

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA EL
AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE COSTURA
DE UNA EMPRESA TEXTIL EXPORTADORA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR

BACH. ABAD VALENZUELA, LUCY ESMIT

BACH. ATUNCAR DIAZ, CÉSAR ANTONIO

ASESOR: MG. PAPANICOLAU DENEGRI JORGE NICOLÁS A.

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a dios en primer lugar, por darme perseverancia, paciencia y sabiduría y las fuerzas para no rendirme. A mis padres, pues sin ellos no lo habría logrado. Ellos me dieron la base para poder llegar a ser quien soy ahora.

Lucy Esmil Abad Valenzuela

Para mis padres por confiar en mis talentos y apoyarme en mi carrera universitaria. A Angie por estar siempre a mi lado y a Dulce por su apoyo.

César Antonio Atuncar Diaz

AGRADECIMIENTO

A Dios por la salud, la vida y la bendición de una familia.

A nuestros padres y hermanos por la confianza, el amor y la motivación en nuestro desarrollo profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	2
1.1.1 Problema general	3
1.1.2 Problemas específicos	3
1.2 Objetivo general y específico	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Delimitación de la investigación: Temporal y espacial	4
1.4 Justificación e importancia	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Marco histórico	7
2.2 Antecedentes del estudio de investigación	7
2.3 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	9
2.4 Definición de términos básicos	28
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	30
3.1 Hipótesis	30
3.1.1 Hipótesis Principal	30
3.1.2 Hipótesis específicas	30
3.2 Variables	30
3.2.1 Definición conceptual de las variables	31
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO	32
4.1 Enfoque, tipo y nivel de investigación	32
4.2 Diseño de investigación	32
4.3 Población y muestra	33
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de la información	37
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
5.1 Presentación de resultados	38
5.2 Análisis de resultados	85

CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	106
Anexo 1: Matriz de consistencia	106
Anexo 2: Matriz de operacionalización.....	108
Anexo 3: Disponibilidad de máquinas.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición conceptual de la variable dependiente.....	31
Tabla 2. Definición conceptual de la variable dependiente.....	31
Tabla 3. Resumen población y muestra.....	34
Tabla 4. Resumen técnicas e instrumentos.....	35
Tabla 5. Resumen validez y confiabilidad de instrumento.....	36
Tabla 6. Matriz de análisis de datos.....	37
Tabla 7. Funciones del día.....	46
Tabla 8. Promedio de tiempo de preparación por semana pre test.....	49
Tabla 9. 5W-1H de tiempos de preparación de máquinas y equipos.....	51
Tabla 10. Check list de arranque de producción.....	52
Tabla 11. Promedio de tiempo de preparación por semana post test.....	56
Tabla 12. Promedio de tiempo de espera por semana pre test.....	61
Tabla 13. 5W-1H de tiempos de espera.....	62
Tabla 14. Tiempos de operación por operario.....	66
Tabla 15. Proyección del balance aplicado a una línea.....	70
Tabla 16. Comparación del tiempo de espera.....	72
Tabla 17. Promedio de tiempo de espera por semana post test.....	73
Tabla 18. Costos de Reproceso de Costura.....	75
Tabla 19. Promedio de reproceso por semana pre test.....	76
Tabla 20. 5W-1H de reprocesos de prenda.....	78
Tabla 21. Etiquetas de inspección para línea de costura.....	79
Tabla 22. Comparación del RFT antes y después de la implementación.....	83
Tabla 23. Promedio de reproceso por semana post test.....	84
Tabla 24. Muestras pre test y post test para primera hipótesis específica.....	86
Tabla 25. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de preparación Pre test y Post test.....	87
Tabla 26. Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test.....	87
Tabla 27. Prueba de normalidad de tiempo de preparación para muestras Pre test y Post test.....	88
Tabla 28. Resumen de prueba de primera hipótesis específica.....	89
Tabla 29. Muestra pre-test y post-test de tiempo de espera semanal.....	90

Tabla 30. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de espera Pre test y Post test	91
Tabla 31. Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test.....	91
Tabla 32. Prueba de normalidad para tiempos de espera Pre test y Post test	92
Tabla 33. Resumen de contrastes de hipótesis	93
Tabla 34. Muestra pre-test y post-test de nivel de reproceso	94
Tabla 35. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de espera Pre test y Post test	95
Tabla 36. Estadísticas de grupo – muestras pre-test y post- test	95
Tabla 37. Pruebas de normalidad para los reprocesos de las muestras pre-test y post-test	96
Tabla 38. Estadísticas de muestras emparejadas para el nivel de reproceso.	97
Tabla 39. Correlaciones de muestras emparejadas para reprocesos de prenda	97
Tabla 40. Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para los reprocesos.	98
Tabla 41. Resumen de resultados	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ishikawa de Baja en la Productividad	3
Figura 2. Despilfarro.....	10
Figura 3. Flujo en una celda de manufactura.....	11
Figura 4. Recursos implicados en la producción.....	12
Figura 5. Flujo Continuo	13
Figura 6. Flujo Continuo en una celda de manufactura.....	13
Figura 7. Sistema de flujo de una pieza empujar y jalar.....	15
Figura 8. Indicadores de productividad	18
Figura 9. Fases de la herramienta SMED	22
Figura 10. Despilfarro.....	23
Figura 11. Porcentaje de ventas de productos	38
Figura 12. Organigrama gerencial general	39
Figura 13. Organigrama costura	40
Figura 14. Almacén central	41
Figura 15. Tejeduría rectilíneo y circular	41
Figura 16. Tintorería.....	42
Figura 17. Corte.....	42
Figura 18. Estampado	43
Figura 19. Costura	43
Figura 20. Lavandería.....	44
Figura 21. Acabados de prenda	44
Figura 22. Mapa de procesos.....	45
Figura 23. Recojo de herramientas	47
Figura 24. Recojo de herramientas de limpieza	48
Figura 25. Filtrado de aceite	48
Figura 26. Inicio de producción sin haber ordenado	49
Figura 27. Máquina limpia con papel testigo	53
Figura 28. Zona de limpieza.....	53
Figura 29. Recojo de herramientas después de la implementación.....	54
Figura 30. Recojo de herramientas de limpieza después de la implementación	55
Figura 31. Estación de trabajo listo para el arranque de producción.....	55
Figura 32. Layout del área de costura.....	57

Figura 33. Layout de una línea de costura.....	58
Figura 34. Diagrama operaciones de un polo box	59
Figura 35. Capacitación de operarios	63
Figura 36. Descarga de secuenciador	64
Figura 37. Formato de balance	65
Figura 38. Secuencia de operaciones.....	65
Figura 39. Tiempo de ciclo actual	67
Figura 40. Balance de línea	68
Figura 41. Tiempo de ciclo final	69
Figura 42. Comparación del Tiempo de Espera	71
Figura 43. Proceso actual de auditoría costura	74
Figura 44. Prenda con defecto de mancha de soleado.....	75
Figura 45. Prenda con defecto de mancha de soleado.....	76
Figura 46. Etiquetas de inspección para línea de costura	79
Figura 47. Módulo de inspección	80
Figura 48. Proceso de auditoría tras la implementación.....	81
Figura 49. Primeras prendas inspeccionadas semana 30.....	82
Figura 50. Comparación del RFT en el año 2021.....	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en su esfuerzo en implementar Lean Manufacturing para el aumento de la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora.

El objetivo de incrementar la productividad se basó en mejorar la producción (tiempo de preparación, tiempo de espera y reproceso), en la cual se usó las herramientas SMED, flujo continuo y Poka Yoke.

Con el primero se alcanzó 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 el 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.

Palabras clave: Lean manufacturing, SMED, flujo continuo, Poka Yoke, productividad, textil.

ABSTRACT

This research work focused on implementing Lean Manufacturing to increase productivity in the sewing area of an exporting textile company.

The objective of increasing productivity was based on improving production (preparation time, waiting time and reprocessing), in which SMED, continuous flow and Poka Yoke tools were used.

With the first, the time prior to the start of the sewing process was reduced, after the implementation of maintenance controls and good manufacturing practices, reducing machine and equipment preparation times.

By means of the second one, the production process was made efficient, constantly feeding each work station with load in a timely manner, generating a decrease in the waiting time for production.

With the use of the third one, a total verification of the process was made before any error is generated, benefiting the quality in the work area, avoiding accidents, reducing actions that need inspection and providing instruction to the operators, reducing the level of reprocessing of garments.

Key words: Lean manufacturing, SMED, continuous flow, Poka Yoke, productivity, textile.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se realizó en una empresa textil exportadora en el área de costura, en la cual se efectuó el análisis de sus problemas internos en el proceso de producción, determinando el principal de este, problemas específicos y causas de estos, planteando hipótesis para solucionar los problemas, que serán desarrollados en base a objetivos planteados en los siguientes capítulos.

Con respecto a la problemática de la línea de producción se desarrolló un plan de mejora con la finalidad de incrementar la productividad de esta línea en base a las herramientas SMED, Poka Yoke y Flujo Continuo.

La estructura de la presente tesis es la siguiente:

En el capítulo I, se orientó en el planeamiento de la tesis de investigación, formulación de los problemas y objetivos, tanto general y específicos. Asimismo, la justificación e importancia del estudio.

En el capítulo II, se desarrolló el marco teórico en donde se presentan los antecedentes, conceptualización de las bases teóricas vinculadas a las variables de estudio y la definición de términos básicos.

En el capítulo III, se detalla las hipótesis, estas fueron probadas durante el trabajo que han sido materia de la investigación. Además, se definieron las variables respectivas y la operacionalización de las mismas.

En el capítulo IV, se desarrolló el diseño metodológico, en donde se definió el tipo y nivel de investigación, enfoque, población y muestra. Así como las técnicas de recolección de datos y los métodos de procesamiento.

Por último, las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

A nivel mundial hoy en día es importante que las organizaciones tengan una productividad alta por lo que mayormente se trabaja con herramientas Lean Manufacturing, incrementando el valor del producto y servicio, lo que conlleva a un mejor posicionamiento de la marca, así como generar un aumento en las ganancias. Es así que existen casos de éxitos tales como en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia, donde se realizó un proyecto de implementación Lean Manufacturing en una pequeña industria llamada Tres60 Logística, el objetivo fue mejoras en la entidad, tales como elevar la productividad, la satisfacción al cliente, en la capacidad y calidad, por medio de la disminución de tiempos de espera, reducción de costos, la gestión de inventarios y el correcto tratamiento de residuos, con el fin de dar una solución ajustada a las necesidades reales, se diseñaron formatos de levantamiento, análisis y consolidación por medio de macros diseñadas en Excel y la información fue tomada por áreas que se involucran directamente como el área comercial. (Roqueme & Suárez, 2015). En cuanto a los resultados obtenidos, Yauri (2015) indicó que en la organización de calzado se implementó Lean Manufacturing lograron incrementar la productividad en un 20%, concluyendo, al aplicarse las propuestas de mejora, se generó un aumento de productividad en el área de trabajo, produciendo más piezas en menos tiempo.

El área de costura representa la mayor inversión de la organización en cuanto a maquinaria y talento humano. Esto fue principalmente a la alta demanda de confección de prendas por parte de los clientes extranjeros, que exigen un alto nivel de calidad de los insumos, personal y el producto terminado. Lo que ha conllevado a invertir en programas de capacitación de personal, auditorías internas y externas, implementación de tecnología, entre otros.

No obstante, el área presenta una baja productividad, causada principalmente por la preparación de máquinas que generalmente requiere la ayuda de un personal técnico del área de mantenimiento, cambios de estilos no programados que generan retrasos porque hay una recalibración de las máquinas y rotación del personal para asignar nuevas tareas; y cargas no continuas generadas por la demora de actividades específicas de la producción, y contratiempos de los propios colaboradores.

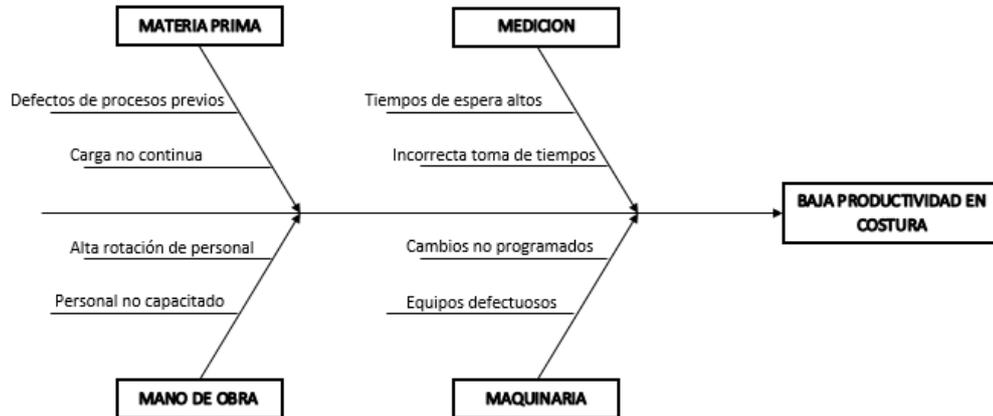


Figura 1. Ishikawa de Baja en la Productividad

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, se cuenta con distintos programas referentes a elevar la productividad en el área, como bonos por eficiencia, automatización de procesos, centros de formación laboral, entre otras mejoras propuestas por el área de mejora continua especializada en procesos de manufactura.

1.1.1 Problema general

¿Cómo aumentar la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura de una empresa textil exportadora?
- b) ¿Cómo reducir los tiempos de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora?
- c) ¿Cómo reducir el nivel de reproceso en el área de costura de una empresa textil exportadora?

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo general

Implementar Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Implementar la herramienta SMED para reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura de una empresa textil exportadora.
- b) Implementar la herramienta flujo continuo para reducir el tiempo de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora.
- c) Implementar la herramienta Poka Yoke para reducir el nivel de reproceso en el área de costura de una empresa textil exportadora.

