de un sistema de tarjetas Kanban y escenarios de simulación con el software ProModel. Se representaron dos modelos de simulación: un sistema preliminar y un sistema Kanban. Los resultados mostraron que la correcta aplicación de la metodología de los sistemas de tarjetas permite reducir la cantidad de producto en proceso.

En la investigación Bach Abad & Bach Atuncar (2021) se implementó Lean Manufacturing en una empresa de costura textil. Buscó incrementar la productividad en el cual usó herramientas SMED, flujo continuo y Poka Yoke.

Con el primero se alcanzó a disminuir el tiempo previo al arranque del proceso de costura, tras la implementación de controles de mantenimiento y buenas prácticas de manufactura, disminuyendo los tiempos de preparación de máquinas y equipos. Mediante el segundo, se obtuvo que el proceso de producción sea eficiente, alimentando constantemente cada puesto de trabajo con carga oportunamente, generando la disminución del tiempo de espera para la producción. Con el uso del tercero, se realizó una verificación total del proceso antes que se genere algún error, beneficiando la calidad en el área de trabajo, evitar accidentes, reducir acciones que se necesita de inspección y brindar instrucción a los operarios, reduciendo el nivel de reprocesos de prendas.

De acuerdo con Doral Yagüe (2023) , el sistema Kanban, su objetivo es disminuir el trabajo en curso y mejorar los procesos de una fábrica. Este trabajo estudia todo tipo de herramientas (metaheurísticas, métodos matemáticos), para obtener el número óptimo de tarjetas Kanban. Además, se ha desarrollado en Microsoft Excel una simulación de una línea de producción. Para comprobar de cómo puede influir el número de tarjetas.

Afirma Huerta (2020), en su artículo, la aplicación de Lean Manufacturing a una planta ensambladora de autos. La investigación es aplicada, busca resolver uno o varios problemas usando conocimientos ya probados, técnicas y métodos de propósitos específicos.

Como primer paso se determinó el estado en el cual se encontraba el sistema. En el cual se encontró que los paros de línea al mes estaban en promedio en los 370 minutos, además de 1600 metros por cada ciclo de recorrido de los carros secuenciadores que alimentan de materiales a líneas de ensamble. Se fijó como medida un proveedor para el secuenciador de materiales a proveer a la línea de producción, se le destinó un lugar dentro de las instalaciones de la planta. Lo cual se reducirían los recorridos de las secuencias evitando menos paros de línea. El siguiente paso fue analizar el volumen anual de las veinte familias de partes, así como determinar el modelo del vehículo en que se ensamblaría, cuantas se llevaría por carro y cuál sería el número total por cada familia.

El impacto más significativo fue el referido a la mano de obra con un subtotal de 564,000 dólares; seguido del inventario, con el cual se obtuvo ahorro hasta de 383,751 dólares, se obtuvo una reducción hasta del 50% de recorrido del almacén a la línea de producción. De 1600 a 800 metros.

1.3 Planteamiento del problema.

Según Buzón (2019), las empresas están afrontando una serie de exigencias por los propios clientes, los cuales son mayor calidad de los productos, exigencia de una variedad cada vez mayor, menores plazos de entrega y precios cada vez menores (p.9).

En un proceso de costura, se enfrenta diariamente a la pérdida de material debido a re trabajos.

Durante un mes de observación, se cuantificó una pérdida promedio de \$2,389 USD, lo que además ocasionó demoras en los procesos, resultando retrasos en los embarques y el incumplimiento del indicador de entregas a tiempo. Actualmente, no se cuenta con una metodología de trabajo que permita controlar eficazmente el flujo de material en proceso dentro de las diferentes operaciones del área de manufactura.

La pregunta de investigación que se planteó en este proyecto es: ¿En qué medida la metodología Kanban, SMED y la simulación controlará el inventario en proceso, en la línea de producción?

Pregunta para la cual se estableció la siguiente hipótesis un plan de mejora basado en las metodologías Kanban y SMED, realizado en una herramienta de simulación, permitirá optimizar el flujo de material en producción, reduciendo los tiempos de espera, el desperdicio de material y los tiempos de cambio de herramental, lo que resultará en una mayor eficiencia operativa en la fabricación de cubiertas para asientos automotrices.

Se propone realizar una simulación para implementar la metodología Kanban, en cada una de las presentaciones del producto y se coloque en operaciones claves del proceso, esto permitirá que los operarios identifiquen fácilmente el tipo de material a coser.

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un plan de mejora implementado la metodología Kanban, SMED y complementando con una herramienta de simulación para optimizar el flujo de material en producción dentro una empresa de costura de cubiertas para asientos automotriz.

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Definir el mapa de flujo de las operaciones.
2. Clasificar las diferentes presentaciones de producto con tarjetas Kanban.
3. Identificar variables para la metodología Kanban para optimizar el control de flujo de materiales en el proceso productivo.
4. Diseñar mejoras.
5. Realizar un modelo de simulación para analizar el manejo de materiales y justificar la metodología a implementar.

1.5 Hipótesis.

La implementación de un plan de mejora basado en las metodologías Kanban y SMED, realizado en una herramienta de simulación, permitirá optimizar el flujo de material en producción, reduciendo los tiempos de espera, el desperdicio de material y los tiempos de cambio de herramental, lo que resultará en una mayor eficiencia operativa en la fabricación de cubiertas para asientos automotrices.

1.5.1 Operacionalización de las variables.

Desde el inicio de la idea para el tema de investigación para la tesis, así como al plantear el problema, adquiere importancia las variables que guiarán al investigador hacia los resultados. “Mientras que operacionalizar una variable significa traducir la variable a indicadores, es decir, traducir los conceptos hipotéticos a unidades de medición” (Bernal, 2016)

Además, se estudió la variable tiempo de espera por surtimiento de material, tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso.

1.6 Justificación.

Este proyecto eliminará la mezcla de material entre las operaciones al tener la cantidad óptima de tarjetas en circulación, se tendrá un flujo de trabajo lo más eficiente posible.

El proyecto va a ser una fuente de información para que la empresa pueda resolver el defecto crítico material mezclado en otras líneas de producción.

El operador de producción obtendrá beneficio de este proyecto, la tarjeta Kanban le brindará la información necesaria para evitar re-trabajos, tiempos muertos, material mezclado.

El objetivo de toda empresa es la satisfacción del cliente. Este proyecto mejorará la satisfacción del cliente al asegurar que no exista material mezclado en el producto terminado, garantizando la calidad

en cada entrega. Asimismo, generará un impacto económico positivo dentro de la organización, ya que permitirá reducir los costos asociados a re-trabajos y a los defectos ocasionados por la mezcla de materiales. Dicho ahorro no solo incrementará las utilidades, sino que también fortalecerá la competitividad de la empresa en el mercado, al optimizar sus recursos y elevar la eficiencia en los procesos productivos.

1.7 Alcances y limitaciones.

El tipo de investigación que se realiza en este proyecto es una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo. El alcance de la investigación es descriptivo, correlacional.

Se obtendrán métricas de comparación como son: el inventario en proceso, tiempos en espera, por surtimiento de materiales. Este proyecto se limita a línea de producción.

Capítulo 2. Marco Teórico.

2.1 La industria Automotriz.

Se trata del negocio relacionado con el diseño, la fabricación y ventas de vehículos automotores. Se considera que el primer automóvil con motor de combustión interna fue creado por Karl Benz. Empezó a producirse en 1886. Este vehículo sentó los cimientos de la industria automotriz (Pérez, 2021).

Por otra parte, Chirchiglia (2023) afirma “una industria se conforma de agrupaciones empresariales que en este caso están relacionadas con el trabajo con fines automotrices y al desarrollo manufacturero de diversas áreas automotrices”.

Después de la Primera Guerra Mundial, Henry Ford y Alfred Sloan de General Motors desplazaron la producción artesanal de automóviles que se encontraba el mundo, a dar paso a la producción en masa.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyada y Taiichi Ohno, de la Toyota Motor Company de Japón, fueron pioneros en el concepto de producción *lean* (Womack et ál., 2017).

El sector abarca empresas relacionadas con el diseño, fabricación de componentes, ensamblaje y venta de automóviles, por lo que involucra diferentes tipos de ingeniería y sus respectivas especialidades. Sus principales cualidades son la alta cantidad de inversión de capital que necesita para funcionar su fácil flexibilidad a las innovaciones tecnológicas.

2.1.1 La restructuración de Norteamérica a través del libre comercio. Del Tratado de libre comercio de América del Norte (TLCAN) al tratado México, Estados Unidos y Canadá (TMEC).

Durante la campaña presidencial de 2016, el candidato por el partido republicano Donald Trump calificó que el TLCAN es el peor acuerdo comercial negociado por Estados Unidos.

Tras su elección en mayo 2017, informó al congreso de su país su interés por renegociar el TLCAN. Después de numerosas rondas de negociaciones el 30 de noviembre de 2018. México, Estados Unidos y Canadá negociaron un nuevo acuerdo comercial (TMEC) (Contreras et ál., 2020).

El principal impacto del TLCAN es que ha permitido la consolidación de un grupo de cadenas de valor que han generado ganancias netas para los tres países.

Además, Porter (2015) afirma “la cadena de valor son actividades mediante las cuales se crea un producto útil para los compradores, que es el valor total”. El margen es la diferencia entre el valor total y el costo de efectuarlo. Es decir, divide a una empresa en actividades las cuales son diseñar, producir, comercializar y distribuir sus bienes.

Por lo que se refiere al caso de la industria automotriz, fue uno de los más crítico, en las negociaciones acusa de las presiones de estados unidos por cambiar las reglas de origen y reducir la brecha salarial de México con respecto a sus dos socios comerciales (Contreras et ál., 2020).

2.1.2 Historia de la máquina de costura.

La máquina de coser es una máquina utilizada para coser tela y otros materiales fueron inventadas para disminuir el trabajo de costura en las empresas textiles durante la primera revolución industrial (Díaz, 2020). La máquina de coser fue inventada por el inglés Thomas Saint, quien la patentó en 1790. Sin embargo, la primera máquina de coser práctica se desarrolló en 1846, por el estadounidense Elias Howe e Isaac Singer. Las primeras máquinas dependían de una aguja con un ojo cerca del extremo que podía pasar a través de un carrete de hilo a través de la tela sin necesidad de introducir la aguja por completo (Nayak & Padhye, 2015).

2.1.3 Proceso de costura.

La costura se puede definir como “el arte y oficio de sujetar objetos mediante puntadas, usando aguja e hilo. Se considera una de las artes más antiguas y se inició en el Paleolítico” (Nayak & Padhye, 2015).

Con relación al proceso de costura de cubiertas de asientos automotriz, el material pasa por diferentes operaciones hasta transformarse en producto terminado. Empieza en inspección recibo liberado por un inspector de calidad. A su vez, el material pasa al departamento de corte, dentro de los cuales hay diferentes tipos de procesos de extender el material: extendido de tela manual y extendido con carro, adicional hay otras técnicas las cuales son corte por presión, sistema de corte asistido por computadora.

Hay que mencionar que, al pasar por las máquinas de corte, se toma el material de los carros de extendido, se almacena en contenedor de 120 piezas y posteriormente se inspecciona por el auditor de calidad.

Habría que decir también, el material se envía a la línea de ensamble donde se transforma como producto terminado y se inspecciona por dos inspectores de calidad que se encuentran al final de la línea de producción: el Inspector de mesa y el inspector de fixtura, quienes verifican que los retenedores plásticos maquilados en la cubierta estén completos.

Finalmente, liberado la cubierta de asiento, se coloca en contenedores de 60 piezas y se envía al área de embarques.

2.1.3.1 Patronaje.

Consiste en desglosar por piezas separadas las diferentes áreas que lo formen, de forma que la unión de todas las piezas en un orden predeterminado produzca como resultado el modelo que corresponda con el diseño del modelo propuesto. A cada una de estas piezas, dibujadas sobre papel, se

le conoce como patrón de la pieza, y al conjunto de todas ellas patrón del modelo (Innovación y calificación, 2018).

2.1.3.2 Proceso de Corte.

El proceso de corte utiliza patrones creados en equipos informáticos, a través del cual se garantiza consumo óptimo de tela.

2.1.3.3 Tipos de extendido de la tela.

El extendido de tela consiste en el estirado de tela sobre la mesa de extendido, esta puede ser manual o asistida.

2.1.3.4 Extendido de tela manual.

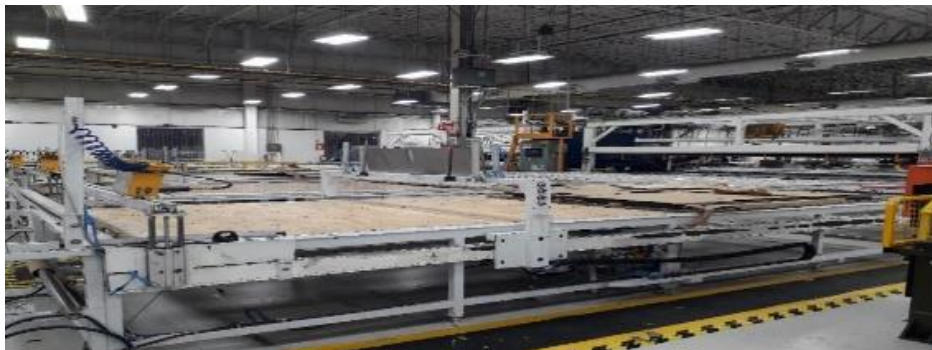
La pieza de tejido se hace rodar sobre la mesa, quedando está extendida sin tensión y en su dimensión natural. La pieza está sujeta en el extremo de la mesa en una barra a modo de eje horizontal sobre soportes.