1.3 Delimitación de la investigación: Temporal y espacial

1.3.1 Delimitación espacial

La presente investigación se centrará en los siguientes procesos del área de costura como son Preparación de máquinas y equipos, Confección de prendas y Auditoria, para incrementar la productividad. La entidad de objeto de estudio se localiza en el Departamento de Ica, Provincia de Chincha.

1.3.2 Delimitación temporal

Se utilizó información y datos registrados desde enero del 2021 hasta mayo del 2021 para el análisis de datos, posteriormente la implementación se realizó entre meses de junio y julio de 2021, finalmente en los meses de agosto y septiembre de 2021 se tomaron los resultados correspondientes.

1.3.3 Delimitación teórica

Aplicación de la metodología Lean Manufacturing, de la cual se utilizarán herramientas SMED, Flujo Continuo y Poka Yoke.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Importancia del estudio

La presente investigación es importante, ya que a través de la implementación de Lean Manufacturing en el área de costura, empleando herramientas como SMED, que permitirá reducir los tiempos de preparado de máquinas y equipos al inicio de la jornada (recojo de herramientas en almacén, recepción de agujas, cambio de agujas, recepción de herramientas de trabajo) y al finalizar la jornada

recepción de herramientas de limpieza, limpieza de puestos de trabajo y de máquinas y colocación del papel testigo). Con la aplicación del flujo continuo se logrará disminuir los tiempos de espera de las actividades del proceso de confección de prendas, impactando el aumento de prendas despachadas y finalmente con la aplicación de poka yoke, se logrará reducir el número de prendas observadas para reproceso, y así lograr controles de verificación en la línea de costura.

1.4.2 Justificación del estudio

Justificación teórica:

Con respecto a la información Arias (2012) indica lo siguiente: “En investigación hay una justificación teórica cual el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente. Confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p.122).

Con la implementación de Lean Manufacturing en una empresa textil, a través de sus herramientas SMED, flujo continuo y Poka Yoke, contrastando resultados, generando reflexión y aportando nuevos conocimientos. Se aplicará herramientas en especial, el diagrama de Ishikawa, Flujogramas y encuestas.

Justificación metodológica:

Con respecto a la información Bernal (2010) afirma lo siguiente: “En la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valido y confiable” (p.107).

Al utilizar Lean Manufacturing ha conllevado a mejorar procesos, reducir tiempos, eliminación de cuellos de botellas que permite aumentar la productividad del área de costura.

Justificación práctica:

“Cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo” (Bernal, 2010, p.106)

Esto se realizó en una fábrica textil, la misma que podrá ser replicada en otras entidades del rubro. Se logrará aumentar cambios significativos en la línea del área de costura, de esta forma se logrará ventajas competitivas con respecto a otras organizaciones del mismo tipo.

Justificación económica:

El estudio tiene una justificación Económica debido a justifican los recursos de acuerdo con los intereses de la persona o de la institución que patrocina la investigación (Baena, 2017).

Desde el punto de vista económico, la reducción de tiempos de producción permitirá una aumentar la fabricación de prendas, dando como resultado un impacto positivo en las ventas de la empresa.

Justificación social

Un estudio puede ayudar a resolver problemas que afectan a un grupo social, ayudando (por ejemplo) al empoderamiento de grupos vulnerables o al estudio de métodos que ayuden a la alfabetización de grupos de personas. (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014).

El presente estudio se justifica desde el punto de vista social por cuanto una vez solucionado los problemas identificados beneficiará en primer término a la organización, lo cual involucra a todos los directivos y trabajadores; por otro lado, también dentro de ese beneficio incluye a otros grupos de interés tales como clientes, proveedores, entre otros.

Justificación Legal:

La investigación tiene una justificación legal cuando en la investigación se hace uso de distintas leyes y decretos (Hall, 2018). El presente estudio se justifica ya que la empresa textil exportadora se somete a la Ley General de Aduanas en donde se incluyó desde el año 2009 el término Operador Económico Autorizado con el Decreto Legislativo 1053 publicado el 27 de junio de 2008, incluido en el capítulo III de la mencionada Ley, el cual fue modificado por el Decreto Supremo N° 367-2019-EF del 9.12.2019 en donde menciona la información mínima necesaria para la declaración que permita identificar la mercancía (Sunat, 2020).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico.

Durante la primera mitad del siglo XX, se implementó la producción en masa en los procesos de las industrias productoras, perfeccionadas en el sector automotriz. Los métodos de Taylor y Ford contribuyeron al máximo desarrollo del modelo de producción en masa, no obstante, tras la crisis esto ya no era viable por la falta de tecnología, mercado y economías de escalas que imposibilitan la fabricación en grandes volúmenes (Rajadell, 2010).

Tras la Segunda Guerra Mundial, las industrias japonesas se encontraban en crisis debido a la falta de recursos (humanos, financieros y materiales). Toyota, al borde de la quiebra, desarrolló el sistema de Producción Toyota. Cuya idea central fue minimizar el consumo de recursos que no generan valor (Ruiz, 2013). Esta idea que Taichí Ohno y sus discípulos aplicaron, hoy es conocida como Lean Manufacturing (Rajadell, 2010).

2.2 Antecedentes del estudio de investigación

A continuación, se presentan antecedentes internacionales.

Guerrero (2019), En su tesis de Pregrado, “El Lean Manufacturing y la competitividad dentro del sector textil del Cantón de Ambato” la finalidad fue mejorar las deficiencias del sector textil del Cantón Ambato a través de las herramientas Lean, y se dedujo que por medio de esta se permitió un adecuado soporte textil y la aplicación no requiere un mayor costo, el aporte de esta tesis fue que como solución viable se implemente la manufactura esbelta para así minimizar desperdicios y aumentar costo-beneficio, y se relaciona con el presente trabajo de investigación en la reducción de despilfarros en la cadena de producción.

Celso (2017), En su tesis de pregrado, “Aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo de ciclo de un cambio de modelo de inyección de un componente de un HVAC”, el propósito fue disminuir la duración de cambio empleado de una matriz a otra a través de las técnicas de Lean Manufacturing, se concluyó que para evitar y reducir desperdicios y un exceso de producción haciendo una reparación en las herramientas utilizadas para la máquina, que fue el pirómetro, y esto conlleva a reducir el tiempo muerto en la colocación del molde en la máquina de inyección. El aporte de esta tesis ha sido que a través de la herramienta mencionada se aumente la

fiabilidad de los procesos de cambio, y se reduzcan las averías. Se relaciona con el presente trabajo de investigación en la disminución de los tiempos de espera en la reparación de máquinas y equipos.

Orozco (2012), En su Tesis de pregrado. “Optimización de recursos en una empresa de manufactura de empaques flexibles extruidos utilizando algunas de las herramientas de la manufactura esbelta”, la finalidad de esta tesis fue la reducción de costos y gastos e incrementar las ganancias y así mejorar la rentabilidad de la organización por medio de la manufactura esbelta, es así que con el aporte de las aplicaciones ya mencionadas se logró minimizar los cuellos de botellas en el proceso extruido y así lograr minimizar los costos de materiales. El presente trabajo de investigación se relaciona con este antecedente en la identificación de las actividades del proceso que generan retraso en la producción.

A continuación, se presentan antecedentes nacionales.

Malca (2017), en su tesis de pregrado “Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en la línea de producción de pinturas temple en la empresa Pinturas Quincen EIRL”, el objetivo fue optimizar la productividad, la metodología que empleó fue la herramienta 5’S para lograr un trabajo ordenado y limpio, se concluyó que a través de la implementación de esta permitieron un adecuado análisis, por medio de las señalizaciones de cada componente, limpieza y orden en el ámbito laboral. La contribución de esta tesis permitió implementar la herramienta 5’S, consiguiendo mejoras duraderas para la organización como el orden y limpieza del área de costura y se optimizó espacios de trabajo y minimizó la duración del proceso. Se relaciona con el presente trabajo de investigación en la implementación de mejora en la reducción de los tiempos de traslado al distribuir correctamente las estaciones de trabajo.

López (2019), en su tesis de postgrado “Aplicación del modelo Lean Manufacturing en empresas de confección del parque industrial en el asentamiento humano de Huaycán” el fin fue incrementar el rendimiento en las empresas de confección, la técnica que utilizó fue la metodología JIT y 5’S, para mejorar el desempeño de la entidad y disminuir el porcentaje de defectuosos. Se concluyó que a través de esta se mejoró el nivel de stock y la distribución de las maquinarias. El aporte de esta tesis contribuyó a contar con un stock limitado de materiales y la cantidad de prendas exactas producidas y lleguen al cliente en el tiempo acordado. Se relaciona con el

presente trabajo en el aumento de la eficiencia de la producción, que impacta en la reducción de desperfectos.

Arana & Estuardo (2018), en sus tesis de pregrado “Implementación de la metodología Lean Manufacturing en proceso productivo de fabricación de suelas de poliuretano para mejorar la rentabilidad de la Empresa Parisinas SAC” el objetivo fue mejorar la rentabilidad en la organización e identificar los problemas que son detectados del proceso de confección de suelas en un corto tiempo a través del procedimiento de VSM, 5’S, SMED y OEE. En consecuencia, de estas se mejoró la calidad utilizando los recursos eficientes productivos, el aporte de esta tesis es que con los indicadores ya mencionados anteriormente se logró llegar a un aumento productivo en el área específica y manejar de manera eficiente los recursos. Se relaciona con la presente investigación en mejorar los controles de calidad, reduciendo los costos por improductivos.

Portada (2017), en su tesis de pregrado “Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa Carrocera”, el propósito fue la erradicación de los desperdicios que no generan ningún valor y llevar un control adecuado de calidad mediante indicadores como el VSM y 5’S, con ayuda de estas herramientas de manufactura, se define que la utilización de estas incrementan relativamente y eficientemente la calidad del producto final y minimizan en mayor grado los desperfectos de productos, el aporte de esta tesis ha sido la de implementar de manera detallada la metodología 5’S para eliminar las actividades que no agregan ningún valor. El presente trabajo se relaciona en la reducción de despilfarros y tiempos de espera que no agregan valor al proceso.

2.3 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.3.1 Lean Manufacturing

Es un conjunto de herramientas que, al aplicarse, buscan mejorar el sistema de producción a través de la eliminación de despilfarros, aquellas acciones que no generan valor al producto (Rajadell, 2010).



Figura 2. Despilfarro

Fuente: Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad (Rajadell, 2010)

Se fundamenta básicamente en:

- La flexibilidad en los procesos, puestos de trabajo, polivalencia del trabajador y productos.
- La eliminación de desperdicios.

Esta filosofía tiene como objetivos:

- Elevar la productividad, por medio de la eliminación de tareas que no añaden ningún valor.
- Aumentar la rapidez de la entrega de productos y servicios al cliente (interno y externo).
- Minimizar costos y reducir el consumo de recursos.
- Aumentar la calidad de los productos.
- Flexibilidad, a fin de cubrir la demanda de manera exacta cuando se la recibe.

Se resume, que es la gestión de procesos para producir lo necesario en las cantidades requeridas y en el momento requerido. (Ruiz, 2013)

2.3.2 Principios de Filosofía Lean

a. El valor

El cliente es quien define el valor desde su perspectiva. Es necesario mantener un diálogo y realizar un análisis a sus necesidades, a fin de que cumpla con sus expectativas y el producto se venda. (Ruiz, 2013).

b. El flujo de valor

A fin de alcanzar las expectativas del cliente, es importante que las actividades que transformarán los insumos en el producto final añadan valor (Ruiz, 2013). Es necesario planificar el proceso y que solo se incorporen actividades que generen valor, a medida que se analiza este flujo se encuentran:

- Actividades que añaden valor.
- Actividades que no añaden valor, pero son necesarias debido a las limitaciones tecnológicas y de recursos que se posee.
- Actividades que no añaden valor y que pueden eliminarse (despilfarro).

c. Flujo

Tras definir el valor y haber eliminado los desperdicios, se procede a crear el flujo continuo. El objetivo es que la producción se lleve a cabo de forma continua (un objeto detrás del otro), sin paradas ni interrupciones. (Ruiz, 2013).

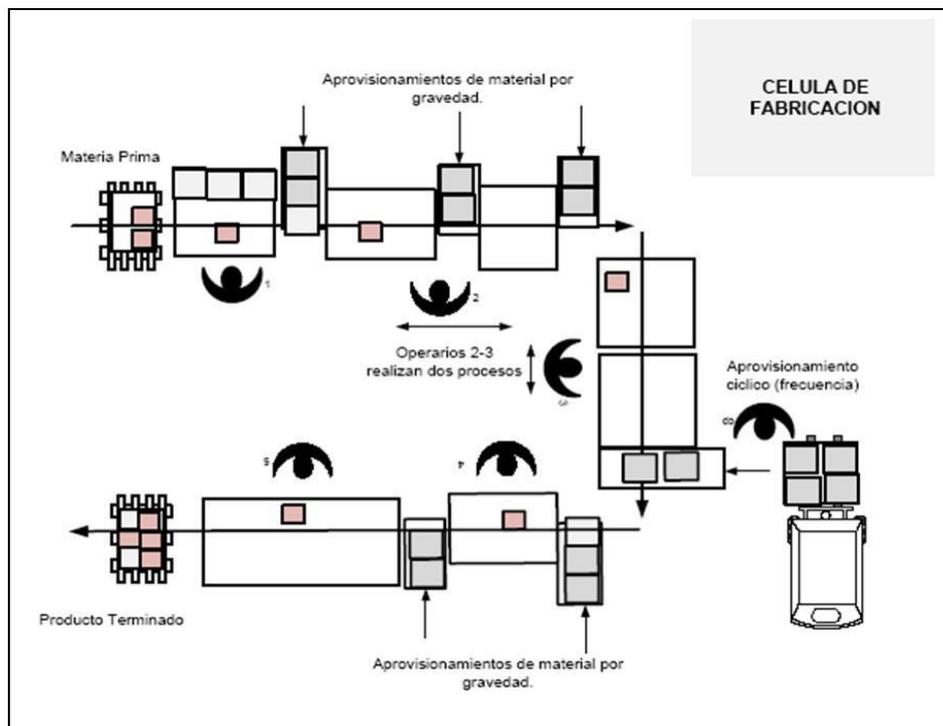


Figura 3. Flujo en una celda de manufactura

Fuente: La organización

d. Pull

Significa tirar de la producción, permitiendo producir exactamente lo que se vende y vender únicamente lo que se produce, en este sistema no se genera acumulación de stock, ni se genera un quiebre por la falta de inventario (Rajadell, 2010).