2.1.3.5 Extendido con carro.

El carro entendedor deslizante está situado sobre una mesa de corte continua, el cual extiende sucesivas capas de tejido. Fig.1

Figura 1

Extendido de carros



Nota. Fuente la organización.

2.1.3.6 Corte por presión.

Este sistema de corte utiliza el uso de una prensa y troqueles con la forma de los patrones. Actualmente, se han utilizado las distintas técnicas y se han informatizado, obteniéndose de esta forma diversos métodos. Fig.2

Figura 2
Corte por presión.



Nota. Fuente la organización.

2.1.3.7 El sistema de corte asistido por computadora.

Consiste en un ordenador, mesa de corte y cabezal de corte, puede ser de dos tipos de cuchilla y corte por rayo láser. Como lo representa la fig.3

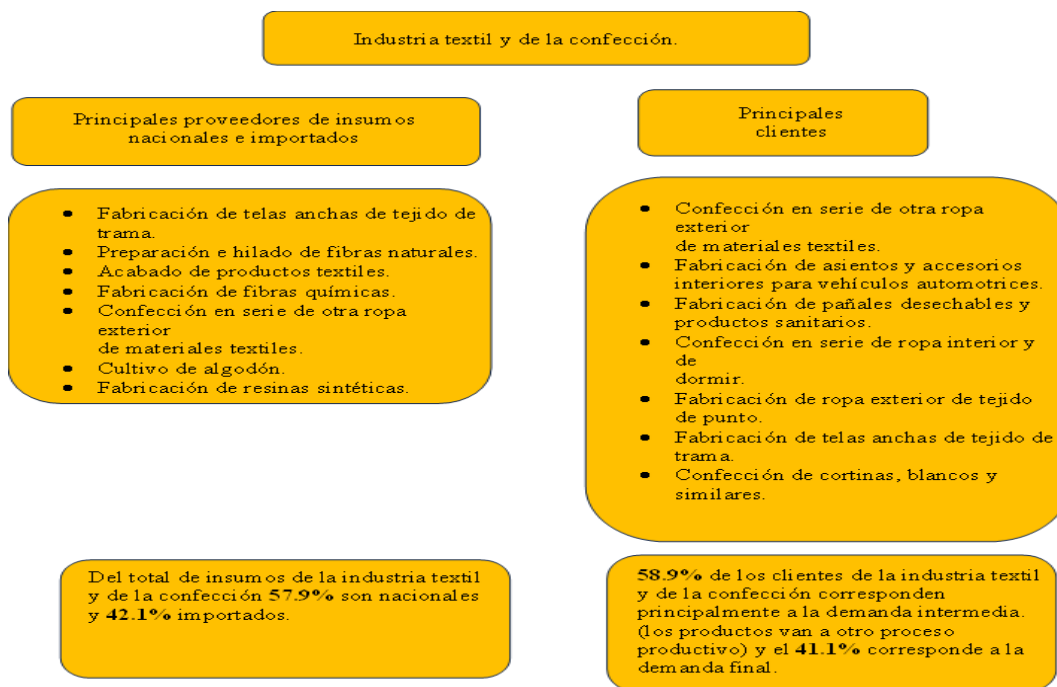
Figura 3
Corte asistido por computadora



Nota. Fuente la organización.

Con respecto a (INEGI, 2020) la industria textil y la confección generó un valor de PIB de 133,028 millones de pesos durante enero y septiembre de 2019, aportando 40.3% la industria textil y 59.7% la industria de la confección. Por lo que se refiere a las actividades ligadas a la industria textil y de la confección (INEGI, 2020) brinda la información en fig. 4. De los principales proveedores de insumos nacionales e internacionales que necesita la industria textil y de la confección para transformar en proceso productivo.

Figura 4
Conociendo la industria textil y de la confección.



Nota. Fuente INEGI 2020

La columna de lado izquierdo muestra los insumos que requieren la industria textil y de la confección para ser transformados en el proceso productivo y la columna del lado derecho los principales clientes.

2.4 Lean Manufacturing.

Lean se originó en la industria del automóvil en Toyota entre los años 1950 y 1963. En ese momento, Japón era un país de posguerra con pocos recursos. Desde entonces, el mercado demandaba una amplia gama de automóviles y Toyota tuvo que producir muy pocas unidades de cada tipo de vehículo. Como Japón es un país pequeño, el espacio disponible es limitado.

Además, lean Manufacturing es una filosofía que se enfoca en la eliminación de todos los desperdicios, reduciendo los tiempos entre el pedido del cliente y el envío del producto. (Buzón, 2019).

Finalmente, lean es una palabra inglesa que se puede traducir como esbelto o escaso, pero cuando se utiliza a un sistema productivo, significa ágil, flexible y adaptable a las necesidades del cliente. (Rajadell, Lean manufacturing herramientas para producir mejor, 2021)

2.4.1 Los pilares del Lean Manufacturing.

Afirma Rajadell & Sánchez (2010): la implementación de lean Manufacturing exige el conocimiento de herramientas y técnicas con el objetivo de alcanzar la rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes. Menciona los pilares de lean Manufacturing son: la filosofía de mejora continua, kaizen control total de la calidad, el justo a tiempo (p.11).

Primer pilar: Kaizen la mejora Kaizen consiste en una acumulación continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados. Comprende tres componentes esenciales, descubrir problemas, hallar soluciones creativas, finalmente escoge la mejor propuesta y la lleva a la práctica para alcanzar un determinado efecto (Rajadell & Sánchez, Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad, 2010).

Segundo pilar: el control total de la calidad.

Según Ishikawa el Control Total de la Calidad presenta tres características básicas:

Todos los departamentos participan del control de la calidad, durante la fabricación reduce los costos de producción y los defectos. Se incluyen en el control total de la calidad a proveedores, distribuidores. El control de la calidad se encuentra integrado con las otras funciones de la empresa. (Rajadell, Lean manufacturing herramientas para producir mejor, 2021)

Tercer pilar: el just in time. Fue desarrollado por Taiichi Ohno, con el objetivo disminuir los costos a través de todo aquello que no añade valor, como por ejemplo las sobre producciones, la existencia de stock, el transporte de materiales, el tiempo de fabricación de productos defectuosos, la preparación de la maquinaria (Rajadell, Lean Manufacturing herramientas para producir mejor, 2021).

Si no también, el objetivo de este tipo de fabricación es producir lo que se necesita cuando se necesita. La producción es jalada por la estación de trabajo anterior para que cada estación de trabajo produzca solo la cantidad requerida.

Para fabricar los productos en las cantidades requeridas, los sistemas de producción *pull* utilizan tarjetas Kanban como sistema de información y control, con el fin de conseguir un flujo continuo de producción (Rajadell, Lean manufacturing herramientas para producir mejor, 2021).

2.5 Las 5S

Las 5 s “es un programa de trabajo que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de las personas y equipos y la productividad” (Rey, 2005).

De la misma forma, las 5 s “es una técnica de la manufactura esbelta que elimina los residuos del ambiente laboral a través de una mejor organización del lugar de trabajo, limpieza general y efectiva” (Asefeso, 2012).

Seiri: organizar y seleccionar se trata de organizar todo, separar lo que sirve de lo que no sirve y clasificar este último.

Además, Rajadell & Sánchez (2010) define a seiri “como clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza” (p. 50).

Seiton: ordenar, los elementos necesarios en el lugar de trabajo, establecer normas de orden para cada cosa de tal forma que sean accesibles para su uso.

Cabe destacar Rajadell & Sánchez (2010) afirma que “organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se puedan encontrar con facilidad se ha de definir el lugar de ubicación de estos elementos e identificarlos para facilitar la búsqueda y el retorno a su ubicación” (p. 54).

Seiso: “significa limpiar y sanear el entorno para sanear el entorno para anticiparse a los problemas” (Aldavert et ál., 2018, p 18).

Seiketsu: “la estandarización fija los lugares donde deben estar las cosas y donde deben desarrollarse las actividades, sigue un procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores primordiales”. (Rajadell & Sánchez, Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad, 2010)

Shitsuke: “dinamiza la auditoria de seguimiento y consolida el hábito de la mejora continua” (Aldavert et ál., 2018, p 18).

Se puede señalar las ventajas que nos pueden dar la aplicación de la 5 s. De acuerdo con (Rajadell & Sánchez, Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad, 2010).

Trabajo en equipo permite involucrar a los trabajadores desde la experiencia en su puesto de trabajo.

Una **mayor productividad** que se traduce en menos productos defectuosos, menos averías y menos accidentes, menor nivel de inventarios, menor tiempo para el cambio de herramientas.

Mediante la organización, el orden y la limpieza logramos un mejor lugar de trabajo, ya que logramos mejor imagen ante nuestros clientes, mayor cooperación y trabajo en equipo.

2.6 El Sistema Kanban.

La palabra japonesa Kanban significa tarjeta o etiqueta de instrucción. Se emplea para autorizar un movimiento de materiales de un área a otra.

Es necesario saber el sistema Kanban actúa bajo la filosofía justo a tiempo: “con el justo a tiempo se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso” (Cuatrecasas, 2012).

Para fabricar los productos en las cantidades requeridas y en el momento adecuado los sistemas de producción *pull* utilizan tarjetas Kanban como sistema de información y control basado en que cada proceso retira la pieza del proceso anterior en instante en la que la va necesitando (Rajadell, Lean manufacturing herramientas para producir mejor, 2021).

“El Kanban es un sistema de transmisión de órdenes de producción y órdenes de recogida de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción correspondientes dentro de un proceso productivo, en la clase, cantidad y momento que se precisan” (Cuatrecasas, 2012).

Las tarjetas Kanban “pretenden ser usadas en la cantidad mínima posible para poder reducir varios tipos de desperdicios. Kanban basa su procesamiento en el sistema jalar que especifica que los materiales se “extraen” conforme al pedido” (Triana, 2020).

2.6.1 Tipos de Kanban.

“Se utilizan 2 tipos de Kanban: el Kanban de transporte y el Kanban de producción.

El Kanban de transporte indica el tipo y la cantidad de producto a retirar del proceso anterior.

Mientras el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar”. (Velasco & Campins, 2013).

Para conseguir el propósito de la producción Kanban debe cumplir las siguientes normas (Velasco & Campins, 2013)

El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas y en el momento oportuno.

El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Nunca deben pasar al proceso siguiente los productos defectuosos.

El número de Kanban debe de minimizarse.

El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Cálculo para el sistema Kanban. Al configurar un sistema de gestión Kanban es necesario saber cuántas tarjetas se necesitan. Cada contenedor representa la cantidad mínima a entregar, por lo tanto, el número de contenedores controla la cantidad de inventario en proceso.

Piezas por Kanban = $D \times TE \times U \times \% VD$

Donde:

D= Demanda semanal.

TE=Tiempo de entrega en semanas.

U=Número de ubicaciones.

%VD=Variación de la demanda.

Para determinar el número de tarjetas necesarias para el cubrimiento de los materiales:

$$\text{Número de tarjetas Kanban} = \frac{\text{Tiempo de entrega del proceso.}}{\text{Tiempo Takt}}$$

(Piezas por Kanban) (Stock de seguridad)

ECUACIÓN 1

2.7 Simulación

La simulación de eventos discretos "es una herramienta de modelado computarizado que tiene como objetivo realizar una representación de un modelo de producción real para evaluar diferentes escenarios de mejora que, con ayuda de análisis estadísticos, permite elegir las condiciones ideales de proceso" (Zarza-Díaz, 2023).

Afirma Triana (2020) :“es necesario reproducir escenarios virtuales para evitar costos y tiempos extras y encontrar soluciones o mejoras dentro de un proceso” (p. 31).

Una de las áreas de aplicación de la simulación son los sistemas de producción como lo menciona (Singh, 1991) citado por (Zarza-Díaz, 2023). Se constituye como una herramienta importante de análisis para apoyar en las decisiones de cargas de trabajo, planeación de la capacidad y predicción de los tiempos de entrega.

De acuerdo con Garcia (2020) . “La simulación es la imitación de uno o más proceso de un sistema real o un piloto, a través de un tiempo definido. Involucra la generación de datos históricos y su análisis para obtener pronósticos estadísticos del sistema real”.

2.7.1 Simulador ProModel.

Es uno de los paquetes comerciales más usados en el mercado, permite al analista conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables de las decisiones a tomar.

Este software se enfoca a procesos de fabricación, líneas de ensamble y de transformación, entre otros.

De acuerdo con García (2020) el software de simulación de eventos discretos permite:

- Validar el flujo de los procesos simulados para optimizar el resultado final.
- Simular escenarios y alternativas para la toma de decisiones.
- Validar el manejo de sistemas complicados de flujo de material.

- Optimizar la utilización del área de trabajo de la planta.
- Reducir inventarios innecesarios.
- Minimizar el material no terminado en proceso.
- Analizar los efectos de las fallas para incrementar la eficiencia.

Ventajas de la simulación.

La comprensión que se consigue en el desarrollo de un modelo de simulación es de suma importancia para proponer posibles mejoras en sus procesos y rendimientos.

La información de los resultados que se consiguen de un simulador al modificar ciertos parámetros del modelo permite saber que variables son las que mejor favorecen al aprovechamiento del mismo.

De la misma forma Triana (2020) cita a Segovia (2009), expone la siguiente ventaja.

- Al hacer alteraciones en un modelo de simulación es posible analizar los efectos de los cambios internos y externos del sistema.
- Al obtener un análisis detallado, es más fácil entender y en consecuencia realizar estrategias para la mejora de su operación.
- Se puede utilizar para experimentar en escenarios con nuevas condiciones sobre las cuales se tiene poca o ninguna información.

2.8 Desperdicios o mudas.

Describe soccini (2019) desperdicio o exceso es cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea esencial para agregar valor al producto tal como lo requiere el cliente.

Toyota clasifica en siete grandes grupos los desperdicios.

- Sobreproducción.
- Sobre inventario.

- Productos defectuosos.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Procesos innecesarios.
- Muda de espera.
- Movimientos innecesarios del trabajador.
- soccini (2019) Sostiene que “sobre producir significa básicamente:
- Producir más de lo necesario.
- Producir más rápido de lo requerido.
- Manufacturar producir antes que lo necesiten.”

soccini (2019) Afirma que “el sobre inventario es cualquier material, producto en proceso o producto terminado que excede a lo que se necesita para satisfacer la demanda del cliente”.

- Los inventarios se generan para evitar las siguientes ineficiencias:
- Productos defectuosos que hay sustituir mediante un aumento en la producción.
- Campañas masivas de re trabajo cuando los defectos salen a flote.
- Tiempos muy altos para cambios de productos o preparación de las máquinas.

Productos defectuosos.

soccini (2019) Sostiene “los productos defectuosos se refiere a la pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio defectuosos, ya que se invirtieron materiales, tiempo de la máquina y tiempo de una persona para realizar un trabajo”.

Causas de los defectos y repetición de tareas.

- Variación excesiva en el proceso de producción.
- Capacitación inadecuada.
- Falta de liderazgo en el tema de calidad.

- Desconocimiento de las causas de los problemas.

Trasporte de materiales y herramientas.

Afirma soccini (2019) que “mover los productos de un lado a otro de la planta no se traduce en un cambio significativo para el cliente, pero si implica un costo e incluso pone en riesgo la integridad del producto”.

Procesos innecesarios.

Describe soccini (2019) “muchos de los trabajos son consecuencia de las necesidades del taller, la calidad de la manufactura, la mala planificación de las entregas, estos no siempre agregan valor para el cliente”.

Movimientos innecesarios de las personas.

Afirma soccini (2019) .“La búsqueda de herramienta, materiales o información todos estos movimientos, además de indispensables para el cliente hacen perder tiempo y reducen la productividad de los procesos.

Tiempo de espera.

Se refiere soccini (2019), “al tiempo que se pierde cuando un operador espera a que la máquina termine el trabajo, cuando las máquinas se detiene para esperar que el operador haga algún ajuste, o incluso tanto el operador como la máquina están a la espera de materiales, herramientas o instrucciones”.

Capítulo 3 Metodología.

3.1 Enfoque de la investigación.

El enfoque es de investigación cuantitativo, ya que se recolectaron datos numéricos para su desarrollo y aplicación.

“La investigación aplicada busca confrontar la teoría con la realidad se caracteriza por su interés en la aplicación y consecuencias prácticas del conocimiento” (Mar et ál., 2020).

Se aplicó la metodología Kanban con la finalidad de controlar el flujo de material en proceso.

3.1.2 Tipos de investigación.

La presente tesis es una investigación aplicada, porque utiliza el conocimiento.

Como lo menciona (BAENA, 2017):

La investigación aplicada tiene como objeto el estudio de un problema destinado a la acción. La investigación aplicada puede aportar hechos nuevos... si proyectamos suficientemente bien nuestra investigación aplicada, de modo que podamos confiar en los hechos puestos al descubierto, la nueva información puede ser útil y estimable para la teoría (p.18).

El estudio corresponde al tipo aplicado, debido a que se propone la aplicación de algunas herramientas de Lean Manufacturing para solucionar los problemas de la industria de la costura.

3.1.3 Nivel de la investigación.

Para esta investigación se realizó un estudio longitudinal, se obtienen datos de una misma población, en distintos momentos durante un periodo determinado, con la finalidad de observar sus variaciones en el tiempo.

Según Hernández & Mendoza (2018), es correlacional porque busca conocer la relación que existe entre dos o más variables en términos estadísticos.

3.1.4 Diseño de la investigación.

El diseño de este proyecto de investigación es experimental.

De acuerdo Hernández & Mendoza (2018) “el término diseño se refiere al plan o estrategia para obtener información (datos) necesaria para responder al planteamiento del problema en una investigación”.

Según Bernal (2016) “la investigación experimental se realiza mediante los llamados diseños que consiste en demostrar que los cambios producidos en una variable (independiente) ocasiona un cambio predecible en otra variable dependiente”.

Es importante mencionar que este tipo de método se caracteriza por ser cuantitativo.

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población.

Para este proyecto la población a estudiar es el área de costura de una empresa automotriz. Como lo menciona Jany (1994) citado por (Bernal, 2016) la población es “la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer una inferencia” (p.210).

El propósito de esta investigación fue proponer la metodología Kanban, ya que ayudó a aumentar la productividad de una línea de producción cumpliendo con un indicador de entregas a tiempo.

3.2.2 Estimación de la muestra.

El muestreo es parte importante de un proyecto de investigación, porque se aplica la estadística y sobre todo lo que representa en el análisis de los resultados, debido a que solo va a ser a un grupo de la población de estudio. Como lo menciona (BAENA, 2017) “La principal ventaja del muestreo es que nos capacita para conocer algo cerca de una gran población con un costo bajo, razonable y con mayor rapidez comparada con una enumeración completa de la población como sería el censo” (p.83).

3.3 Desarrollo Metodológico.

Para esta investigación se realizó un estudio longitudinal, se obtuvieron datos de una misma población en distintos momentos durante un periodo determinado, con la finalidad de observar sus variaciones en el tiempo. Se utilizó la prueba paramétrica T students para muestras relacionadas.

Además, se realizó un estudio transversal. Se obtuvieron datos de dos muestras independientes. La variable aleatoria, corresponde a una variable numérica, que es el tiempo de espera por material, la variable fija son dos grupos: en este caso es, turno A y turno B. Se utilizó la prueba paramétrica *t student* para muestras independientes.

Además, la metodología Kanban ofreció información necesaria al operador de producción para evitar errores en la producción como mezcla de material, mal etiquetado, re trabajos, como consecuencia se generan tiempos muertos.

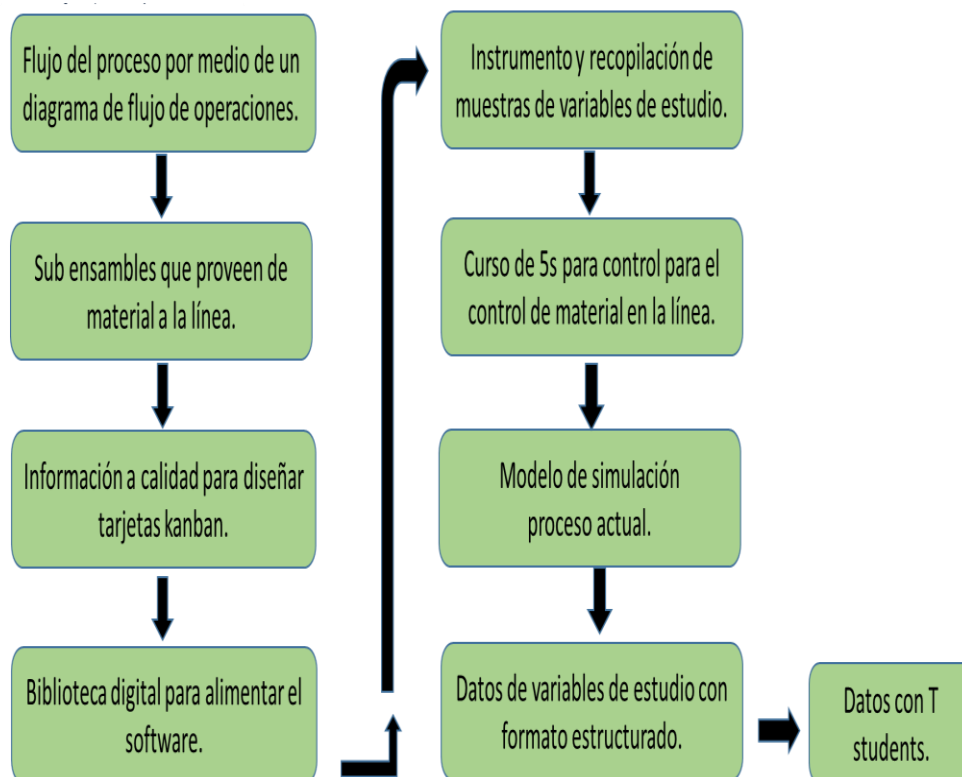
Por otro lado, en la línea de producción se maquila principalmente 2 tipos de material; piel y vinil.

Aparte se fabrica dos tipos de cubiertas; derecho e izquierdo. Además, al maquilar el material de piel se utiliza 20 operadores, a su vez al maquilar material vinil utilizan 18 operadores a causa de que el material vinil no se realiza la operación de sobre hilado que consume 2 operadores. Dado que el material vinil viene adherido a la esponja.

Por consiguiente, se genera más inventario entre las operaciones, llegando a 80 piezas por hora. A su vez, en la línea de producción se realizó en promedio diario por turno cuatro cambios distintos de número de parte. Los cambios más representativos de un número de parte a otro son el tipo y color de material, segundo el color de hilo, posteriormente material con diseño estampado. Se programa el material, según el requerimiento de producción diario. Por otro lado, existe un procedimiento llamado purga para segregar el material de la línea cada cuando se realiza un cambio de número de parte confiando en la buena voluntad del líder de producción y auditor de calidad, consiste en colocar su número de empleado en el sistema de la línea y no garantiza que se realiza esta actividad. En resumidas cuentas,

es de vital importancia que se cuente con una metodología de manufactura que ayude a estandarizar los procesos de manufactura de un turno y otro, además de convertir el proceso más robusto, a su vez tendrá más personas involucradas en el proceso. Por su parte, las tarjetas kanban, les brindará la información necesaria para que el operador identifique los cambios de número de parte. Las tarjetas Kanban se colocaron en operaciones de sub ensambles claves, que se puede utilizar el material de una cubierta derecha e izquierda. Por el hecho de que se generó una falta de control en los inventarios. A causa de esta problemática se realizó un plan de mejora que ayude a controlar el inventario en proceso. Fig.5

Figura 5
Plan de mejora kanban.



Nota. Elaboración propia.

3.4 Diagrama de flujo del proceso.

Los diagramas de flujo de proceso describen las actividades entre estaciones de trabajo para representar los flujos del proceso de producción total. Los analistas clasifican cada movimiento

En 5 categorías normales operación, transporte, almacenamiento, inspección o demora.

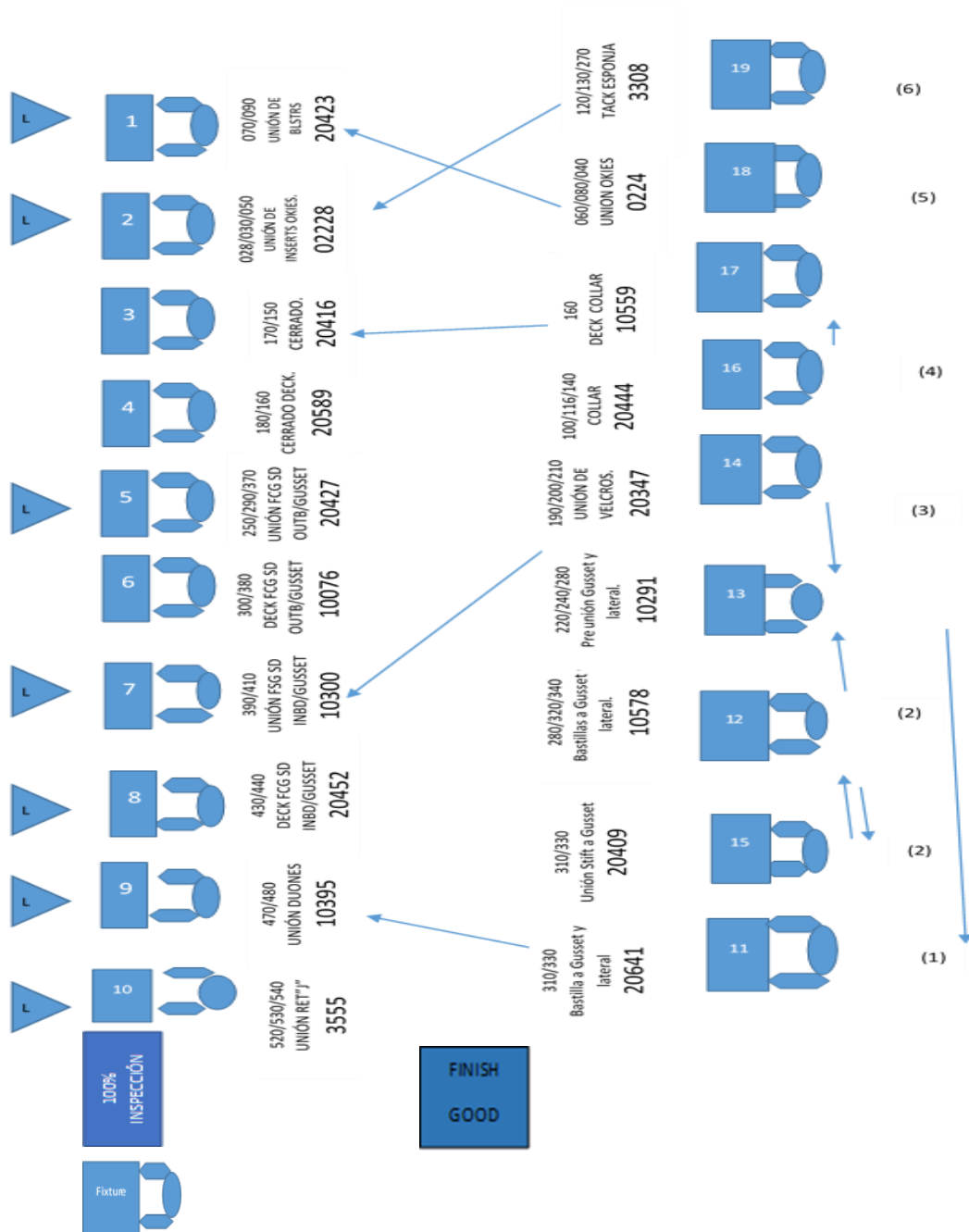
Estos diagramas ayudan a descubrir los movimientos de producto innecesarios o la duplicidad de esfuerzos, cuya eliminación permitirá mejorar la eficiencia (Adam & Evert, 1991).