2.3.3 Productividad

Es la relación entre la salida de lo producido y las entradas del proceso, visto de otra manera, es un índice que relaciona el producto (bienes y/o servicios) con los insumos (recursos) utilizados (Biasca, 2015).

Se calcula ya sea parcial, donde se relaciona con uno de los recursos de entrada, o total al relacionar el producto final con los recursos de entrada utilizados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de productos o servicios realizado}}{\text{Cantidad de recursos utilizados}}$$

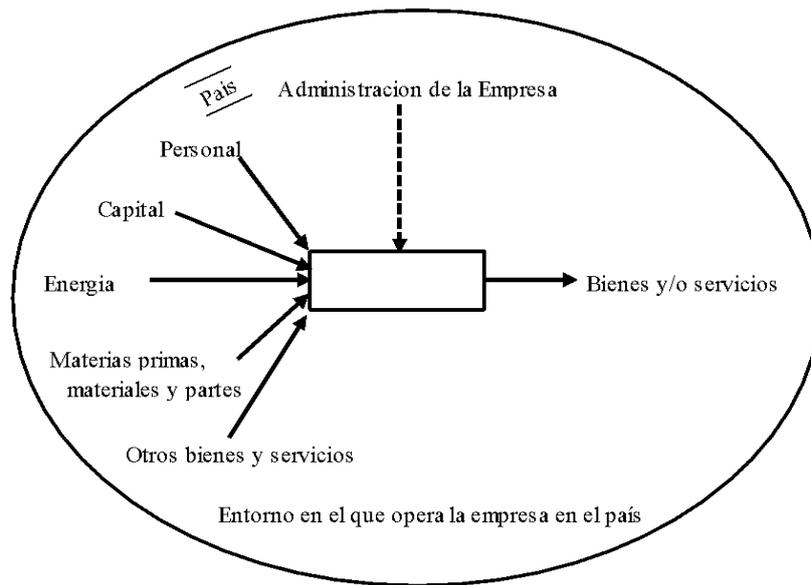


Figura 4. Recursos implicados en la producción

Fuente: Productividad un enfoque integral del tema (Biasca, 2015)

Una de las metas más importantes que se trazan las organizaciones es la de incrementar la productividad, para ello es necesario realizar una secuencia de análisis de cada proceso, permitiendo encontrar oportunidades de mejora (Biasca, 2015).

A medida que los procesos son rediseñados tras el análisis, y se convierten más eficientes, la productividad aumentará. (Ruiz, 2013).

2.3.4 Flujo continuo

En un sistema de producción es importante que los procesos fluyan suave y continuamente, de esta manera se eliminan despilfarros como, el tiempo ocioso, sobre stock, entre otros (Rajadell, 2010).

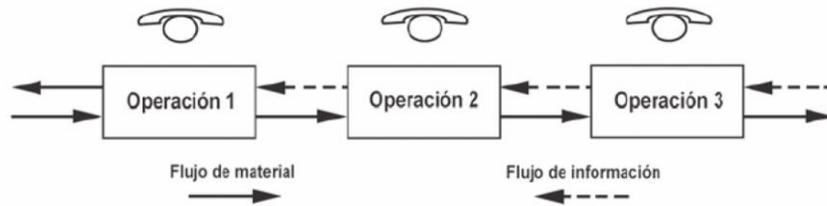


Figura 5. Flujo Continuo

Fuente: Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad (Rajadell, 2010)

En 1913, Ford y sus trabajadores se percataron de lo útil que resulta su implementación, ellos lo aplicaron en el ensamblaje final alineando las máquinas de tal manera que los componentes del coche se ensamblaban de forma continua. No obstante, este método funcionó ya que la producción era en gran medida, el éxito de Taichi Ohno recae en el hecho de lograr el flujo continuo en producciones de menor medida, siendo capaces de ajustar de forma rápida las maquinarias y los recursos a los requerimientos de productos de diferentes características. De esta manera se logra la fabricación de distintos tipos de productos de forma inmediata (Ruiz, 2013).

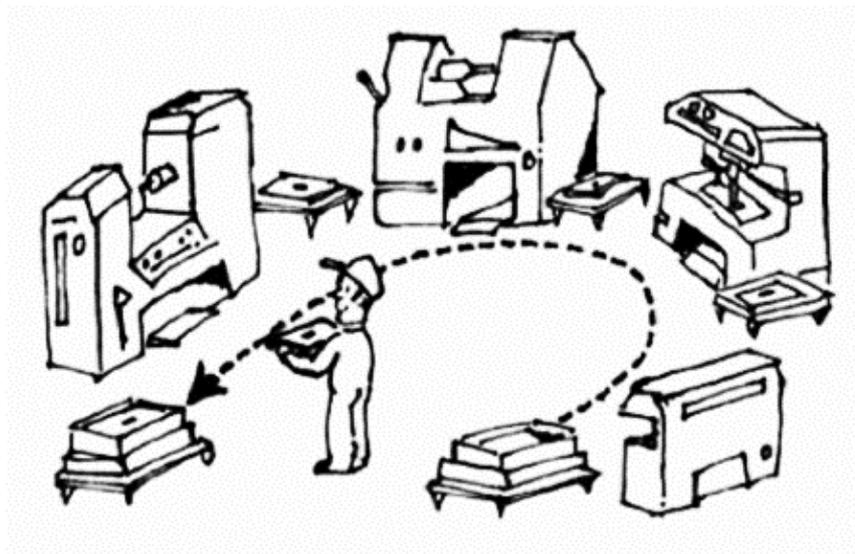


Figura 6. Flujo Continuo en una celda de manufactura

Fuente: Celda de un grupo de máquinas con manejo semi-integrado de materiales (Ramírez, 2013)

El balance de línea juega un papel determinante en lograr este sistema, existen actividades que requieren mayor tiempo de elaboración y que producen cuellos de botella, balancear la fuerza de trabajo permite reducir dicho tiempo, con la ayuda de esta y de otras actividades que no requieren el mismo esfuerzo.

La actuación más efectiva de cara a reducir “desperdicios” en una cadena de valor es la creación de flujos continuos. Se entiende por flujo continuo la integración de procesos de acuerdo a la secuencia de fabricación de manera que los productos avanzan en lotes de transferencia unitarios (aunque el lote de fabricación sea de 1000 piezas).

Por el contrario, en un flujo intermitente como es el flujo por lote, los procesos están aislados y la conexión entre los mismos se realiza por medio del transporte de materiales en lotes de transferencia de varias unidades.

Características principales del flujo continuo:

- a) La estandarización del proceso y del producto es muy elevada, igual que el grado de automatización de los equipos.
- b) Debido al elevado volumen de producción, el coste total unitario de fabricación es reducido.
- c) Requiere un número mayor de máquinas que los otros tipos de producción, pero menos mano de obra.
- d) En algunos casos la obtención del producto no se detiene nunca, para evitar dañar los equipos, o porque el tiempo o el coste de reiniciarlos es demasiado elevado.
- e) Debido al alto grado de automatización y de estandarización de los productos, este tipo de producción es el más rígido de todos, esto es, la flexibilidad es muy escasa.
- f) Es una producción orientada totalmente al mercado.
- g) La distribución en planta que más se ajusta a este tipo de producción es la denominada “distribución en planta por producto”, que se caracteriza porque agrupa en un departamento todas las operaciones necesarias para elaborar un producto de forma que cada actividad se coloque tan próxima como sea posible a su predecesora.

El siguiente concepto que utiliza el lean en la creación de un flujo continuo es el Takt Time. La idea es que si todos los procesos (establecidos en flujo continuo o trabajando de forma aislada) se diseñan para trabajar al mismo ritmo que la demanda, se conseguirá que el material avance al mismo ritmo a lo largo de toda la cadena de valor y, por lo tanto, la acumulación de material será menor. Esto es lo que se conoce como “Sincronización”.

Los beneficios esperados en el flujo continuo son los siguientes:

- El flujo pieza a pieza elimina tiempos de no Valor añadido
- El flujo pieza a pieza reduce la necesidad de espacio
- El flujo pieza a pieza limita el stock en curso
- El control del stock en curso reduce la dispersión al sistema de producción y controla el Lead time.

Los tres puntos clave del procesamiento del flujo continuo:

- Solo lo que se necesite
- En el momento que se requiera
- Cantidad exacta que se requiera

Ventajas del flujo continuo:

- Entrega de tiempo reducido
- Queda desusada la producción tradicional
- Habilidad para identificar y resolver problemas de manera rápida
- Se reduce de manera drástica los inventarios de trabajo en proceso

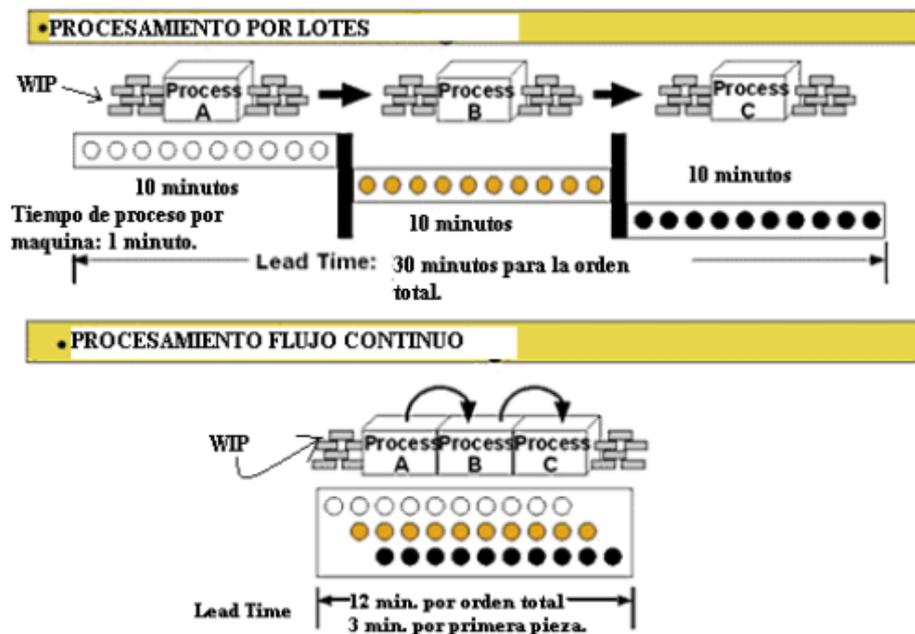


Figura 7. Sistema de flujo de una pieza empujar y jalar

Fuente: Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistema de producción y calidad (Maldonado, 2008)

Para generar el flujo continuo de una pieza entre estaciones, se tienen ciertas reglas y condiciones, las cuales se describen a continuación (Sekine Kenichi, 1993):

- 1) Base el tiempo de ciclo (T/C) en los requerimientos del mercado (takt

time).

El enfoque básico de la producción de una pieza comienza coordinando el ritmo de la producción con las necesidades de los clientes. Bajo esta perspectiva, el principio básico del tiempo de ciclo es que el takt time de la fabricación debe igualarse al tiempo de ciclo de las ventas.

- 2) Base la utilización de la capacidad del equipo en el takt time.

Los factores de los equipos, basados en la producción de una pieza son:

- a. Calidad: Instalación del equipo para inspección total, poka yoke, jidoka, sin paros menores y el equipo debe tener la precisión requerida.
- b. Costo: El equipo es suficientemente compacto para uso en células en forma de “U”, equipo agrupado en familias a lo largo de la ruta del proceso, equipo coordinado en el tiempo de ciclo, equipo apto para operaciones de preparación sucesivas, entre otras.
- c. Entrega: Preparación del equipo para cero cambios de dados, fácil de manejar; el equipo debe ser resistente a fallas, y las fallas deben ser fáciles de identificar.
- d. Seguridad: Uso de mecanismos de seguridad.

- 3) Centre la producción con base en los procesos de producción.

En los sistemas de producción de una pieza, la última información del mercado se pasa exclusivamente al departamento de producción, que recibe también un plan de producción diario basado en esa información. La información no pasa a ninguno de los procesos anteriores. En vez de eso, los procesos anteriores reciben órdenes que reemplazan los productos consumidos en los procesos de producción. En otras palabras, la fábrica sigue el principio de “jalar” la producción.

- 4) El layout (distribución de piso) de la fábrica debe ser apropiado para la producción de una pieza.

Para generar un layout en donde se incluyan células con forma de “U”, se tienen las siguientes recomendaciones:

- a. Reordenar el layout de la fábrica para que sea apropiado al flujo global de la producción.
- b. La fábrica debe incluir rutas claras de acceso o paso.
- c. La línea de producción debe distinguir claramente entre la entrada

de materias primas y la salida del producto terminado.

- d. La línea de producción debe consistir principalmente en células en forma de “U” con un operario.
 - e. Incluir la inspección dentro de la distribución del layout.
 - f. Minimizar los inventarios en proceso; tratar de crear supermercado en puntos clave.
- 5) Los productos deben ser aptos para la producción de una pieza.

Generalmente, las piezas muy pequeñas no son apropiadas para la producción pieza a pieza como consecuencia del desperdicio que implica el cambio de dados, y el manejo de éstos. Sin embargo, si los y traslados pueden automatizarse completamente y el tiempo de ciclo no es largo, la producción pieza a pieza es aún posible.