Además, un diagrama de flujo de procesos representa gráficamente las actividades, decisiones y flujos (movimientos de información y de materiales) que conforman un proceso desde su inicio hasta su finalización.

Permite mostrar cómo funciona todo el sistema y donde ocurren todos los errores y desperdicios. La representación gráfica apoya a la identificación de problemas, sobre todo cuando estos tienen que ver en la toma de decisiones (Carballo et ál., 2023).

Se identificó los sub ensambles que pueden ser compatibles para fabricar cubiertas derecha e izquierda, como lo muestra en la fig.6 el sub ensamble 6; además se propone colocar un contador manual y un formato de pieza por hora para monitorear la pérdida de material y controlar el inventario en proceso. Otro beneficio es disminuir la cantidad de tarjetas kanban en proceso, colocando de manera estática. La tarjeta kanban de un sub ensamble a la operación que le corresponde de línea principal.

Figura 6
Diagrama de flujo de proceso línea de producción.



Nota. Elaboración propia.

3.5 Diagrama de flujo de operaciones.

El diagrama de flujo de operaciones tiene un círculo por cada operación requerida para fabricar cada uno de los componentes, para armar el ensamble final y para empackar el producto terminado. Está incluido todos los pasos de producción. Todas las tareas y todos los componentes comprados.

Los diagramas de operaciones muestran la introducción de las materias primas en la parte superior del diagrama, sobre una línea horizontal.

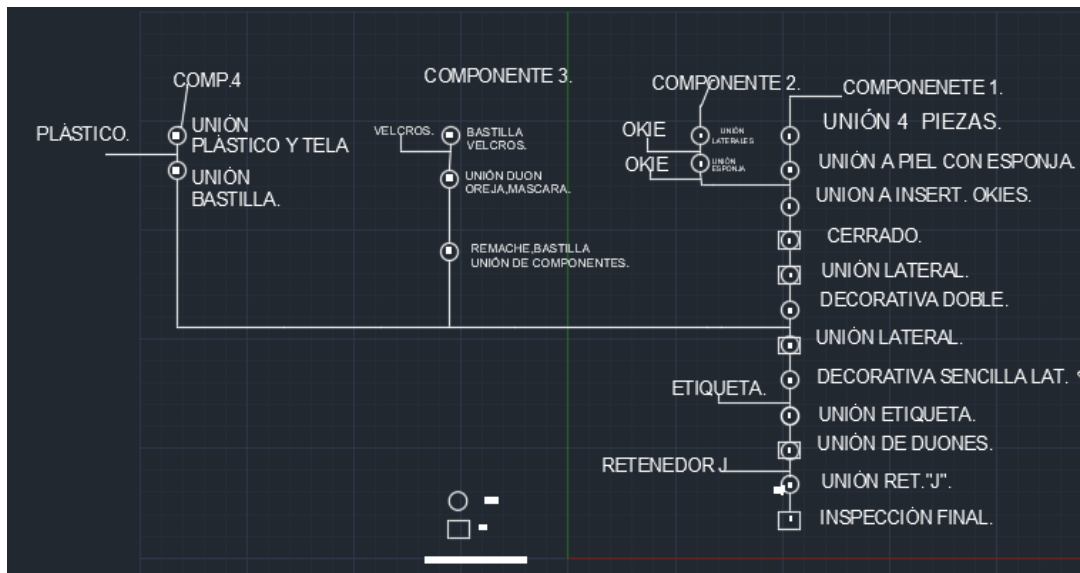
Una vez trazados los pasos de fabricación de cada uno de los componentes, estos se unen en el ensamble. Por lo general, el primer componente con que se inicia el ensamble, se muestra en el extremo derecho de la página. El segundo se muestra a la izquierda de este, en dirección de derecha a izquierda.

El objetivo principal de realizar un diagrama de flujo de operaciones es visualizar de manera clara, ordenada y lógica todas las etapas, actividades y decisiones que conforman un proceso, permitiendo

Analizarlo, comprenderlo y mejorar su eficiencia, como lo muestra en la fig.7

Figura 7

Diagrama de flujo de operaciones de la línea.



Nota. *Elaboración propia.*

3.6 Instrumento de recolección de datos

3.6.1 Instrumento.

Según Bernal (2016) “La observación como técnica de investigación científica es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada” (p.265).

Como lo menciona Cerda (1998) citado por (Bernal, 2016) los elementos que conforman un proceso de observación necesitan ser definidos por el observador, esos elementos son los siguientes:

El sujeto que investiga.

El objeto de estudio y las variables por observar.

Los medios en los que se da la observación

Los instrumentos en los que se van a utilizar para registrar la información.

Las personas que observará.

VD1: Tiempo en espera por surtimiento de material.

Técnicas:

Observación directa.

Instrumentos: formato estructurado.

VD2: Tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso.

Técnicas:

Observación directa.

Instrumentos: formato estructurado.

Para la medición de la variable el tiempo de espera por surtimiento de material, el tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso. Se utilizó instrumentos estructurados en forma de formatos de registro. Estos formatos contemplan columnas para anotar cada evento, para el instrumento estructurado. La variable tiempo de espera por surtimiento de material permite documentar el tiempo de espera en minutos de material de un turno. Se presenta en la página 58 (tabla 1) donde se detalla la estructura exacta del registro aplicado en campo.

Para la variable el tiempo de cambio herramental y su comportamiento en inventario en proceso

Se diseñó para visualizar el tiempo de mejora de cambio herramental en segundos de una máquina de costura. Su comportamiento en inventario en proceso, se presenta en la página 68 (Figura 37), donde se detalla el formato de registro aplicado en área de costura.

3.7 Diseño de tarjetas Kanban.

La tarjeta Kanban presentada contiene información clave para identificar y fabricar una pieza del producto. Incluye el número de parte, descripción de la pieza como (Cubre asiento izquierdo), el diseño lateral, tipo de material (piel), color principal (verde) y detalles decorativos (como hilos decorativos en colores específicos). Además, la tarjeta incorpora una imagen visual del producto para facilitar su reconocimiento, estandarizando así el flujo de trabajo entre turnos y reduciendo errores en el proceso de producción. Fig.8

Figura 8

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 9

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 12

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 13

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 15

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 16

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Tarjeta Kanban



Nota. Elaboración propia.

Figura 18

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 19

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 20

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 21

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 22

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 23

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 24

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

Figura 25

Tarjeta Kanban



Nota. *Elaboración propia.*

3.8 Monitoreo de la producción en tiempo real.

El contador manual, fig.26, en conjunto con la tabla de registro de piezas producidas por hora, fig.27, permite controlar el flujo de material en proceso. Esta herramienta facilita el monitoreo de la producción en tiempo real, identificando variaciones y pérdidas de material ocasionadas por defectos de calidad.

Figura 26

Contador manual



Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Tabla Pieza por Hora

HORA	PRODUCTO	PIEZAS POR HORA.
07:00: 8:00		
08:00: 9:00		
09:00:10:00		
10:00:11:00		
11:00:12:00		
12:00:13:00		
13:00:14:00		
14:00:15:00		
15:00:16:00		
16:00:17:00		

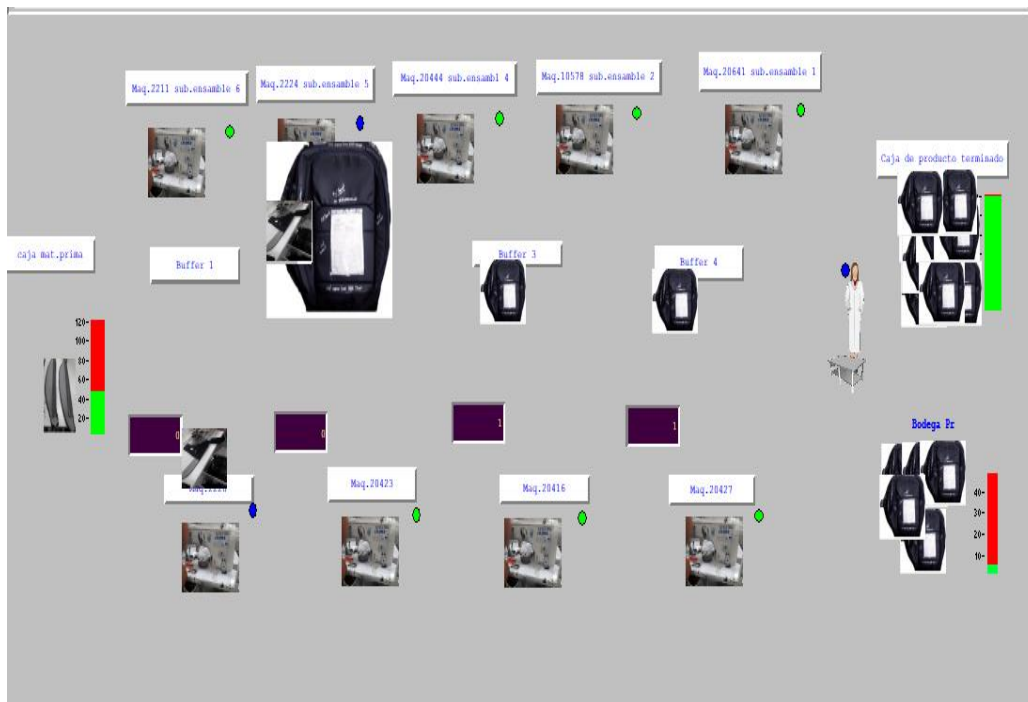
Nota. Elaboración propia.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Modelo de Simulación de línea de Producción.

Este proyecto se limitó a las 9 máquinas de la línea de producción que es donde se Identificó la propuesta de mejora para las tarjetas Kanban. Se identificó los sub ensambles que abastecen la línea principal. Se realizó un estudio en ProModel con una frecuencia de 60 min. De surtimiento de material a la línea. Una capacidad de 120 piezas en la tarima de entrada, un tiempo de operación o tiempo takt time de 57 seg. En cada máquina. Y un tiempo de movimiento de material de una operación a otra 10 seg. Se colocó un inspector al final de la línea de producción asignando una probabilidad de rechazo de un 10 % que equivale a 48 piezas de una producción diaria de 480 piezas. Fig.28

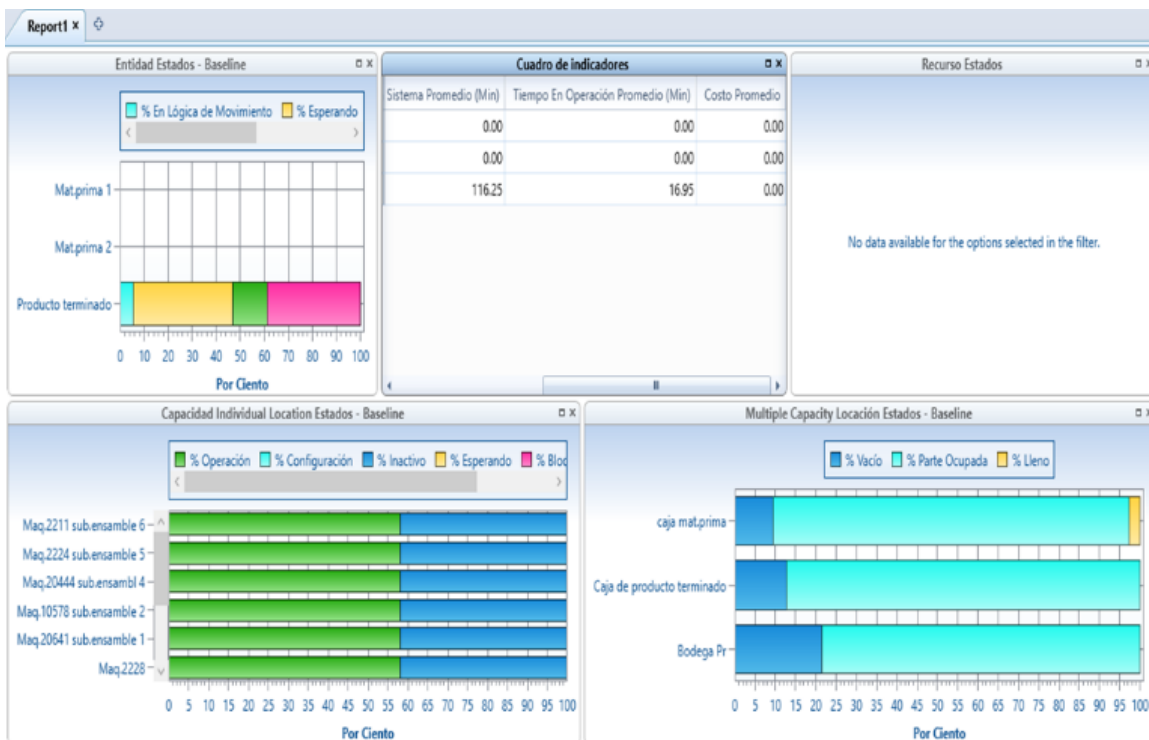
Figura 28
Modelo de simulación línea de producción



Nota. Elaboración propia.