2.3.5 Importancia de la productividad:

El mejoramiento de la misma produce aumentos directos de los niveles de vida cuando la distribución de los beneficios de esta se efectúa conforme a la contribución. En la actualidad, no es erróneo indicar que es la única fuente mundial importante de un crecimiento económico, un progreso social y un mejor nivel de vida reales.

2.3.6 Indicadores de productividad:

La productividad es una ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; se hace entonces necesario el control de la productividad. Cuanto mayor sea la productividad en

la organización, menor serán los costes de producción y, por lo tanto, aumentara la competitividad dentro del mercado (Cruelles, 2013).

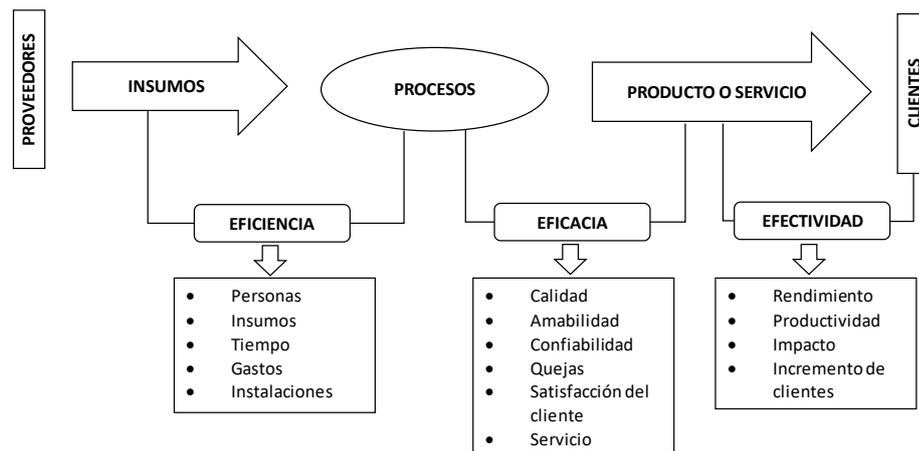


Figura 8. Indicadores de productividad

Fuente: La organización

a. Eficiencia:

Cruelles (2013) señala que esta “mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el coste de los recursos” (p.10). Se deduce que es la razón entre la producción obtenida y la esperada. Gutierrez (2014) la define como “la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados” (p.20).

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de servicio}}{\text{Tiempo planificado}}$$

b. Eficacia:

Cruelles (2013) indica que “es el grado en el que se logran los objetivos. Se identifica el logro de las metas” (p.11). Agrega Gutierrez (2014) que es el nivel “en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados” (p.20).

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{\text{Servicios realizados}}{\text{Total de servicios planificados}}$$

c. Efectividad:

Es el grado de cumplimiento de los objetivos planificados, por ejemplo, el cumplimiento de la entrega de un producto en la fecha requerida por el cliente. Por lo tanto, la efectividad mide el grado en que se han cumplido con los resultados programados en el tiempo, involucrando conceptos de eficacia y eficiencia. (Pérez, 2013).

2.3.7 Factores para mejorar la productividad:

Están integradas por dos principales categorías:

a. Factores internos: Estos son más propensos de alterarse más sencillamente que otros, de manera que se los agrupa en dos grupos, duros y blandos.

i. Factores duros

- **Producto:** Este factor representa la manera de como el producto o servicio satisface el interés del cliente, y este se optimiza con la mejora de sus características y diseño.
- **Planta y equipo:** Este factor es importante y se perfecciona al poner énfasis en su modernización y mantenimiento, así como la manera en que se utiliza, sus costos y la inversión puesta en ellos, además de su expansión y su capacidad, planificación, control de inventarios, entre otros.
- **Tecnología:** Innovar tecnológicamente conforma una fuente fundamental en el aumento de la productividad. Con ello es posible alcanzar mayores volúmenes de bienes y servicios, así como la incorporación de nuevas maneras de comercialización, un mejoramiento de calidad, entre otros, a través de una avanzada tecnología de la información y mayor automatización.
- **Materiales y energía:** En este sector, los pequeños esfuerzos por aminorar el consumo de energía y materiales puede provocar relevantes resultados. También se centra en los materiales indirectos y materias primas.

ii. Factores blandos

- **Persona:** Este factor es el más importante, sin esta una organización no sería productiva, y se mejoran gracias a la participación y cooperación de todos los trabajadores, además de una motivación constante, la buena práctica de buenos valores, un justo sistema de salarios y sueldos, además de programas de seguridad, y de una buena formación académica.
- **Organización y sistemas:** A fin de una mejora en la productividad, es necesario tener flexibilidad, capaz de prevenir cambios en el mercado y saber enfrentarlos, estar pendientes del avance tecnológico, estar al tanto de las nuevas competencias de la mano de obra, de igual manera, tener una buena comunicación a nivel general.
- **Métodos de trabajo:** Es necesario evaluar los métodos actuales usados en la organización, ver que métodos no están dando buenos resultados y ver

cuales, si lo están dando, y a la vez perfeccionándolos mediante la formación profesional y un estudio de trabajo.

- Estilos de dirección: Como principal encargado de la utilización eficaz de los recursos delegados a la dirección de la organización, puesto que incide en los sistemas de elaboración del presupuesto, la planificación y control operativos, las políticas del personal, las fuentes y costos de capital, en el diseño organizativo, las políticas de compras y mantenimiento, las técnicas de control de costos, la descripción de puestos, entre otros.

b. Factores externos: (no controlables). Estos perjudican la productividad de la organización, por lo que las organizaciones perjudicadas no tienen la capacidad de controlarlos activamente. Por lo que la administración de la organización debe tenerlos en cuenta al momento de ejecutar y planificar los programas de productividad. Tomando en cuenta todas las conexiones políticas, sociales, organizativas y económicas que hay.

i. Ajustes estructurales: La productividad nacional y las empresas se ven frecuentemente influenciadas por las transformaciones estructurales que se dan en la sociedad.

No obstante, la productividad suele cambiar a esta estructura a largo plazo.

- Cambios económicos: Dentro de este cambio se presencia, el traslado del sector manufacturero a las industrias, de igual manera el paso de la agricultura a la industria manufacturera, por otra parte, el choque estructural de las actividades de investigación, la competencia industrial, las economías de escala desarrollo y tecnología.
- Cambios demográficos y sociales: Por otro lado, se enfatizan las tasas de mortalidad y natalidad que a largo plazo perjudican en el mercado laboral, la edad de jubilación, la integración de féminas a puestos de trabajo y los ingresos que ganarán, posturas culturales y valores.

ii. Recursos naturales: Abarcan lo relacionado a los recursos que posee el planeta. Por ejemplo, la tierra y su nivel de erosión, los minerales, el agua y todas las materias primas existentes, sin dejar de lado la contaminación que el ser humano genera.

iii. Administración pública e infraestructura: Incluyen normas, prácticas o reglas institucionales, que se ejecutan y que inciden de lleno en la productividad. En este sentido hay 2 factores muy importantes en la

productividad; los internos que también se dividen en dos grupos duros y blandos, los externos que cambian a largo plazo como son los ajustes estructurales, recursos naturales, y la infraestructura.

2.3.8 Reducción de los tiempos de cambio (SMED):

“SMED se refiere al intercambio rápido de herramientas y arreglos en los talleres, de modo que se puedan manejar varios productos en lotes pequeños con el mismo equipo. La reducción del tiempo de instalación agrega valor a la operación” (Lindsay, 2008, p.521).

Según Hernández, J y Vizán, A (2013) SMED es una metodología que tiene como principal objetivo reducir los tiempos de preparación de máquina. Esta técnica se obtiene analizando a detalle el proceso y añadiendo cambios estrictos en las máquinas, equipos, herramientas, y en el propio producto. Esta técnica se considera como una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, la implementación por lo general no requiere de una gran inversión, no obstante, requiere de métodos y constancia para alcanzar el propósito.

La reducción de tiempos de preparación merece una importante consideración por los siguientes motivos:

- Si el tiempo de cambio es alto, los lotes de producción son grandes por lo que, la inversión en inventario será elevada.
- Si el tiempo de cambio es irrelevante, es posible producir diariamente la cantidad necesaria, lo que permite eliminar la inversión de inventarios.

En 1950, el japonés Shigeo Shingo, comenzó a trabajar en la reducción de los tiempos de cambio de las prensas. A lo largo de treinta años desarrolló una metodología a la que denominó SMED (Single Minute Exchange of Die), que se detalla a continuación en la figura 9.

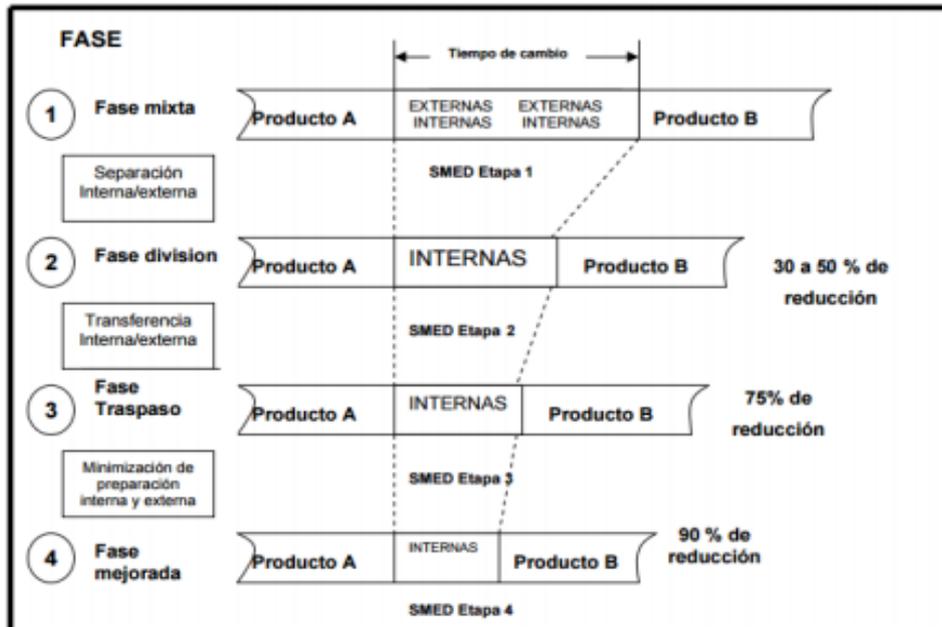


Figura 9. Fases de la herramienta SMED

Fuente: Paredes, Francisco. Método SMED

Fase 1: Separar operaciones internas y externas:

Se identifican las tareas o actividades de preparación que se realizan en un cambio, las operaciones internas, que se realizan mientras la máquina está parada y las operaciones externas, que se realizan con la máquina en marcha.

Fase 2: Convertir operaciones internas en externas:

Requiere un análisis de todas las actividades para verificar si algunos pasos se han asumido erróneamente como internos. El disponer de todo lo necesario cerca de la máquina elimina el despilfarro derivado de la búsqueda de herramientas, útiles, materiales, entre otros improductivos. Puede ser útil, la implementación de un check-list para verificar que todo sea correcto antes de parar la máquina y empezar los cambios internos. Una vez que todo lo que tiene que estar preparado esté realmente preparado, se puede parar la máquina. (Rajadell,2010).

Fase 3: Reducir las operaciones internas:

Se obtiene al:

- Emplear cambios ágiles para los componentes y soportes.
- Eliminar herramientas utilizadas.
- Utilizar códigos de colores que facilitan la gestión visual.
- Establecer posiciones prefijadas de instrumentos y herramientas a la hora

de cambiarlos (Rajadell,2010).

Fase 4: Reducir las operaciones externas

Se logra teniendo un personal con la cultura de cambio y estandarizando todos los movimientos que realizan los operarios en sus funciones. (Rajadell,2010).

Maradiaga (2021) Presenta 6 pasos para la implementación del SMED en una organización. A continuación, se detallan los pasos que se muestran en la figura 10 se representa un esquema con los pasos de la implementación.

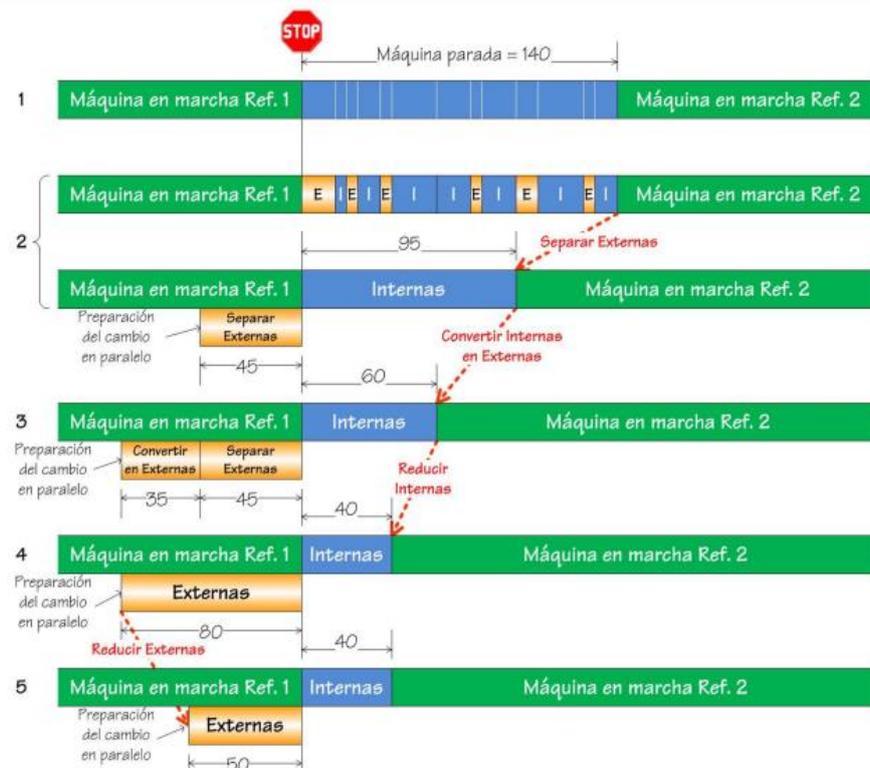


Figura 10. Despilfarro

Fuente: Metodología SMED (Maradiaga, 2021)

Paso 1. Descomponer el cambio en operaciones

- Composición de grupo de trabajo que incluye personal de ingeniería, mantenimiento y producción.
- Grabar el cambio de Referencia 1 a referencia 2 en el equipo seleccionado.
- Observar el cambio y desglosarlos en operaciones

Paso 2. Separar las operaciones en «externas» e «internas»:

Se verifica y visualiza las operaciones que se hacen cuando la máquina está en marcha y cuando está parada.

- Se identifican como externas, aquellas operaciones que se realizan con la máquina en marcha, mientras ésta procesa la referencia saliente (Ref. 1).
- Se identifican como internas, aquellas operaciones que se hace con la máquina parada.

Paso 3. Convertir operaciones internas en externas:

Al realizarlas, son necesarias modificaciones en el diseño del utillaje, herramientas y/o la adquisición de nuevos medios físicos. (Maradiaga, 2021). Aquí se verificará si algunas operaciones que son innecesarias se puedan trabajar con la máquina en funcionamiento y así poder disminuir el tiempo de cambio.

Paso 4. Reducir las operaciones internas:

En la reducción de las operaciones internas se actúa sobre los ajustes, los elementos de fijación, los desplazamientos del operario y el trabajo en paralelo. (Maradiaga, 2021)

Paso 5. Reducir las operaciones externas:

Con el fin de minimizar el tiempo que el operario dedica, se actúa sobre el siguiente procedimiento: eliminar búsquedas, tiempos y disminuir desplazamientos.

Paso 6. Estandarizar el cambio:

- Registrar el método de cambio realizado.
- Informar al personal sobre el nuevo método de cambio.
- Realizar el cambio de acuerdo al nuevo procedimiento y grabar nuevamente el proceso.

La herramienta SMED de la manufactura esbelta, aporta diferentes beneficios a la producción, tales como:

- Menor tiempo de entrega para los productos hechos en el mismo proceso.
- Reducción de set up time de las líneas de producción.
- Menos inventario dentro y entre procesos.
- Mayor flexibilidad para mejorar la respuesta hacia las necesidades del cliente.
- Mayor calidad debido a la oportuna información sobre las anomalías entre los procesos.
- Reducir el tiempo de preparación y aumentar el tiempo productivo
- Incrementa la productividad, al aumentar la disponibilidad de la máquina

por los cambios que se realizan con mayor rapidez.

2.2.9 Poka Yoke (a prueba de errores)

Socconini (2008) señala que “Los dispositivos poka yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades”. (p.239).

Esta herramienta permite realizar una verificación total, antes que se genere algún defecto o error.

Señala los siguientes motivos:

- Garantiza la calidad en cada área de trabajo
- Brinda instrucciones a los operarios acerca de las operaciones
- Reduce la probabilidad de cometer defectos
- Suprime acciones que necesitan de memoria e inspección
- Evita accidente que son causados por los operarios
- Son económicos y asequible

Es una metodología japonesa que suministra mecanismos a prueba de error para evitar No-Conformidades o errores humanos dentro de un proceso, permitiendo la detección y eliminación de los errores de raíz, siendo usados como herramienta de mejora continua y pueden ser implementados en cualquier área o medio. Aseguran que existan las adecuadas condiciones antes de que se lleve a cabo un determinado paso del proceso, previniendo la ocurrencia de defectos en primer lugar y donde no es posible, desarrollando la detección eliminando defectos en el proceso lo más tempranamente posible. Pueden ser eléctricos, mecánicos, de procedimiento (administrativo, financiero, compras, ventas, etc.), visuales, humanos o cualquier otra forma que prevenga una ejecución incorrecta en una etapa determinada de un proceso. (Cabrera, 2012, p.15)

“Es una herramienta control y alerta que busca reducir o eliminar los posibles errores que detengan el flujo del proceso de producción antes que suceda” (Kogyo y Hirano, 1991 p.32).

“Un poka-yoke es un mecanismo para la detección de errores y defectos, que inspecciona 100% de las piezas, trabajando independientemente del período de atención del operador” (Saurin, Ribeiro, & Vidor, 2012, p.27).

Según Serrano, J (2020) Poka Yoke es una herramienta que permite reducir al máximo los errores humanos que se puedan cometer dentro de una organización. A continuación, se presentan los tipos de Poka Yoke:

- Físicos: Evitar errores en una operación concreta.
- Secuenciales: Evitar fallos al momento de ejecutar una orden en cada etapa de fabricación.
- De agrupamiento: Asegurar tener todo lo necesario a la mano para ejecutar correctamente los procesos.
- De información: Proporcionar oportunamente la información en tiempo real para que el trabajador desempeñe su labor de forma segura y correcta.

Objetivos de la metodología Poka Yoke

Se entiende que el Poka Yoke es una herramienta muy importante porque no solo genera resultados óptimos en el proceso que se ejecuta, sino también beneficioso para mejorar todos los procesos de la compañía en general. Su implementación ayuda a prevenir errores, alcanzando resultados óptimos de una manera fácil y sencilla. Lo que mejorará considerablemente la calidad y organización.

La herramienta mantiene al trabajador enfocado en actividades creativas y que añadan valor, mejorando su eficacia y eficiencia. Esto a su vez generará un aumento exponencial del rendimiento de la organización y, por ende, una rentabilidad mucho mayor.

Ventaja de la metodología Poka Yoke

La herramienta Poka Yoke se puede implementar en múltiples escenarios, desde los procesos productivos o administrativos, servicios, hasta en la experiencia del usuario o la usabilidad de un producto.

Las ventajas de usar la herramienta:

- a. Se elimina el riesgo de cometer errores en las actividades repetitivas (producción en cadena) o en las actividades donde los operarios puedan equivocarse por desconocimiento o despiste (montaje de ordenadores).
- b. El operario solo dedica su esfuerzo a concentrarse en las operaciones que generan valor, en lugar de inspecciones repetitivas en búsqueda de prevenir errores o a subsanar los mismos.
- c. Implantar un Poka-Yoke supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones,

reparaciones y controles de calidad posteriores.

- d. La implementación es simple y tiene un costo cómodo para las organizaciones.

Etapas de la aplicación del Poka Yoke.

- a. Conocer el proceso. Obtener o crear un diagrama de flujo del proceso. Revisar cada paso, pensar acerca de donde y cuando los errores humanos pueden ocurrir. Buscar entender los posibles problemas que pueden surgir.
- b. Para cada potencial error, es necesario revisar en retrospectiva a través del proceso para encontrar la fuente que puede originarlo, determinar la raíz del posible error.
- c. Para cada error, analizar los posibles caminos que hagan imposible que el error ocurra. Considerar:
- d. Eliminación: eliminar la etapa que causa el error.
- e. Reemplazo: reemplazar la etapa con un medio a prueba de error.
- f. Facilitación: hacer que la acción correcta sea mucho más fácil de realizar que cometer el error.
- g. Si no se puede hacer que el error sea imposible de que se cometa, analizar los medios para detectar el error y minimizar sus efectos. Considerar: Método de Inspección, Establecer Funciones de Ajuste o Funciones Normativas.
- h. Elegir el mejor método a prueba de error o el dispositivo para cada error. probar esto y a continuación implementarlo. (Cabrera, 2012, p.34).

Shigeo Shingo recomienda para la aplicación de Poka Yoke:

- Control en el origen, lo más cerca de la fuente del problema; buscar incorporar dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anormalidades del proceso.
- Estableciendo mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
- Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el Poka Yoke de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detalle la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.

- No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Poka Yoke enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas. (Cabrera, 2012, p. 35)

2.4 Definición de términos básicos

- a) Despilfarro: Actividades que consumen recursos, tiempo y espacio, pero no generan valor al cliente (Rajadell, 2010).
- b) Proceso: Conjunto de actividades que están relacionadas y que interactúan entre sí, transformando los elementos de entrada en resultados (ISO 9000, 2015).
- c) Producto: Resultado del proceso, puede ser tangible o intangible (ISO 9000, 2015).
- d) Kaizen: Conjunción de palabras de origen japonés que significa cambio para mejorar, lo que se plantea es establecer una cultura de cambio constante, que es conocido como mejora continua (Rajadell, 2010).
- e) Calidad: Grado en el que las características de un producto o servicio cumple con las especificaciones del cliente (ISO 9000, 2015).
- f) 5S: Herramienta Lean que tiene como principios básicos aplicables: Seiri (Eliminar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpieza e inspección), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina). Su implementación es viable en toda la organización y debe de adoptarse como una cultura. (Rajadell, 2010).
- g) Requisito: Expectativa o necesidad que habitualmente es implícita u obligatoria (ISO 9000, 2015).
- h) Kanban: En japonés, señal o cartel de tienda, refiere a un pequeño signo frente al operario, que le indica la necesidad de producir. (Rajadell, 2010).
- i) Tiempo de espera: Es el tiempo resultante de un proceso o trabajo que no genera valor, como cuando un operario tiene que esperar a otro, por una parada no planificada, por esperar herramientas, entre otros (Fernández, 2018).

- j) Tiempos de preparación de máquina: Implica el tiempo desde el momento que se elabora la última pieza del producto hasta que se produce la primera pieza del producto siguiente (Progressa, 2017).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis Principal

Si se implementa Lean Manufacturing se aumentará la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Si se aplica la herramienta SMED se reducirán los tiempos de preparación de máquinas en el área de costura de una empresa textil exportadora.
- b) Si se aplica la herramienta flujo continuo se reducirán los tiempos de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora
- c) Si se aplica la herramienta Poka Yoke se reducirán los reprocesos en el área de costura de una empresa textil exportadora.

3.2 Variables

Paredes (2018) señala respecto a la implementación lean Manufacturing: “es un sistema integral de producción y gestión que se basa en la optimización de los procesos productivos a través de la eliminación de los desperdicios ajustando la producción a la demanda del cliente” (p.24).

Yépez (2017) indica que “La productividad es un indicador cuya medición refleja el rendimiento de un sistema de producción industrial, relacionando las unidades producidas o servicios prestados y los recursos utilizados para dicha producción” (p.22).

3.2.1 Definición conceptual de las variables

Tabla 1. Definición conceptual de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL
Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Nivel de tiempo de preparación de máquinas y equipos	Muestra el tiempo obtenido de preparar las máquinas y equipos
Tiempo de espera	Nivel del tiempo de espera	Muestra el tiempo de espera entre actividades de la línea de producción.
Reprocesos de prendas	Nivel de reproceso de prendas	Muestra la cantidad de prendas reprocesadas.

Elaboración propia

3.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 2. Definición conceptual de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Tiempo de preparación real / Tiempo de preparación estándar	Porcentaje del tiempo de preparación obtenido con el estándar.
Tiempo de espera	Tiempo de espera / Tiempo de ciclo	Porcentaje del tiempo de espera real respecto al estándar.
Reprocesos de prendas	Prendas reprocesadas / Prendas totales	Porcentaje de prendas reprocesadas respecto a las prendas producidas.

Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Enfoque, tipo y nivel de investigación

4.1.1 Enfoque de la investigación

El enfoque es de investigación cuantitativo ya que se recolecto datos numéricos obtenidos para el desarrollo y aplicación.

Esta fue aplicada, ya que “es aquella que basándose en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental está orientada a resolver los problemas sociales de una comunidad, región o país”. (Ñaupas, Valdivia, Palacios & Romero, 2018 p.136), se aplicó Lean Manufacturing, con la finalidad de incrementar la productividad de un área de costura.

4.1.2 Tipo de la investigación

La investigación corresponde al tipo aplicada, ya que se planteó la implementación de determinadas herramientas del Lean Manufacturing para solucionar los problemas del área de costura.

4.1.3 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es explicativo porque se investigó las causas y efectos que originan los problemas en el área de costura de la empresa.

Según Arias (2012) “La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de causas (investigación post facto), como los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”.

4.2 Diseño de investigación

El diseño es experimental – pre experimental y cuantitativo.

Diseño Experimental:

De acuerdo Westreicher (2021): “Es una técnica estadística. Esta consiste en manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos de la variable dependiente. Cabe resaltar que este tipo de método se caracteriza por ser cuantitativo” (P.1).

Diseño Pre experimental:

Según Hernández y Mendoza (2018) manifestaron que el diseño es pre experimental “se denomina así porque su grado de control es mínimo. Son diseños con grupo único” (P.63)

Se consideró este tipo de investigación, ya que se recolectó los datos y se llevó a un programa que permitió analizar los resultados. El antes y el después.

4.3 Población y muestra

Según Hernández y Mendoza (2018) señalaron que es el “total de las unidades de estudio, que contienen las características requeridas, para ser (sic) consideradas como tales” (P.334).

Se tuvo una muestra pre de 3 meses (abril, mayo y junio), implementación de 1 mes (julio) y muestras post de 2 meses (agosto y setiembre).

- a) Para la variable: Tiempo de preparación de máquinas y equipos

Población:

6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura para pre y post test (sector 2).

Muestra:

6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos del área de costura para pre y post test (sector 2).