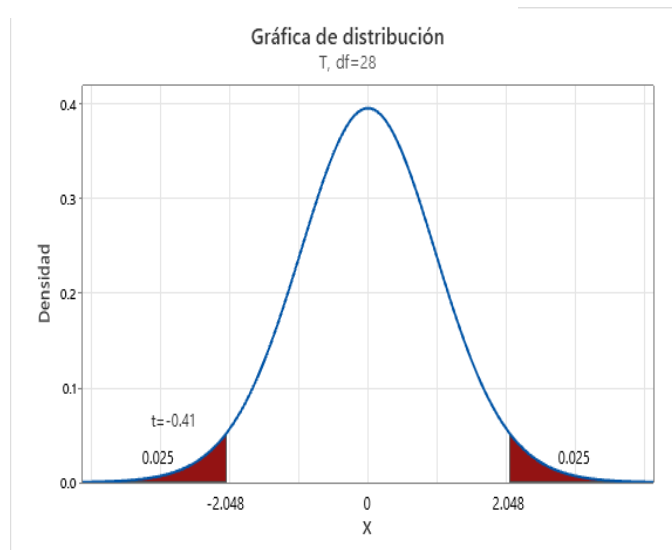
Para concluir, ProModel arroja un resultado estadístico destacando la línea de sub ensambles la cual abastece a la línea principal, presenta un 44% de inactividad. Este hallazgo señala la necesidad de profundizar en la investigación, considerando variables como tiempo de espera por remplazo de material y el tiempo de espera por cambio de herramental. Fig.29

Figura 29
Estadísticos de Resultados



Nota. Elaboración Propia.

Figura 31
Gráfica De Distribución T



Nota. Elaboración Propia.

c) Selección de estadístico de prueba. Prueba T students para muestras independientes. Es una prueba paramétrica inferencial que permitió determinar si existe o no diferencias entre dos medias muestras independientes. Tabla 1

Tabla 1
T students para muestras independientes.

Número	Tiempo de espera minutos por remplazo de material turno A	Tiempo de espera minutos por remplazo de material turno B.
1	90	120
2	110	100
3	100	90
4	110	100

5	120	130
6	110	120
7	120	110
8	90	90
9	100	120
10	110	140
11	120	130
12	110	110
13	120	120
14	120	100
15	130	110

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 2
Estadísticos de Grupos

TURNOS A Y B		N	MEDIA	DESV. DESVIACIÓN	DESV. ERROR PROMEDIO
TIEMPO ESPERA MINUTOS POR REEMPLAZO	1	15	110.67	11.629	3.003
	2	15	112.67	14.864	3.838

Nota. Elaboración Propia

d) Prueba de normalidad.

Se debe corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente para ello se utiliza la prueba de Shapiro -Wilk cuando el tamaño de la muestra es <30. El criterio para determinar si la variable aleatoria se distribuye normalmente es:

- 1). $P\text{-valor} \geq \alpha$ aceptar H_0 los datos provienen de una distribución normal.
- 2). $P\text{-valor} \leq \alpha$ aceptar H_1 los datos no provienen de una distribución normal.

Se cumplió con el criterio de que $P\text{-valor} > 0.05$ acepta H_0 los datos proviene de una distribución normal. Tabla 3

Tabla 3
Prueba de Normalidad

		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
Tiempo espera minutos por remplazo.	Turno 1 y 2	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	1	0.210	15	0.073	0.910	15	0.134
	2	0.156	15	0.200	0.951	15	0.540

Nota. Elaboración Propia.

Se debe corroborar la igualdad de varianzas entre los grupos. Tabla 4. P-valor (0.231) $\geq$ 0.05 Las varianzas son iguales.

Para la prueba t para igualdad de medias P-valor (0.685) $\geq$ 0.05. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del tiempo de espera de remplazo del turno A y turno B asociado con el re trabajo.

Tabla 4
Pruebas de Muestras Independientes

		Prueba de Levene de		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la	
									Inferior	Superior
Tiempo espera minutos por remplazo	Se asumen varianzas iguales	1.497	0.231	-0.410	28	0.685	-2.000	4.873	-11.982	7.982
	No se asumen varianzas iguales			-0.410	26.467	0.685	-2.000	4.873	-12.008	8.008

Nota. Elaboración Propia.

De acuerdo con Soccini (2019) el concepto de andón es medir procesos. La comunicación visual genera actitudes hacia responsabilidades. Las luces y torretas se utilizan para resaltar alguna condición de la operación.

Cada uno de los colores indica siguientes conceptos.

Azul: problemas relacionados con los materiales o falta de material.

Verde: línea funcionando satisfactoriamente.

Amarillo: línea parada por falta de mantenimiento.

Rojo: línea parada por problemas de calidad o accidente.

Figura 32

Sistema Andón Actual



Nota. Elaboración Propia.

La variable, tiempo de espera de producción y pérdida de material. Se sugiere cambiar el sistema andón actual fig.32 a la propuesta de sistema andón fig.33, convirtiendo en indicador de desempeño medible para la empresa, la falta de material en la línea de producción asignando, el foco azul para el departamento de corte.

Figura 33

Sistema Andón Propuesto.



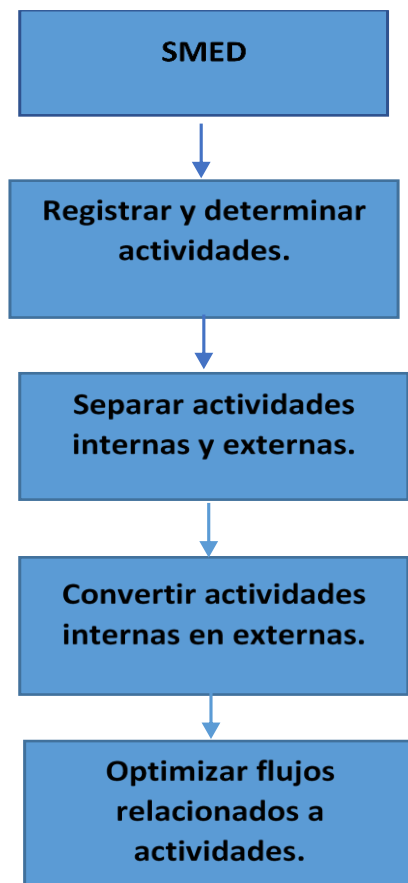
Nota. Elaboración Propia.

Por consiguiente, se realizó la aplicación de la herramienta, SMED. Tiene como objetivo reducir drásticamente el tiempo de cambio de herramental, pasando de varios minutos a tiempos inferiores a 10 minutos. Se analizó los resultados obtenidos, y clasifica las actividades de acuerdo con la metodología SMED, como internas y externas.

La herramienta busca convertir la mayor cantidad posible de actividades internas a externas y optimizar el flujo de actividades internas. Para su aplicación se sigue una serie de pasos mostrados en la fig.34.

Figura 34

Diagrama de Flujo para Aplicación de Herramientas SMED



Nota. Fuente (Delgado et ál., 2022)

Registro de actividades.

Se identifican todas las actividades de preparación que existen en el área de trabajo.

En esta primera etapa se realizó: observación directa del cambio herramental, cronometraje detallado, registro de cada una de las tareas que se realizan desde que termina un producto hasta que inicia el otro.

En la segunda etapa, es separar actividades internas y externas.

Internas se refiere a las actividades que se deben hacer con la máquina parada, y externas las tareas que se pueden hacer con la máquina en funcionamiento. (Delgado et ál., 2022)

En la mayoría de las actividades se llevan a cabo de manera interna, a excepción de la actividad 5.

Fig.35

Figura 35

Clasificación de Actividades

N°	Actividad	T.Inicio.	T.Final.	Duración.	Actividad
1	Segregar material de maquina a caja de materia prima.	00:00	0.3	0.30	I
2	Traer sub ensamble del cambio a maquilar.	0.30	0.3	0.6	I
3	Traer hilo con el color del cambio a maquilar.	0.60	0.30	0.9	I
4	Rutear hilo sobre máquina.	0.90	0.35	1.25	I
5	Encender máquina para llenar bobina con hilo.	1.25	0.30	1.55	E
6	Llevar hilo de material anterior al área de rack	1.55	0.30	1.85	I
Total				6.45	

Nota. Fuente (Delgado et ál., 2022)

Convertir actividades internas y externas.

En la tercera etapa se identificaron actividades que antes se hacía con la máquina parada, pero que podían prepararse previamente. En la actividad número 3 se identificó como actividad externa. fig.35

Con la herramienta SMED los tiempos de preparación se reduce en 1.25 min. Fig.36.

Figura 36

Clasificación de Actividades Internas y Externa

Actividad.	Observación	Tiempo min.
I	Realizar antes del cambio.	0.3
I		0.3
E		0.35
I		
E		0.3
I		0.3
Tiempo total mejorado.		1.25

Nota. Fuente (Delgado et ál., 2022)

Tras corroborar los datos recabados, se descubrió un considerable beneficio en términos de tiempo. Obteniendo numerosos resultados positivos incrementando la productividad de la línea de producción.

Optimizar flujos relacionados con actividades.

Una vez separadas y convertidas las actividades, se aplicaron mejoras adicionales:

- Estándares visuales para colocar la herramienta en la posición exacta.
- Eliminación de movimientos innecesarios.
- Guías físicas para alineación rápida de material.

Estas mejoras optimizan los movimientos, reducen errores y facilita la repetición del cambio de forma eficiente.

La Tabla 5. Muestra la reducción del tiempo de cambio en una máquina de costura. El proceso registraba un tiempo actual de 6.45 minutos, el cual se optimizó a 1.25 minutos mediante la aplicación de mejoras. Además, se incluye el costo por minuto del proceso, equivalente a \$27.06 dólares, lo que permite estimar el ahorro económico asociado a la reducción del tiempo de cambio.

Tabla 5
Tiempo Reducido para Máquina de Costura

Proceso	Actual min.	Mejorado en min.	Costo x min.
Costura.	6.45	1.25	\$27.06

Nota. Fuente (Delgado et ál., 2022)

En la Tabla 6. Se puede apreciar el costo anual anterior que se mantenía al efectuar 960 cambios de modelo considerando que un minuto equivale a costo promedio de una cubierta de asiento a \$ 27.06 dólares. Podemos notar una mejora de ahorro significativo de casi 19.37% del costo previo que se mantenía sin aplicar la metodología SMED en el año de estudio.

Tabla 6
Costo de ahorro anual

Números de cambios		Números de cambios	
Antes	Costo	Ahora	Costo
960	\$167,555.52	960	\$32,472
Ahorro anual			
\$135,083.52			

Nota. Fuente. (Morales et ál., 2021)

Lo más importante para implementación del proyecto SMED es clasificar las actividades en internas y externas, por lo cual es fundamental destinar el tiempo requerido para poder llevar a cabo esta tarea. Actualmente, la disminución de tiempo es esencial, si conseguimos realizar esto de una forma eficiente podremos obtener grandes beneficios entregas a tiempo. Reducir los costos de cambio modelo a un 19.37%.

4.3 Tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso.

En respuesta al objetivo específico número tres. Identificar variables para la metodología Kanban para optimizar el control de flujo de materiales en el proceso productivo, se analizó la variable del tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso.