- b) Para la variable: Tiempo de espera

Población:

6 Tiempos de espera en el área de costura para pre y post test (sector 2).

Muestra:

6 Tiempos de espera en el área de costura para pre y post test (sector 2).

- c) Para la variable: Reproceso de prendas

Población:

6 Reprocesos de Prendas terminadas en el área de costura para pre y post test (sector 2).

Muestra:

6 Reprocesos de Prendas terminadas en el área de costura para pre y post test (sector 2).

Tabla 3. Resumen población y muestra

Variable dependiente	Indicador	Población Pre	Muestra pre	Población post	Muestra post
Tiempo de preparación de máquinas y equipos.	Tiempo de preparación de máquinas y equipos.	6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura.	6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos en el periodo de junio a julio del año 2021	6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura	6 Tiempos de preparación de máquinas y equipos en el periodo de agosto a septiembre del año 2021
Tiempo de espera	Nivel de Tiempo de espera	6 Tiempos de espera en el área de costura.	6 Tiempos de espera en el periodo de junio a julio del año 2021	6 Tiempos de espera en el área de costura.	6 Tiempos de espera en el periodo de agosto a septiembre del año 2021
Nivel de reproceso	Nivel de reproceso	6 Reprocesos de Prendas terminadas en el área de costura.	6 Reprocesos de Prendas terminadas en el periodo de junio a julio del año 2021	6 Reprocesos de Prendas terminadas en el área de costura.	6 Reprocesos de Prendas terminadas en el periodo de agosto a septiembre del año 2021

Elaboración Propia

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas e instrumentos

Según Tamayo (2003) “La observación, es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos. La observación científica debe trascender una serie de limitaciones y obstáculos los cuales se comprenden por el subjetivismo; el etnocentrismo, los prejuicios, la parcialización, la deformación, la emotividad, etc., se traducen en la incapacidad de reflejar el fenómeno objetivamente”. (p.183)

VD1: Tiempo de preparación de máquinas y equipos – Nro. Fallas semanales.

Técnicas:

Análisis documental

Instrumentos:

Registro de contenido de documentos de producción.

VD2: Tiempo de espera – Producción semanal

Técnicas:

Análisis documental

Instrumentos:

Registro de contenido de documentos de producción.

VD3: Reproceso de prendas – Tiempo de producción

Técnicas:

Observación directa

Instrumentos:

Registro de observación directa

En la siguiente tabla, se observa el resumen de las técnicas e instrumentos que se utilizaron en el estudio, junto con los indicadores para cada variable dependiente como el tiempo de preparación de máquinas y equipos, tiempo de espera y nivel de reproceso.

Tabla 4. Resumen técnicas e instrumentos

Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Análisis documental	Registro de contenido de cantidad de fallas en los equipos
Tiempo de espera	Nivel de tiempo de espera	Análisis documental	Registro de contenido de la producción semanal
Nivel de reproceso	Nivel de reproceso	Observación directa	Registro de observación directa del tiempo de producción

Elaboración propia

4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de instrumento

El criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos fue La empresa textil Exportadora, que se basó en el análisis documental y observación directa. Para ello, se solicitó a la empresa registros de fallas en equipos y unidades producidas a la semana. Para el tiempo de producción se recabó a través de observación directa en conjunto con el supervisor de producción antes de la aplicación del Lean Manufacturing.

Tabla 5. Resumen validez y confiabilidad de instrumento

Técnica	Instrumento	Validez	Confiabilidad
Análisis documental	Registro de contenido de los documentos de fallas en equipos y producción semanal	La misma empresa	La misma empresa
Observación directa	Registro de observación directa del tiempo de preparación de máquinas y equipos, tiempo de espera	La misma empresa	La misma empresa

Elaboración propia

Para Mendez, C. (2019) expresa que “la observación directa es el proceso mediante el cual se reciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base a ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar”. Según Torres, M. (2019) “el registro de la observación directa se refiere a la acción del investigador en la que toma de manera directa los datos de la población o muestra, sin la necesidad de realizar cuestionarios o entrevistas”. Según Dulzaides, M. (2004) el análisis documental “es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación”.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

En el caso de procesamiento de recolección de datos de cada una de las variables área de costura para recolectar datos del tiempo de preparación de máquinas y equipos, tiempo de espera y nivel de reproceso durante los meses de abril y mayo del 2021 para las tres variables y con base a eso completar el Excel de resultados para su posterior análisis en el SPSS.

Con el fin de medir los datos obtenidos anteriores y posteriores de la implementación de las herramientas Lean Manufacturing.

Este proceso se realizó en 3 etapas:

Etapa I: Registro de datos antes de la implementación de herramientas Lean.

Etapa II: Periodo de implementación

Etapa III: Se registraron los datos ya una vez implementada las herramientas Lean.

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Se les proporcionó cuestionarios a los operarios de costura a fin de conocer su percepción sobre respecto al proceso de costura en cuanto al soporte de los mecánicos en la preparación de máquinas, al uso y control de calidad del insumo en cada actividad del proceso, y al uso de herramientas.

Una vez que se completaron la aplicación de las herramientas lean en el área, se realizó otro cuestionario, con el fin de evaluar la percepción de los operarios en cuanto a la eficiencia del proceso, con el fin de evaluar el compromiso y la adaptabilidad de los operarios al aplicar las herramientas lean que se compararon posteriormente con los resultados obtenidos en planta.

Las revisiones de los documentos del área de costura se utilizaron para el seguimiento de los resultados de la implementación.

La técnica de datos abarcó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos del cuestionario. Estos datos permitieron evaluar la situación actual del área y detallaron los problemas planteados, los cuales se presentaron en tablas y gráficos.

Tabla 6. Matriz de análisis de datos

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba de Wilcoxon (No paramétrica)
Tiempo de espera	Nivel Tiempo de espera	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba de Wilcoxon (No paramétrica)
Nivel de reproceso	Nivel de reproceso	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba T-Student muestras emparejadas (Paramétrica)

Elaboración propia

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

Generalidades

La organización se dedica al rubro textil exportador, fabrica diversos tipos de prendas de tejido de punto para sus clientes de mercado internacional. Realiza el proceso de estas en sus dos plantas, además de contar con servicios de terceros si la demanda de producción lo requiera.

Un análisis al reporte de ventas refleja que la producción de polos es la línea que tiene mayor demanda por parte de los clientes (ver Figura 9).

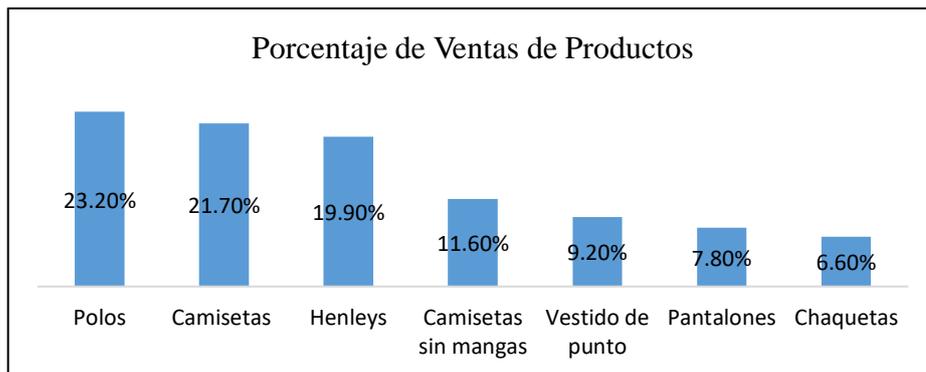


Figura 11. Porcentaje de ventas de productos

Fuente: La organización

- Organigrama

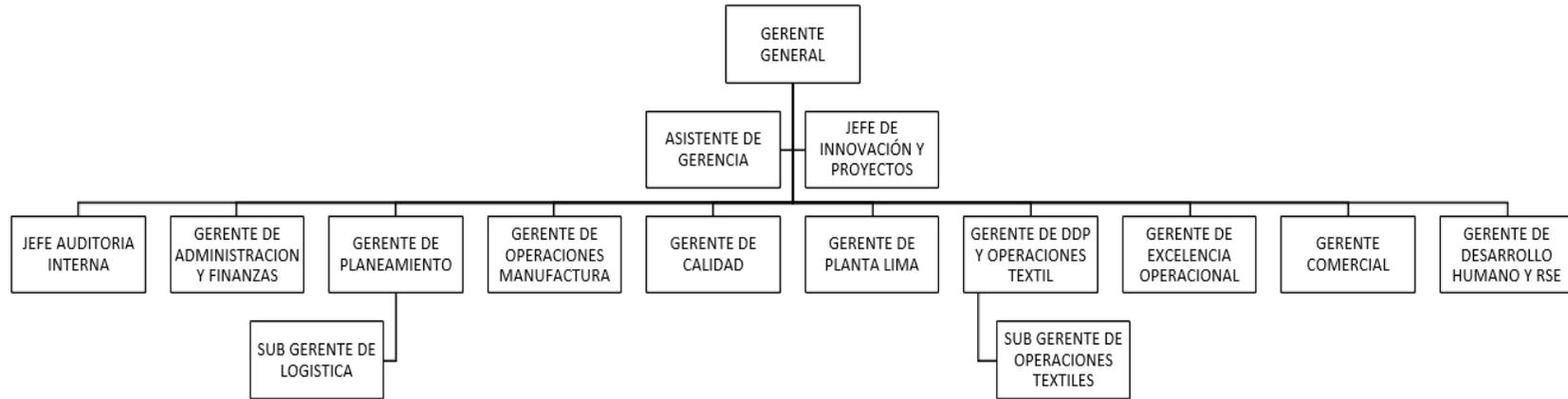


Figura 12. Organigrama gerencial general

Fuente: La organización

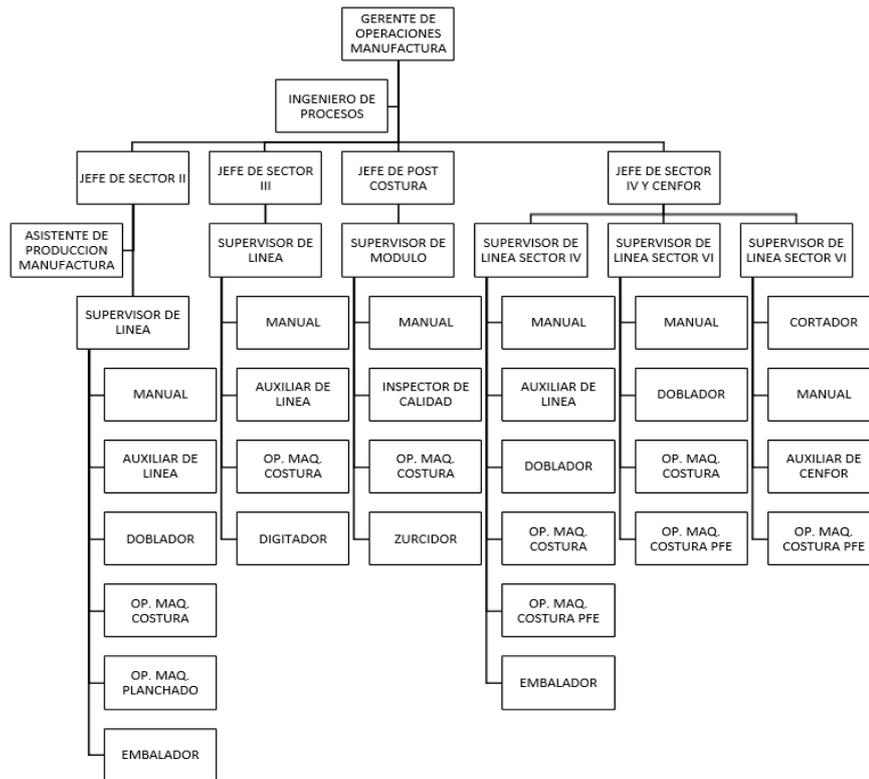


Figura 13. Organigrama costura

Fuente: La organización

- Principales clientes

La entidad se dedica exclusivamente a atender las demandas del mercado internacional.

- Principales proveedores

Cumpliendo con estándares requeridos de calidad y sostenibilidad, de hilos y telas reciclados, que cuentan con certificaciones en cuidado del medio ambiente y bienestar de sus colaboradores.

- Productos:

- Camisetas
- Camisetas sin mangas
- Polos
- Henleys
- Vestidos de punto
- Chaquetas
- Pantalones

- Descripción de procesos operativos de producción

Almacenamiento:

Alineados con el objetivo de la organización, para la confección de las prendas se utilizan materias primas sostenibles, que incluyen variedades de tipos de algodón, poliéster y nylon.

Adicional a la materia prima, se depositan productos intermedios como hilo teñido, tela cruda y tela teñida, así como el producto final.



Figura 14. Almacén central

Fuente: La organización

Tejeduría

Obtención de la tela cruda a partir del hilo crudo o teñido, ya sea a través de las máquinas circulares o rectilíneas.



Figura 15. Tejeduría rectilíneo y circular

Fuente: La organización

Tintorería

La tela cruda es teñida según las especificaciones del cliente como color, densidad, peso y otros tratamientos especiales.



Figura 16. Tintorería

Fuente: La organización

Corte

La tela es cortada según los moldes requeridos para la confección de prendas, se trabajan pecheras, cuellos, mangas, bolsillos y otras partes necesarias con respecto al estilo de la prenda.



Figura 17. Corte

Fuente: La organización

Bordado

En base a los diseños solicitados, se realiza el bordado requerido (por lo general es el logo de la marca) y luego se ensambla a la tela cortada (transfer).

Estampado

Se cuenta con dos tipos: Serigráfico y sublimado, los cuales le añaden el diseño a la prenda, depende del tipo de tela para la aplicación del estampado.



Figura 18. Estampado

Fuente: La organización

Costura

La tela cortada es ensamblada según el estilo definido del cliente, para ello se aplican diferentes tipos de operaciones y métodos que garantizan la calidad y autenticidad de un diseño determinado de prenda.



Figura 19. Costura

Fuente: La organización

Lavandería

Las telas teñidas y las prendas reciben un tratamiento especial en este proceso, se prueba su reacción al lavado y se tratan no conformidades de mancha y suciedad.



Figura 20. Lavandería

Fuente: La organización

Acabados

Tiene como subproceso, el planchado, etiquetado y empaquetado. A lo largo del proceso, se realizan diversas auditorías y muestreos para garantizar la calidad, tras el visto bueno, las cajas rotuladas con las prendas terminadas son enviadas al almacén para su envío al cliente.



Figura 21. Acabados de prenda

Fuente: La organización

- Mapa de procesos

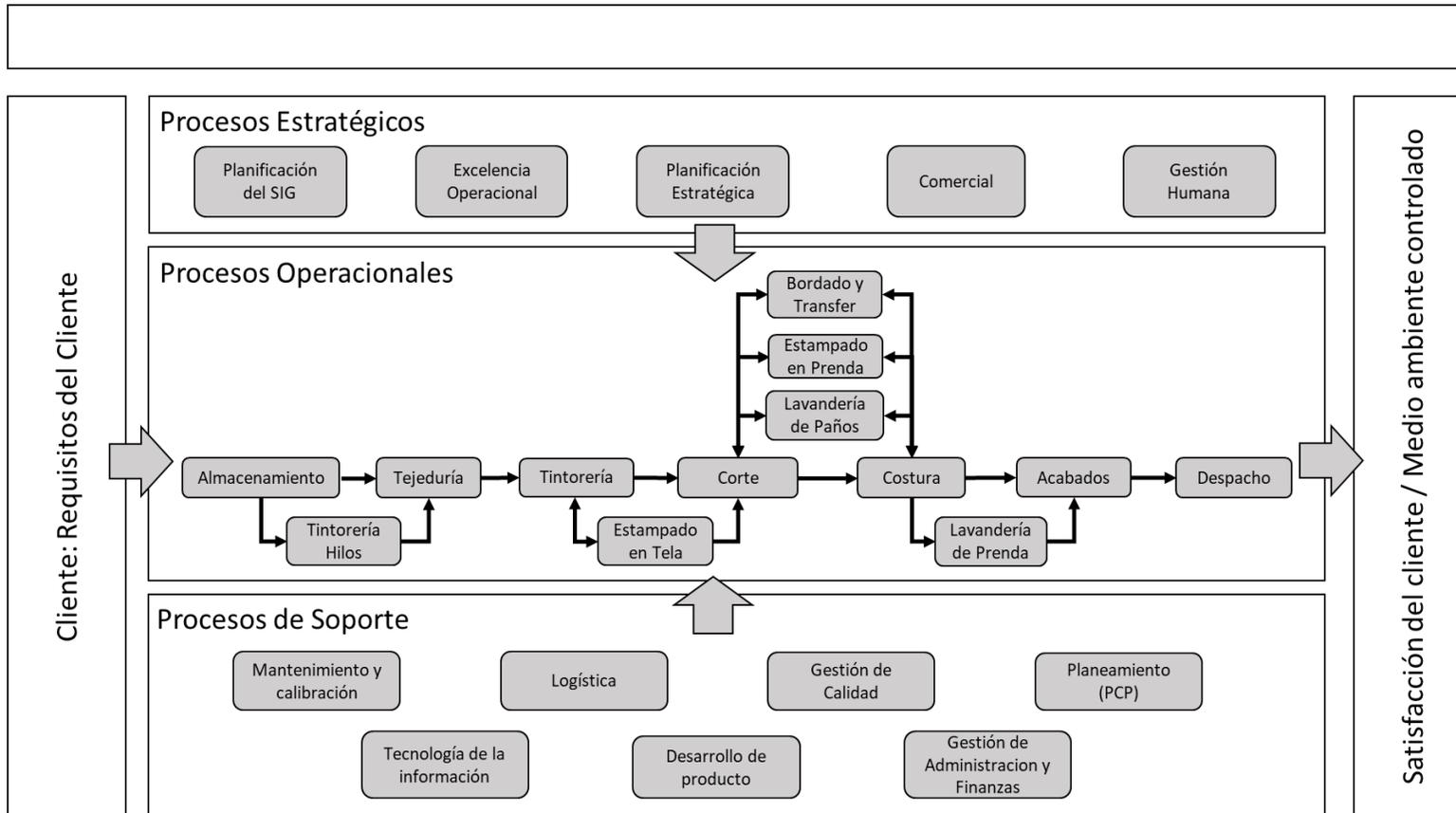


Figura 22. Mapa de procesos

Fuente: La organización

Objetivo Específico 1: Implementar la herramienta SMED para reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura de una empresa textil exportadora

Análisis de la situación antes (pre test)

El personal realiza las actividades para el arranque del proceso al inicio de su turno y al final, de esa manera se reparten las actividades y se reduce el tiempo de espera para iniciar la producción.

Tabla 7. Funciones del día

Funciones del día	Detalle
Preparación de Máquinas y equipos (Inicio de la Jornada)	Recojo de herramientas en almacén
	Recepción de agujas
	Cambio de Agujas
	Recepción de herramientas de trabajo
Producción	Pausas activas
Almuerzo	En diferentes horarios por línea
Producción	Pausas activas
Preparación de Máquinas y equipos (Fin de la Jornada)	Recepción de herramientas de limpieza
	Limpieza de puesto de trabajo
	Limpieza de máquina
	Colocación de papel testigo

Fuente: Elaboración propia

Al iniciar sus labores del día, el manual de la línea, se encarga de solicitar al almacén las herramientas e insumos para los maquinistas (agujas, papeles testigo y otros materiales necesarios para las actividades requeridas). Al encontrarse distanciadas las áreas, el personal asignado se demoran en traer las herramientas.

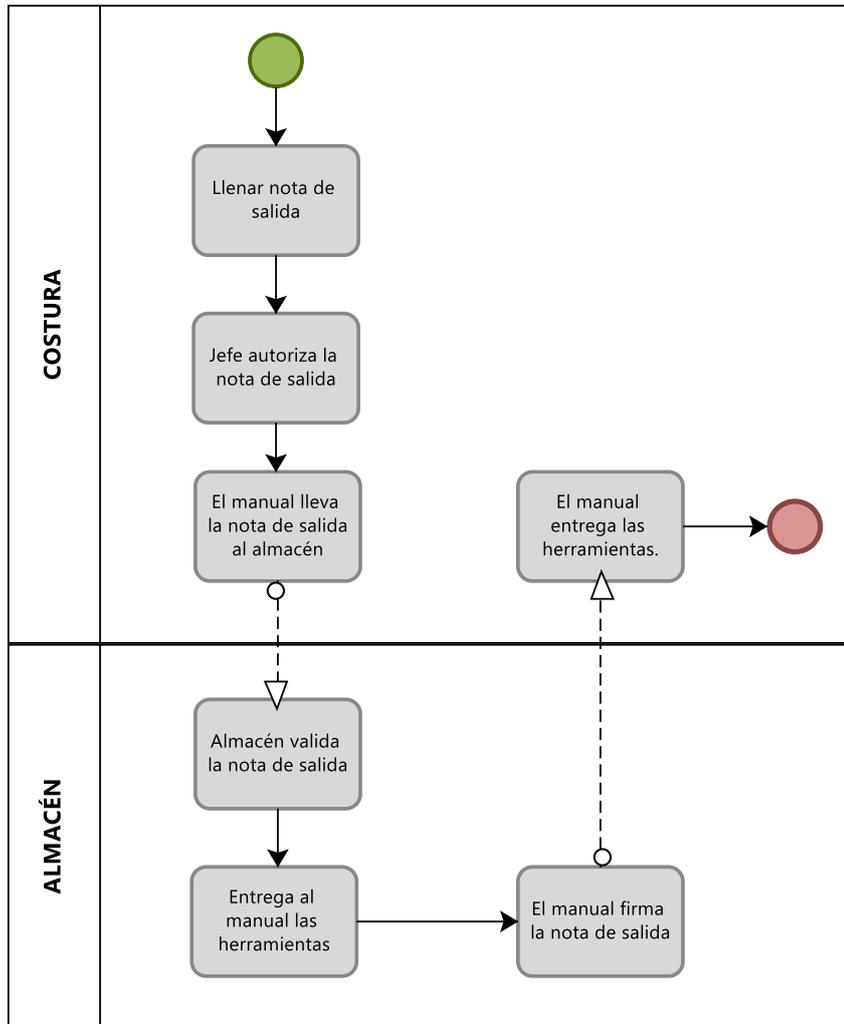


Figura 23. Recojo de herramientas

Fuente: Bizagi – elaboración propia

Si un operario desea limpiar su área debe ir al almacén de limpieza a recoger los insumos necesarios, en dicha área no existe un control sobre las herramientas. Al tener que recoger las herramientas fuera del área, el personal no tiene un acceso rápido a ellas.

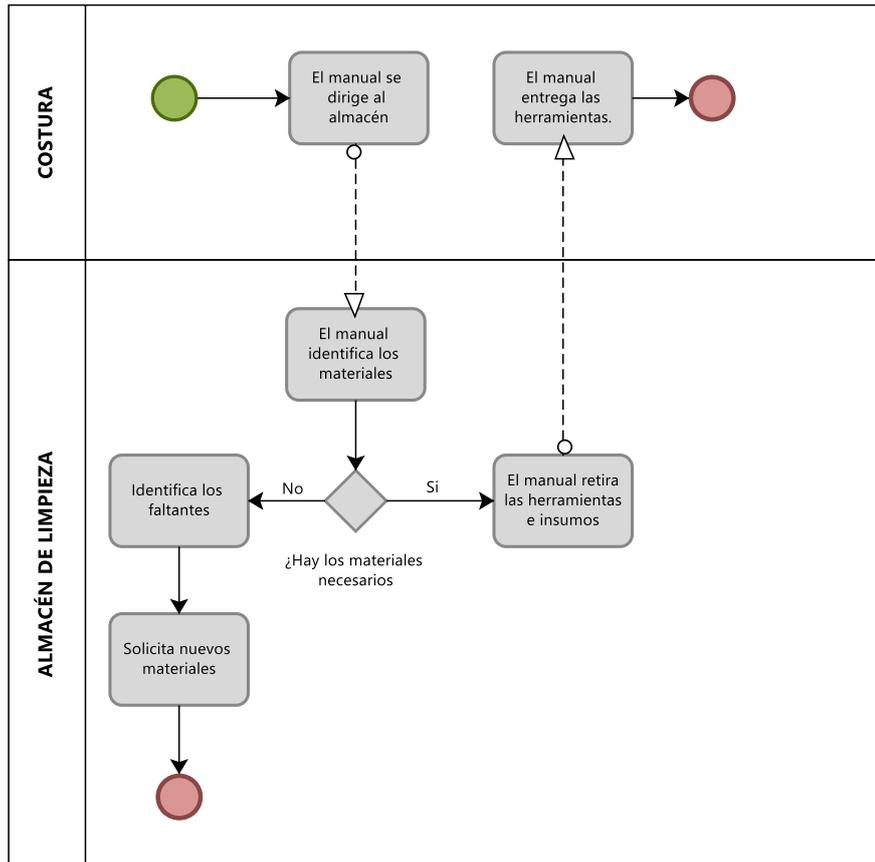


Figura 24. Recojo de herramientas de limpieza

Fuente: Bizagi – elaboración propia

Durante ese tiempo, los operarios se preparan en sus puestos para iniciar sus actividades, limpian su área de trabajo y revisan superficialmente su máquina. En algunos casos, estos se prolongan, ya que se encuentra filtrado de aceite, agujas rotas o materiales que tienen que ser ordenados y almacenados.



Figura 25. Filtrado de aceite

Fuente: La organización

La falta de control en esta parte del proceso genera en distintos casos se dé la orden de iniciar las actividades con áreas de trabajos sucias y con materiales del día anterior. Lo que puede impactar directamente en la funcionalidad de la máquina y en las prendas.



Figura 26. Inicio de producción sin haber ordenado

Fuente: La organización

De presentarse el defecto de la máquina, al operario se la cambia, por lo que se asignan el personal máquinas de repuesto ante la posibilidad de una parada. Se tiene un inventario detallando la cantidad de asignadas y las disponibles (ver Anexo 4).

Muestra antes (Pre Test):

Se tomaron datos por día en un periodo de 6 semanas, a continuación, se muestra el promedio por semana.

Tabla 8. Promedio de tiempo de preparación por semana pre test

Tiempo (Junio a Julio)	Muestra (Horas) Pre Test
Semana 23	01:16:23
Semana 24	01:16:23
Semana 25	01:16:47
Semana 26	01:16:39
Semana 27	01:16:04
Semana 28	01:15:04

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de metodología SMED

Se aplicó la metodología del 5W-1H para definir las acciones a incluir en el check list, partiendo de las actividades que demoran el arranque de producción en el área. Con esta metodología se establece de qué manera se va a enfrentar el problema, su justificación del porque se va a realizar, los detalles de quienes lo llevarán a cabo, dónde se realizará y que acciones se tomarán para las problemáticas.

Tabla 9. 5W-1H de tiempos de preparación de máquinas y equipos

Problema	What? (¿Qué?)	Why? (¿Por qué?)	Who? (¿Quién?)	When? (¿Cuándo?)	Where? (¿Dónde?)	How? (¿Cómo?)
Recojo de herramientas en almacén	Acondicionar un espacio para en la mesa de trabajo para guardar las herramientas	Para reducir el tiempo que le toma al manual repartir las herramientas	Supervisor / Manual / Operario	Luego del durante las semanas 29 y 30	Área de Costura	Se asignará una caja de herramientas por puesto a los operarios
Recepción de herramientas de trabajo	Acondicionar un espacio para en la mesa de trabajo para guardar las herramientas	Para reducir el tiempo que le toma al manual repartir las herramientas	Supervisor / Manual / Operario	Luego del durante las semanas 29 y 30	Área de Costura	Se asignará una caja de herramientas por puesto a los operarios
Recepción de herramientas de limpieza	Acondicionar un espacio para en la línea para guardar las herramientas de uso frecuente	Para reducir el tiempo que le toma al personal ir al almacén por herramientas	Supervisor / Manual / Operario	Luego del durante las semanas 29 y 30	Área de Costura	Se asignará un espacio donde se organizarán las herramientas de uso compartido para los operarios
Limpieza de puesto de trabajo	Mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado	Reducir el tiempo de limpieza del área de trabajo	Supervisor / Manual / Operario	Al final de cada turno de trabajo	Área de Costura	Se asignarán lugares para guardar herramientas, muestras de telas entre otros insumos y herramientas.