Con el objetivo de reducir los tiempos de preparación de las máquinas, por lo cual se generó más tiempo productivo. Por tanto, se consiguió la reducción del tamaño de inventario en proceso. Finalmente, se utilizó la metodología SMED y la prueba paramétrica t students para muestras relacionadas. Fig.37

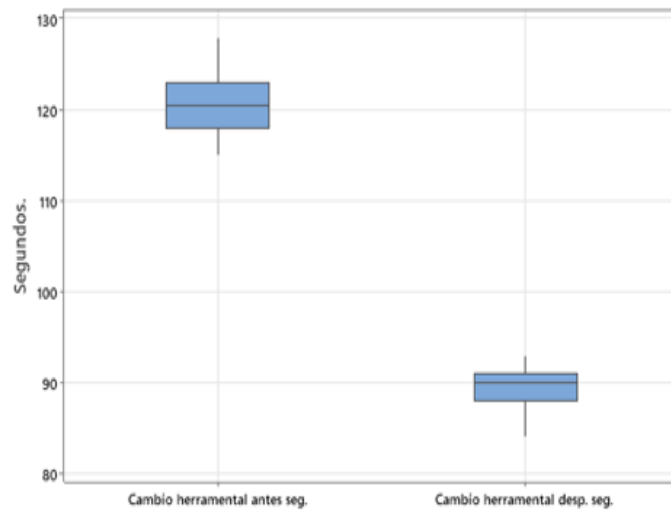
Figura 37

Prueba T para muestras Emparejadas.

Antes de SMED segundos	Despues de SMED segundos
120	90
125	87
123	89
118	86
122	84
116	88
118	89
115	84
123	92
128	89
123	90
119	88
116	92
118	91
121	90
120	92
118	93
119	90
117	92
118	91
120	90
121	89
118	91
123	88
126	93
124	86
123	90
125	91
122	89
124	90

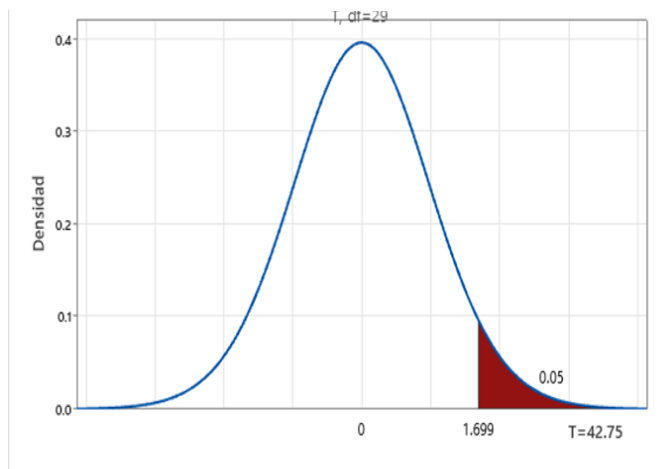
Nota. Elaboración propia.

Figura 38
Gráfica de Caja de Cambios
Herramental



Nota. Elaboración

Figura 39
Grafica de Distribución T



Nota. Elaboración Propia.

Se utilizó la prueba paramétrica t students para muestras relacionadas un mismo grupo se le aplican dos medidas en diferente tiempo. Estamos hablando de un estudio longitudinal.

Tabla 7
Estadísticas de Muestras Emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
1	Parte Antes de SMED	120.77	30	3.277	0.598
	Después de SMED	89.47	30	2.345	0.428

Nota. Elaboración Propia.

Se utiliza la prueba de chapiro wilk cuando el tamaño de la muestra es <30 . Para determinar si la variable aleatoria se distribuye normalmente. El tiempo de cambio herramental antes de SMED $(0.491) > 0.05$

El tiempo de cambio herramental después de SMED $(0.060) > 0.05$. Por lo cual se afirmó que los datos provienen de una distribución normal. Criterio para determinar la normalidad. Tabla 8

Tabla 8
Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antes de SMED	0.134	30	0.178	0.968	30	0.491
Después de SMED	0.157	30	0.058	0.933	30	0.06

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración Propia.

Se realizó la selección de estadístico de prueba. Se utilizó la prueba T students para muestras relacionadas. Con el siguiente criterio de decisión si P-valor (0.00) <0.05, la metodología SMED sí disminuirá los inventarios en proceso al aumentar el tiempo productivo.

Tabla 9
Prueba de muestras emparejadas.

		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	Antes de SMED - Después de SMED	31.3	4.01	0.732	29.803	32.797	42.75	29	0.000

Nota. Elaboración propia.

4.4 Diseñar mejoras y realizar un modelo de simulación.

En cumplimiento con los objetivos específicos número cuatro, diseñar mejoras y número cinco. Realizar un modelo de simulación para analizar el manejo de materiales y justificar la metodología a implementar. Se realizó la simulación de la variable, el tiempo de cambio de herramienta y su comportamiento en inventario en proceso.

1. El objetivo del análisis fue evaluar el impacto de la reducción del tiempo de set up cambio herramienta en cuatro máquinas clave de la línea principal mediante una simulación en ProModel.

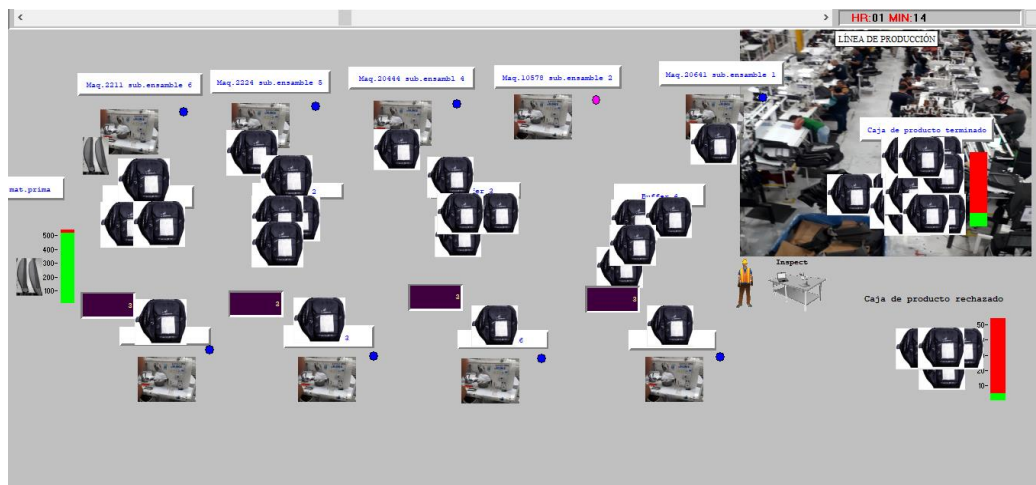
2. Se desarrolló un modelo de simulación en ProModel que representa el flujo de dos productos (Producto_terminado_1 y Producto_terminado_2) a través de cuatro máquinas:

- Maq.2228
- Maq.20423
- Maq.20416
- Maq.20427

Como lo muestra en la figura 40.

Figura 40

Modelo de Simulación Línea de Producción con Set up



Nota. Elaboración Propia.

Se desarrolló dos escenarios dentro del modelo de simulación cada escenario representa una condición distinta del proceso, permitiendo comparar el comportamiento del sistema antes y después de la mejora propuesta.

Escenario 1: Condición actual del proceso.

El primer escenario modela la situación real observada en planta.

El tiempo de *set up*, requerido para cambiar de un producto a otro se mantiene en 6 min. (360 segundos), que corresponde al tiempo actualmente registrado durante las actividades de cambio de herramental en las máquinas analizadas.

Escenario 2: Proceso mejorado con reducción de *set up*

El segundo escenario incorpora la propuesta de mejora, basada en la reducción del tiempo de set up; se reduce de 6 minutos a 2 minutos (120 segundos) para las mismas máquinas críticas. Mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta (SMED) como lo muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Tiempo de Set Up

Escenario	Descripción	Tiempo de Set up
Escenario 1	Situación actual	6 minutos (360 seg)
Escenario 2	Situación mejorada con reducción de set up	2 minutos (120 seg)

Nota. Elaboración Propia.

La comparación entre ambos escenarios permite medir el impacto real de reducir el tiempo de set up. La diferencia en tiempo total de espera por set up, la reducción del porcentaje de inactividad en máquinas, el aumento en piezas procesadas, el aprovechamiento del tiempo productivo disponible.

Las imágenes en la fig.41 muestran condiciones donde los materiales, conos de hilos generan movimientos innecesarios y posturas forzadas del operador. Con la aplicación de SMED se logra una mejora significativa en ergonomía, accesibilidad, y seguridad. Así mismo, la reorganización del área permite convertir actividades internas en externas, y reducir los tiempos de búsqueda y manipulación, contribuyendo directamente a la reducción del tiempo de cambio de herramental. Como lo muestra en la fig.42.

Figura 41

Antes de SMED (Situación Actual)



Nota. Elaboración Propia.

Figura 42

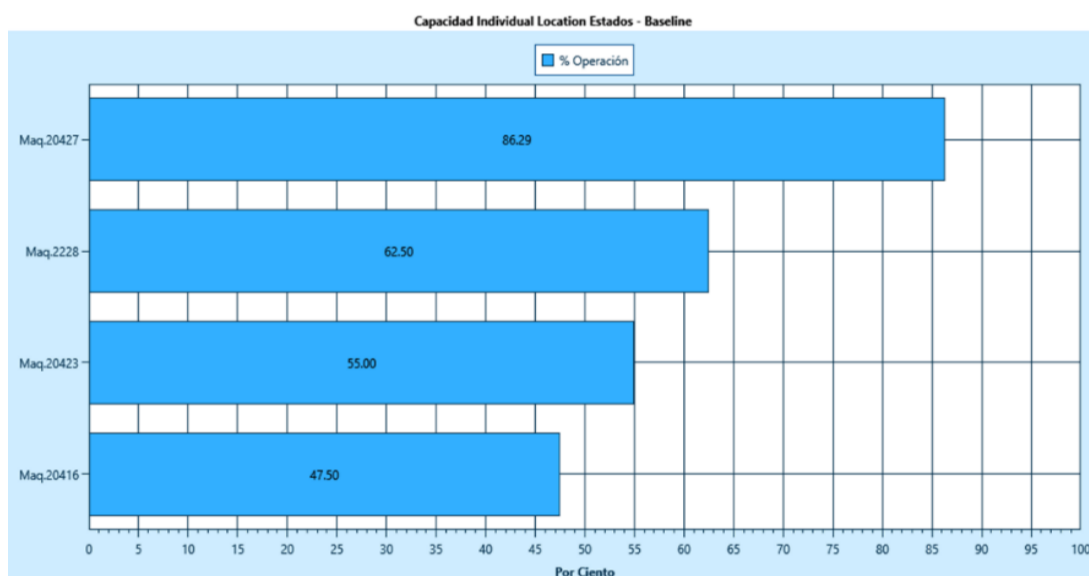
Después de SMED (Situación Mejorada).



Nota. Elaboración Propia.

El porcentaje de tiempo de operación de las cuatro máquinas analizadas durante escenario Baseline (situación actual) obtenido mediante la simulación en ProModel, fig.43. El eje horizontal representa el porcentaje de utilización (% operación), mientras que el eje vertical corresponde a cada una de las máquinas bajo de estudio: Maq.2047, Maq.2228, Maq.20423 y Maq. 20416. La Maq.20427 presenta el mayor porcentaje de operación con 86.29%, lo que indica que es la máquina con mayor carga de trabajo y, potencialmente, un cuello de botella en el proceso. Le sigue la máquina 2228 con 62.50%, mostrando un nivel moderado de ocupación. En contraste, las máquinas Maq.20423 y Maq.20416 presentan menores porcentajes de operación 55% y 47.5%, lo cual refleja una menor demanda operativa. Esta gráfica permite identificar diferencias en la utilización de los recursos y sirve como línea base para comparar el impacto de la metodología SMED en la reducción de tiempos de set up y la redistribución de carga operativa entre las máquinas.

Figura 43
Antes de SMED (Capacidad de las máquinas)

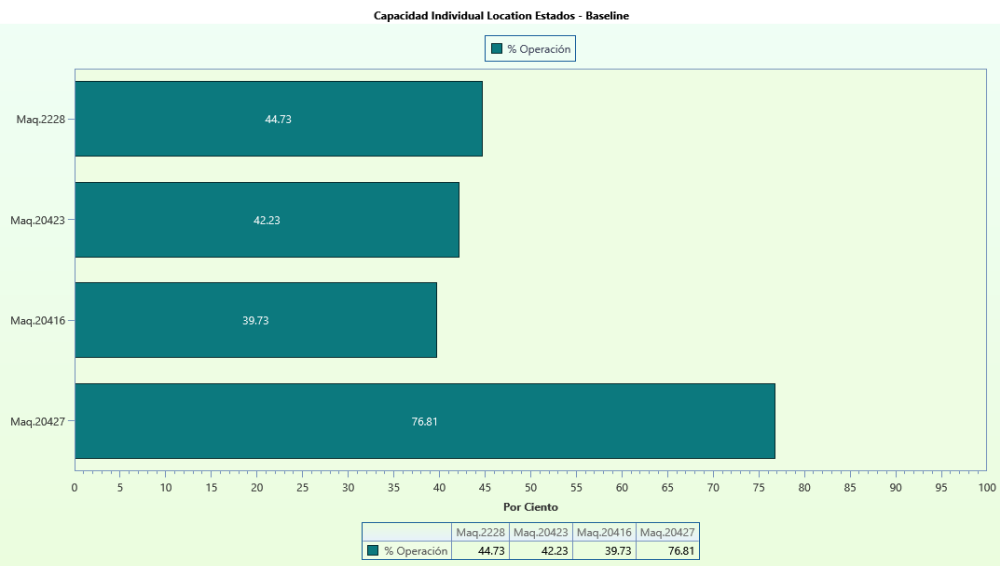


Nota. Elaboración Propia.

La comparación entre el escenario actual y el escenario mejorado evidencia una reducción significativa en los tiempos improductivos asociados al set up. En el escenario Baseline, las máquinas presentan bajos porcentajes de operación (entre 39% y 45%), excepto maq.20427 que opera al 76%.

Tras la reducción del tiempo de set up de 6 a 2 minutos, el porcentaje de operación aumenta en todas las máquinas, disminuyendo la inactividad y reduciendo el cuello de botella identificado en la maq.20427. El sistema muestra un menor tiempo de espera y un incremento observable en la capacidad productiva total. Como se muestra en la fig.44

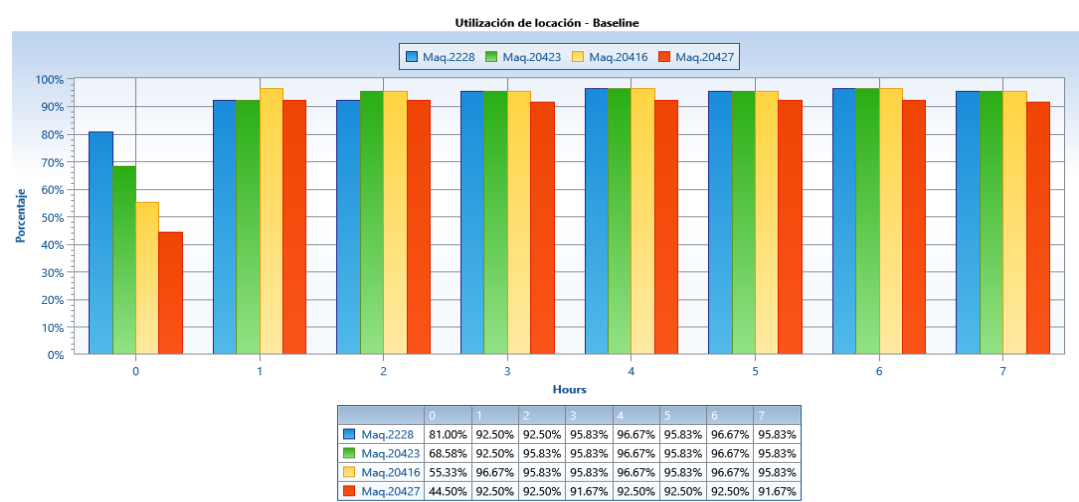
Figura 44
Después de SMED (Capacidad de las máquinas)



Nota. Elaboración Propia.

La gráfica de la fig.45 En el escenario inicial, las máquinas presentan una utilización irregular durante la primera hora, con valores que varían entre 44.50% y 81%. Esta variabilidad refleja tiempos de *set up* elevados, esperas y un arranque lento del proceso. Aunque a partir de la segunda hora las utilizaciones se estabilizan entre 92% y 96%, el comportamiento inicial genera un retraso en la sincronización del flujo productivo, disminuyendo la productividad al inicio de la jornada.

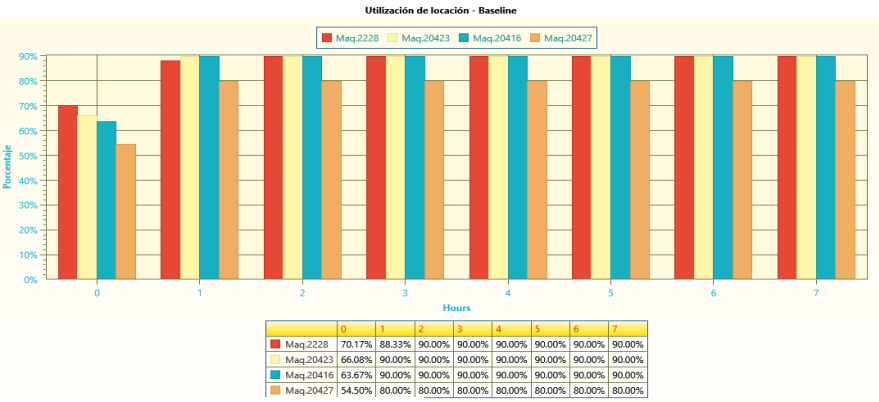
Figura 45
Antes de SMED (Utilización de la localización)



Nota. Elaboración Propia.

La grafica en la fig. 46 muestra, la reducción del tiempo de set up de 6 a 2 minutos, las máquinas muestran un comportamiento mucho más uniforme desde las primeras horas. Las utilizaciones iniciales aumentan significativamente, ubicándose entre 54.50% y 70.77%, y alcanzando rápidamente una estabilización del 90% de utilización sostenida durante el resto de la simulación. Esto demuestra una reducción considerable de tiempos improductivos, una mejora en el arranque del sistema y una operación más balanceada entre estaciones.

Figura 46
Después de SMED (Utilización de la localización)



Nota. Elaboración Propia.

La Tabla 11. Muestra el comparativo del proceso de Set Up antes y después de la mejora implementada. Los resultados evidencian un incremento en la producción total, que pasó de 450 a 520 unidades. El tiempo total de cambio se redujo de manera significativa, de 360 a 120 minutos, demostrando la eficacia del ajuste aplicado. Aunque la utilización de la máquina disminuyó ligeramente.

Tabla 11
Comparativo de Set Up

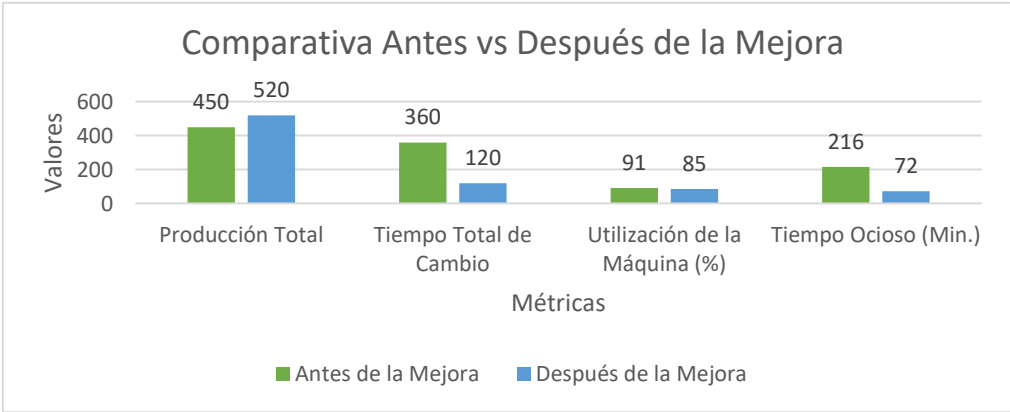
MÉTRICA	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA
PRODUCCIÓN TOTAL	450	520
TIEMPO TOTAL DE CAMBIO	360	120
UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA (%)	91	85
TIEMPO OCIOSO (MIN.)	216	72

Nota. Elaboración Propia.

En la fig.47 muestra un comparativo antes y después de la mejora. Los tiempos de cambio herramental generaron cuellos de botella que impiden el flujo continuo para la propuesta de la metodología de la tarjeta kanban, en la línea de producción. La mejora en el proceso de las cuatro máquinas de la línea principal reduce el tiempo de cambio set up en un 66%. Aumentando la capacidad productiva 13.5 %. El costo de set up anual se redujo a 19.37%.

Figura 47

Métricas de SMED



Nota. Elaboración Propia.

4.5 Simulación en Google Colab.

Se realizó una simulación en Google Colab para 10 máquinas con 5 días laborales con un promedio de 4 cuatro cambios de herramental diarios, lo que equivale a 20 eventos en 5 días.

La lista de las máquinas, representa los 20 eventos de cambio de herramental en distintas máquinas. Cada valor en la lista es una máquina por la que pasó un producto.

Se definió las máquinas donde se aplicó la mejora del tiempo de set up "Maq.2228", "Maq.20423", "Maq.20416", "Maq.20427" (2 min. en lugar de 6 min).

Se le asignan tiempos según la condición, 2 minutos si la máquina está en máquinas mejoradas y 6 minutos si no está la máquina con la mejora.

El tiempo total sin mejora se realiza cada evento 6 min. Hay 20 eventos iguales $20 \times 6 = 120$ min.

El tiempo total mejorado es la suma de los tiempos reales de cada evento según la lista tiempos_setup, donde algunos eventos equivalen a 2 min (con mejora) y otros 6 min. Fig.48.

Figura 48

Simulación y comparación de tiempos de set up con y sin mejora en máquinas críticas

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Simulación de eventos de setup en 10 máquinas (20 eventos)
maquinas = [
    "Maq.2228", "Maq.9999", "Maq.20423", "Maq.8888",
    "Maq.20416", "Maq.7777", "Maq.20427", "Maq.6666",
    "Maq.5555", "Maq.4444", "Maq.20423", "Maq.3333",
    "Maq.20416", "Maq.20427", "Maq.2228", "Maq.1111",
    "Maq.20416", "Maq.20423", "Maq.2228", "Maq.20427"
]

# Definir máquinas mejoradas
maquinas_mejoradas = ["Maq.2228", "Maq.20423", "Maq.20416", "Maq.20427"]

# Calcular tiempos
tiempos_setup = [2 if m in maquinas_mejoradas else 6 for m in maquinas]

# Gráfica de líneas
plt.figure(figsize=(12, 5))
plt.plot(range(1, len(maquinas)+1), tiempos_setup, marker='o', color='blue')
plt.xticks(range(1, len(maquinas)+1), maquinas, rotation=90)
plt.title("Tiempos de Setup por Máquina (con mejora en 4 específicas)")
plt.xlabel("Evento de Setup")
plt.ylabel("Tiempo (minutos)")
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()

# Gráfica de barras de comparación total
total_mejorado = sum(tiempos_setup)
total_original = len(maquinas) * 6
ahorro = total_original - total_mejorado

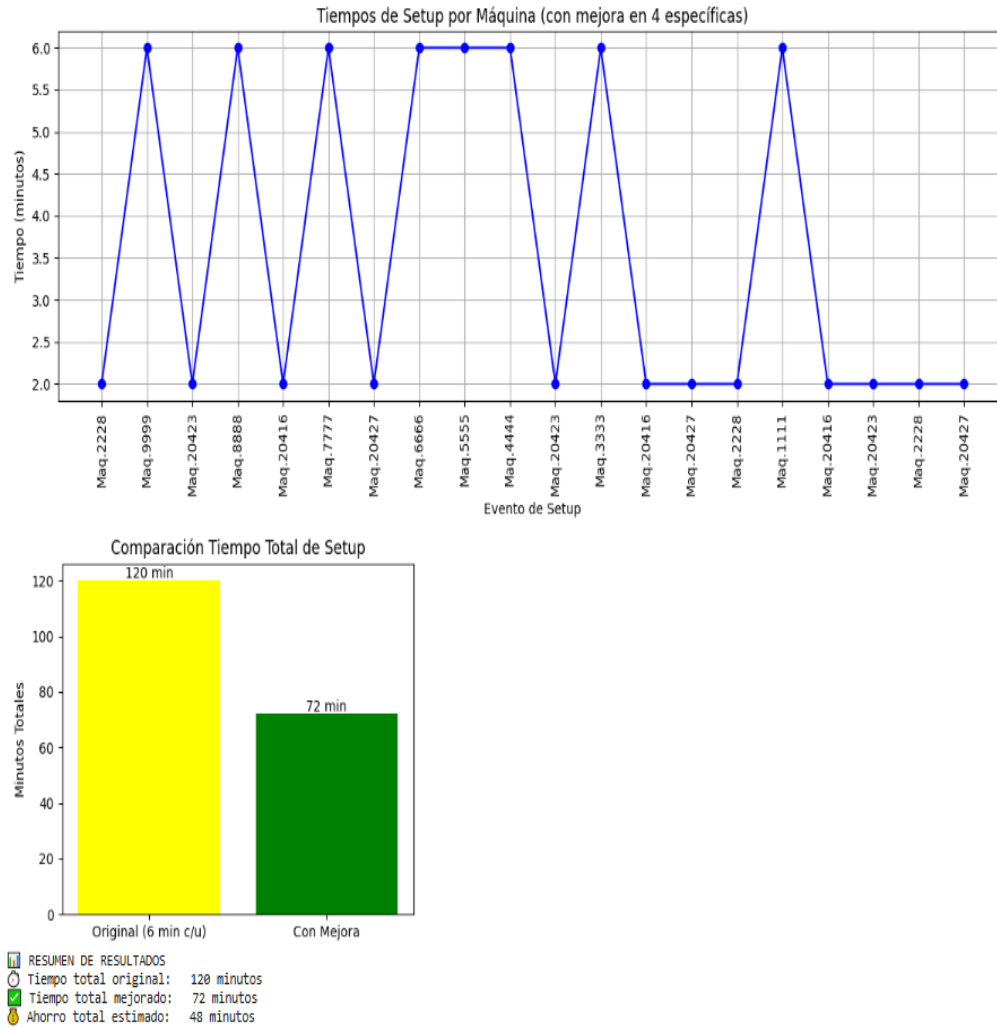
plt.figure(figsize=(5,4))
plt.bar(["Original (6 min c/u)", "Con Mejora"], [total_original, total_mejorado], color=["yellow", "green"])
plt.title("Comparación Tiempo Total de Setup")
plt.ylabel("Minutos Totales")
plt.text(0, total_original + 1, f"{total_original} min", ha='center')
plt.text(1, total_mejorado + 1, f"{total_mejorado} min", ha='center')
plt.tight_layout()
plt.show()

# Mostrar resumen
print("\n RESUMEN DE RESULTADOS\n")
print(f"⌚ Tiempo total original: {total_original} minutos")
print(f"✅ Tiempo total mejorado: {total_mejorado} minutos")
print(f"👉 Ahorro total estimado: {ahorro} minutos")
```

Nota. Elaboración Propia.

Figura 49

Análisis comparativo de tiempos de set up antes y después de la mejora en cuatro máquinas críticas.



Nota. La gráfica superior muestra el tiempo de set up por cada máquina, mientras que la inferior presenta la comparación del tiempo total acumulado con y sin mejora. En la gráfica inferior de la fig.49 el tiempo total mejorado 72 minutos es el resultado de la simulación con Google Colab coincide con la fig.47 métricas de SMED, donde la producción total aumento 70 piezas, lo equivale a 70 minutos con base al takt time de la línea que es un minuto.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES.

5.1 Conclusiones y Discusión de la Propuesta de mejora con Kanban, SMED y simulación.

En esta tesis se diseñó un plan de mejora implementando la metodología Kanban, SMED, y complementando con una herramienta de simulación para conocer el flujo de material en producción dentro de una empresa de costura de cubiertas para asientos automotriz.

Con base a ello se estudió “el sistema Kanban actúa bajo la filosofía justo a tiempo (JIT), la cual busca producir lo necesario en la cantidad y momentos exactos” (Cuatrecasas, 2012).

Se realizó una corrida preliminar con nueve máquinas de la línea de producción, 5 máquinas de sub ensamble y 4 máquinas de la línea principal. ProModel arroja un estadístico de resultados, destacando la línea de sub ensambles que surte a la línea principal tiene un 44% de inactividad, que atribuye a profundizar al investigador variable, como tiempo de espera por remplazo de material y tiempo de espera por cambio de herramental.

Además, con base el objetivo específico uno, se realizó un diagrama de flujo de procesos y diagrama de operaciones para identificar las operaciones claves para colocar las tarjetas kanban de la línea de sub ensambles, a la línea principal. Se propone colocar un formato de pieza por hora, y un contador manual. Por otro lado (Zarza, 2023) menciona “el uso de los diagramas de flujo, posibilita la interpretación visual de los procesos, así como un mejor entendimiento entre las operaciones secuencia y operaciones técnicas especiales”.

También, se encontró (Custudio, 2023) quien en su investigación en el sector textil a través de la simulación de proceso confección, de la provincia de Chiclayo, Perú, se aplicó un diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y diagrama de operaciones identificándose las etapas que llevan mayor tiempo. Se simuló a través de ProModel, la situación actual del proceso. Se propuso como mejora el balance line para

disminuir el tiempo de ciclo. Como resultado, se obtuvo un aumento de producción de 117 pantalones a 143, disminuyendo el tiempo de ciclo y aumentando los ingresos mensuales.

Los antecedentes de (Zarza, 2023) de igual forma (Custudio, 2023) sus similitudes con la presente investigación coinciden con metodología propuestas construcción de diagrama de flujo de proceso, recolección de datos mediante estudio de tiempos, construcción del modelo de simulación.

Para continuar en el objetivo específico número dos, se clasificó las diferentes presentaciones de producto con tarjetas Kanban. La tarjeta Kanban contiene información clave para identificar y fabricar una pieza del producto, estandarizando así el flujo de trabajo entre turnos y reduciendo errores en el proceso de producción.

En comparación con (Triana, 2020) coinciden con el análisis de un sistema de producción con la finalidad de mostrar cómo reducir el trabajo en proceso por medio de un sistema de tarjetas Kanban y escenarios de simulación con software ProModel.

Por otra parte, dentro del objetivo específico número tres se identificaron las variables para la metodología Kanban para optimizar el control de flujo de material en proceso.

Se analizó la variable, tiempo de espera de producción y pérdida de material. Se recopiló información de los dos turnos con base al tiempo de espera que tarda el departamento corte en reponer el material a la línea de producción. Se utilizó la prueba T students para muestras independientes P-valor $(0.685) \geq 0.05$. Se concluyó que no existe una diferencia

Estadísticamente significativa entre la media del tiempo de espera de remplazo del turno A y turno B asociado con el re trabajo.

Después se estudió la variable, el tiempo de cambio de herramental y su comportamiento en inventario en proceso. Con el objetivo de reducir los tiempos de preparación de las máquinas, por lo cual se generó más tiempo productivo. Por tanto, se consiguió la reducción del tamaño de inventario en proceso. Finalmente, se utilizó la metodología SMED y la prueba paramétrica t students para muestras

relacionadas. Con el siguiente criterio de decisión, si $P\text{-valor } (0.00) < 0.05$, la metodología SMED sí disminuirá los inventarios en proceso al aumentar el tiempo productivo.

Los antecedentes (Morales et ál., 2021) se desarrolló en una empresa de aspiradoras en más de 7 líneas de producción. En esta investigación se utilizaron herramientas 5 s, SMED, el objetivo de este proyecto es poder reducir el tiempo de cambio de modelo para aumentar la productividad en la empresa. Se redujo en un 58% el tiempo de cambio de fabricar un producto a otro.

Los antecedentes y las coincidencias con esta investigación muestran que no habían sido claramente establecidas las actividades relacionadas con los cambios de modelo. Por lo que se clasificó cada una de ellas y se ejecutó adecuadamente la metodología SMED. De esta forma, se optimiza la gestión de los recursos al eliminar únicamente las actividades innecesarias. Además, al mejorar la limpieza y el orden usando la metodología 5 s.

Por otra parte, dentro del objetivo específico número cuatro se diseñan mejoras para evaluar el impacto de la reducción del tiempo de set up (cambio herramental) en cuatro máquinas clave del proceso productivo mediante una simulación en ProModel.

Por consiguiente, en punto específico número cinco. Se analizó el manejo de materiales y justificó la metodología a implementar. Se desarrolló un modelo de simulación en ProModel que representa el flujo de dos productos (Producto_terminado_1 y Producto_terminado_2) a través de cuatro máquinas.

En los resultados encontrados en la presente investigación. La mejora en el proceso de las cuatro máquinas de la línea principal obtuvo beneficios:

- 66%. Se reduce el tiempo de cambio de set up.
- 13.5%. Se aumenta la capacidad productiva.
- 19.37% Se reduce el costo de set up anual.

Los resultados de la presente investigación coinciden con los obtenidos por (Bach Abad & Bach Atuncar, 2021) se implementó lean Manufacturing en una empresa de costura textil, en la cual se buscó incrementar la productividad en el cual usó herramientas SMED, flujo continuo y Poka Yoke.

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación utilizaron metodologías de lean Manufacturing como SMED, flujo continuo, y variables tiempos de espera y tiempos de preparación de las máquinas para aumentar la productividad en la costura automotriz y disminuir los reprocesos.

5.2 Recomendaciones.

Se propone identificar los sub ensambles que pueden ser compatibles para fabricar cubiertas derecha e izquierda, colocar un contador manual y un formato de pieza por hora para monitorear la pérdida de material y controlar el inventario en proceso. Otro beneficio es disminuir la cantidad de tarjetas kanban en proceso, colocando de manera estática. La tarjeta kanban de un sub ensamble a la operación que le corresponde de línea principal.

Se aconseja, antes de implementar la metodología kanban, utilizar la metodología 5 s para segregar el material cuando hay un cambio producto distinto. Como lo menciona (Asefeso, 2012) “la 5 s es una técnica de la manufactura esbelta que elimina los residuos del ambiente laboral a través de una mejor organización del lugar de trabajo, limpieza general y efectiva”.

Se sugiere realizar mejoras con la herramienta, SMED para reducción del tamaño de inventario en proceso.

Se recomienda cambiar el sistema Andón actual, a la propuesta de esta investigación, convirtiendo en un indicador de desempeño medible para la empresa, la falta de material en la línea de producción.

Referencias

- 2019, W. J. (2017). *La máquina que cambió al mundo*. Barcelona: Profit.
- Adam, E., & Evert, j. (1991). *Administración de la producción y de las operaciones*. missuori-columbia: Pearson.
- Aldavert, J et ál., (2018). *Guia practica 5s para la mejora continua:la base del Lean*. alda talent.
- Arango, M et ál., (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revistas de ingenierías universidad de medellin*.
- Asefeso, A. (2012). *5s lean manufacturing key to improving net profit*. AA Global Sourcing.
- Bach Abad, L., & Bach Atuncar, L. (2021). *Implementación de lean manufacturing para aumento de la productividad en el área de costura*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- BAENA, P. G. (2017). *Metodología de la investigación 3ra. Edición*. Ciudad de México: grupo editorial patria.
- Bernal. (2016). *Metodología de la Investigación cuarta edición*. Colombia: PEARSON.
- Buzón, J. A. (2019). *Lean Manufacturing*. España: Elearning.
- Chirchiglia, T. (2023). *Metamorfosis automotriz:historia y vida de esta industria*. Córdoba: Tinta libre.
- Contreras, O. ,. (2020). *La restructuración de Norte America a través del libre comercio: del TLCAN A TMEC*. Ciudad de México.: El colegio de México A.C.
- Cualificación, S. i. (2018). *Iniciación en materiales,productos y procesos textiles*. Malaga: IC Editorial.
- Cuatrecasas, L. (2012). Procesos en flujo pull y gestión lean sistema kanban. En L. Cuatrecasas, *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid: Díaz de santos.
- Custudio, N. (2023). *Simulación de procesos de confeccion de pantalones de una empresa textil para incrementar la productividad*. Chiclayo: Universidad Catolica Santo toribio de Mogrovejo.

Delgado, et ál (2022). Modelo para reducir los tiempos de entrega de proyectos aplicando TPM Y SMED.

Universida Peruana de Ciencias Aplicadas.

Díaz, C. (11 de Agosto de 2020). *Casa Díaz*. Obtenido de Casa Díaz: <https://blogcasadiaz.com.mx/la->

Doral Yagüe, F. (2023). *Determinación del número de tarjetas en circulación en la metodología kanban.*

Valladolid: Escuelas de ingenierías industriales.

Garcia, F. (2020). *Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos,para la mejora en la línea de producción de tejido industrial.* Lerma,estado de mexico.: CIATEQ.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metidología de la investigación*. Ciudad de mexico: McGraw-Hill.

Huerta, A. (2020). Reducción del manejo de materiales en una línea en una ensambladora de autos.

Tecnologico Nacional de mexico,Instituto Tecnologico de Veracruz.

INEGI. (2020). Conociendo la industria textil y de la confección. *INEGI*, 49.

Inovación y calificación, S. (2018). *Iniciación en materiales, productos y procesos textiles*. Málaga: IC editorial.

interiors, p. (2024). *pinston interiors*. Obtenido de pinston interiors: <https://www.pistoninteriors.com/material/>

León-Duarte, et ál. (2023). Implementación de kanban para incrementar la efectividad de un almacén super mercado en una empresa manufacturera. *inf.tecnol.vol 34 la serena dic 23*.

Mar, et ál.,(2020). *Metodología de la investigación Métodos y técnicas*. ciudad de MÉXICO: Patria.

Morales, et ál. (2021). Reducción de los tiempos de cambio de modelo en los productos fabricados en una empresa manufacturera de aspiradoras. (F. UANL, Ed.) *Multidisciplinas de la Ingeniería fYME UANL*.

Nayak, R., & Padhye, R. (2015). *Garment Manufacturing Technology*. 2015: El Sevier.

Pérez Porto, J. (2021). *Definición.De*. Obtenido de Definición.De: <https://definicion.de/industria-automotriz/>

- Porter, M. E. (2008). *On Competition*. Boston: Harvard Business review book.
- Porter, M. E. (2015). *Ventaja Competitiva*. Ciudad de México.: Editorial Patria.
- Rajadell, M. (2021). *Lean manufacturing herramientas para producir mejor*. ediciones díaz de Santos.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. S.L: Diaz de Santos.
- Rey, F. (2005). *La 5s orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: España.
- Smith, A. (2024). *El gran libro de la costura*. España: Dk Ink.
- soccini, I. (2019). *lean manufacturing paso a paso*. Barcelona: margue.
- Tómas, C. (2023). *Memorfosis automotriz: historia y vida de esta industria*. Córdoba: Tinta libre.
- Triana, (2020). *Diseño de surtimiento de materiales mediante tarjetas Kanban y simulación de eventos discretos*. Celaya, guanajuato: tecnmex.
- Valenzuela, L., & Díaz, C. (2021). *Implementación de lean manufacturing para el aumento de productividad en el área de costura de una empresa de textil exportadora*. Lima.
- Velasco, J., & Campins, J. (2013). *Gestión de la producción en la empresa*. Madrid: ediciones Pirámide.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking(Como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despifarros y crear valor a la empresa)*. Gestion 2000.
- Womackk, J. e. (2017). *La máquina que cambió al mundo*. Barcelona: profit.
- Zarza-Díaz, R. (2023). *Simulación de eventos discretos desde la ingeniería industrial*. jilotepec: PADI.
- Zorrilla, F., & et ál. (2023). Capacitación profesional para la implentación de un sistema Kanban Tooling. *Revista Iberoamericana*.