Fuente: Elaboración propia

Al inicio de la jornada de trabajo el personal revisará y llenará el check list de su línea de trabajo, las actividades descritas deben de haber sido concluidas el día anterior, por lo que se ha considerado como tiempo estándar del llenado un minuto.

Tabla 10. Check list de arranque de producción

	SI	NO	HECHO POR	REVISADO POR
PUESTO DE TRABAJO				
Máquinas, mesas y/o equipos limpios, en buen estado y libres de material innecesario.				
Identifica Máquina de Repuesto asignada.				
Fluorescentes / Campana / Ventiladores limpios y sin presencia de pelusas.				
Protectores de guardas adecuadas y en buenas condiciones.				
Mesas de inspección limpias y ordenadas, sin prendas colgando.				
Armarios o estantes se encuentran en buen estado limpio y ordenado.				
Los documentos están ordenados y en un lugar adecuado.				
PISOS				
Los pisos se encuentran limpios, libre de objetos (Prendas, Mermas, conos, papeles, bolsas, pelusas, adhesivos impregnados).				
COCHES				
Las piezas en coches están debidamente embolsadas y separadas los colores blancos de los oscuros.				
Los coches se encuentran en buen estado, debidamente forrados y limpios, sin manchas de goma y suciedad.				
CARGA FÍSICA				
Se cuenta con pisos anti fatiga en los puestos de trabajo que lo requieren.				

Fuente: Elaboración propia

El personal evalúa el resultado de la prueba del papel testigo, del ser necesario se alertará al mecánico y tomará las acciones correctivas.



Figura 27. Máquina limpia con papel testigo

Fuente: Elaboración propia

Se acondicionó un espacio en los puestos de trabajo con el fin de tener las herramientas a la mano y dentro del área se designó un espacio de estas que son de uso compartido.

Se delimitó dentro del área un espacio con el propósito de acceder a las herramientas sin tener que ir al almacén de limpieza, que ahora mantiene un stock de materiales.



Figura 28. Zona de limpieza

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la situación después (post test)

Los operarios tienen sus herramientas a la mano, eliminando la necesidad de ir al almacén cada vez que requiera una herramienta.

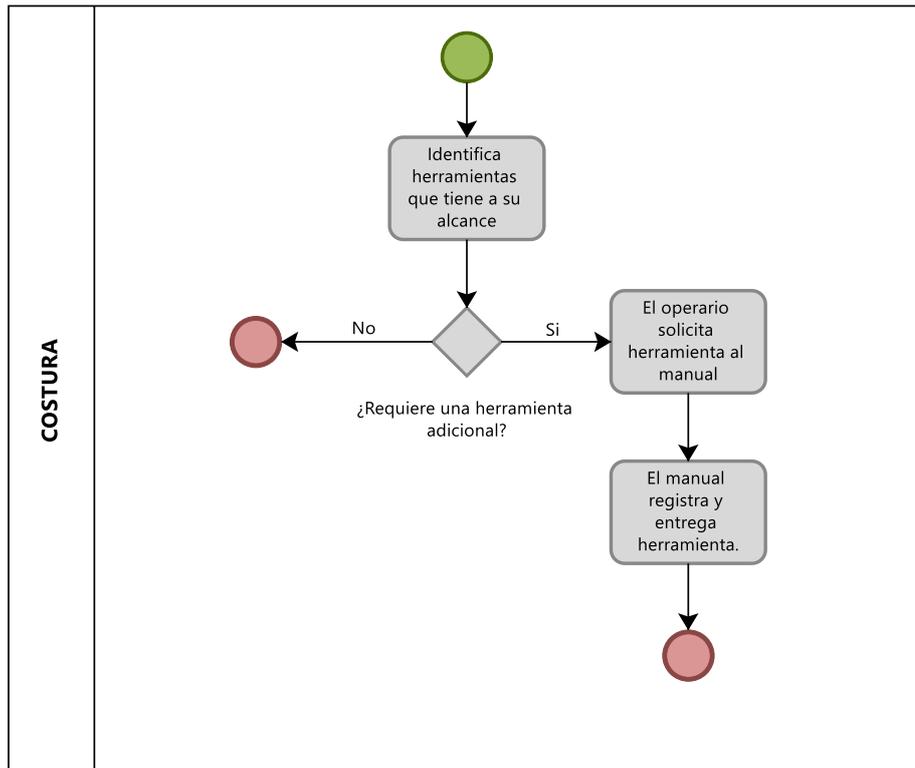


Figura 29. Recojo de herramientas después de la implementación

Fuente: Bizagi – elaboración propia

El manual se acerca a la zona de herramientas de limpieza cada vez que sea necesario, brindando oportunamente los materiales necesarios al operario, sin que este tenga que acercarse al almacén.

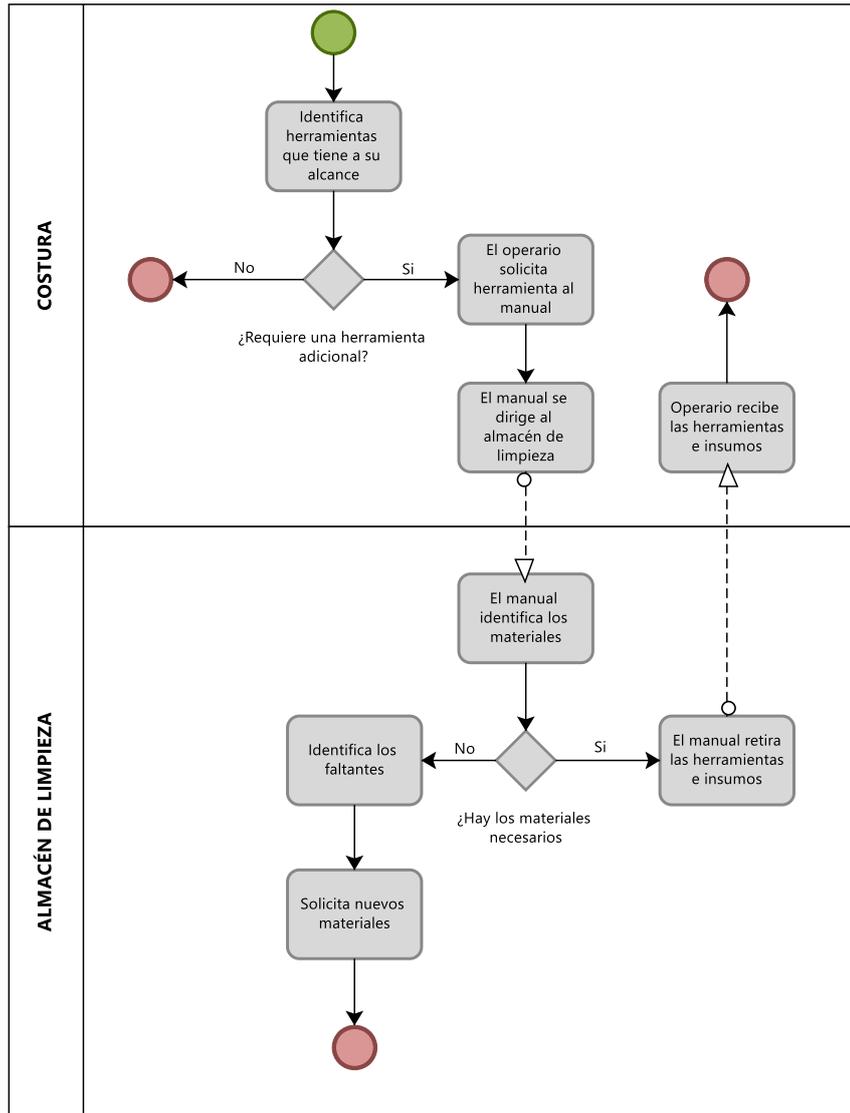


Figura 30. Recojo de herramientas de limpieza después de la implementación
 Fuente: Bizagi – elaboración propia

Tras tener los implementos necesarios y comprobar el buen estado de los equipos, el personal se encuentra listo para iniciar la producción de prendas con sus respectivas estaciones de trabajo ordenadas y limpias.



Figura 31. Estación de trabajo listo para el arranque de producción
 Fuente: Elaboración propia

Muestras después (Post-test):

Los datos recolectados de las 6 semanas correspondientes al periodo de agosto y septiembre luego de implementarse el SMED.

Tabla 11. Promedio de tiempo de preparación por semana post test

Tiempo (Agosto a Septiembre)	Muestra (Horas) Post Test
Semana 29	01:14:58
Semana 30	01:15:57
Semana 31	00:49:32
Semana 32	00:50:01
Semana 33	00:50:38
Semana 34	00:50:44

Fuente: Elaboración propia

Dando como resultado una reducción en el tiempo de preparación de máquinas y equipos de aproximadamente 17 minutos.

Se obtiene una reducción del tiempo de preparación de máquinas y equipos en un 23%.

Objetivo Especifico 2: Implementar la herramienta flujo continuo para reducir el tiempo de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora.

Análisis de la situación antes (pre test)

Se cuenta con 36 líneas que producen diferentes estilos de prendas, estas se agrupan en cinco sectores en función al personal y al tipo de estilo que se realizará en el día. (Ver Figura 29).

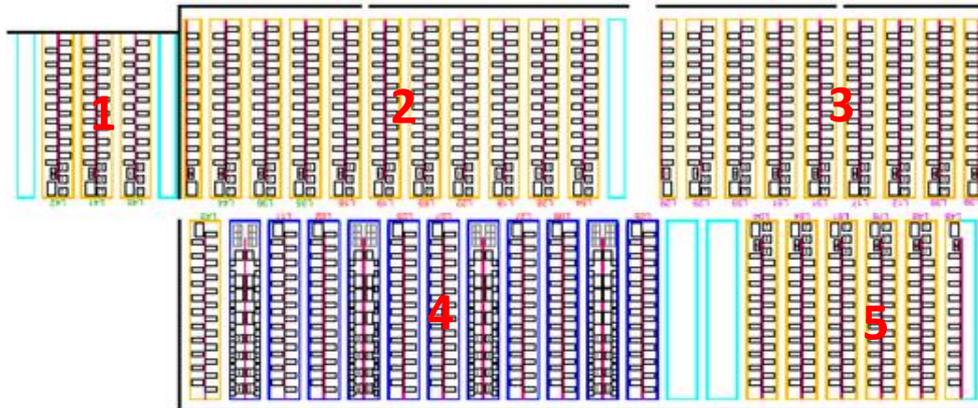


Figura 32. Layout del área de costura

Fuente: AutoCAD – elaboración propia

El sector 1 es un centro de formación de costureros, trabajan con estilos más simples y con una menor producción, su control de calidad es más exigente, por lo general se le aplica una inspección al 100%.

Los sectores 2, 3 y 5 trabajan los tipos de estilos, las medidas de control se aplican al final de la línea.

El sector 4 trabaja con estilos personalizados, por consecuencia, su distribución de máquinas es distinta, el control de calidad se realiza una vez concluida la prenda.

Los sectores cuentan con líneas adicionales de distribución de telas cortadas enviadas por el área de corte, así como el despacho de las prendas a post costura.

Así mismo se han distribuido estaciones de trabajo de acuerdo a cada actividad necesaria en la confección de la prenda, ordenadas en forma lineal (ver Figura 30).

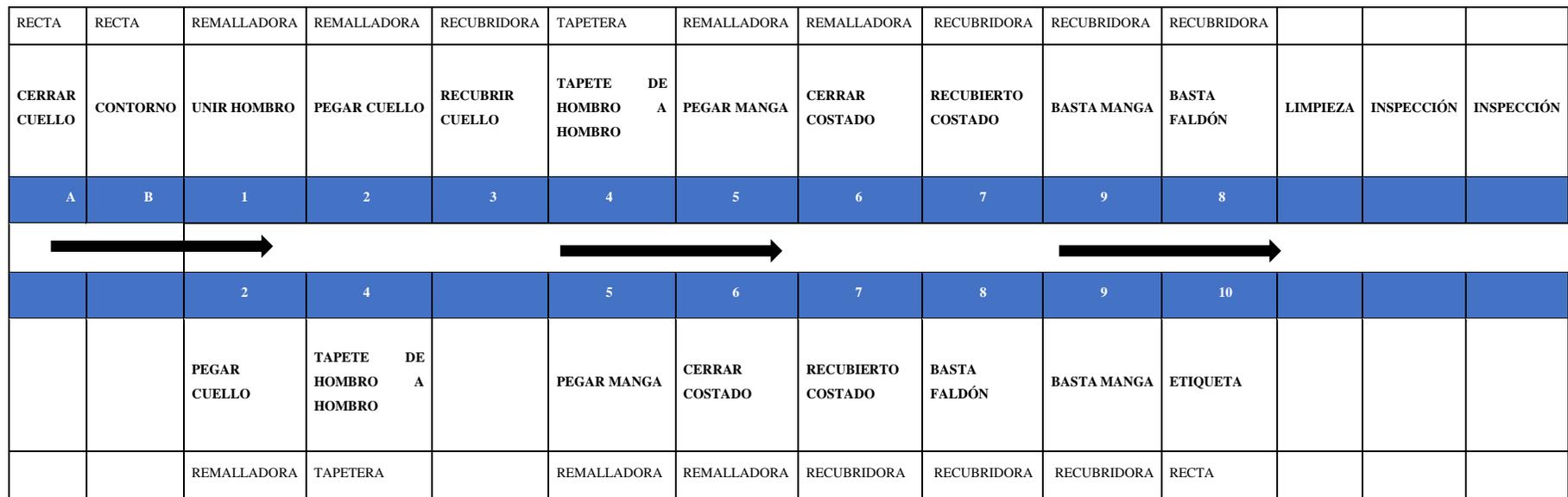


Figura 33. Layout de una línea de costura

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el DOP de la elaboración de un Polo Box, en una línea de costura.

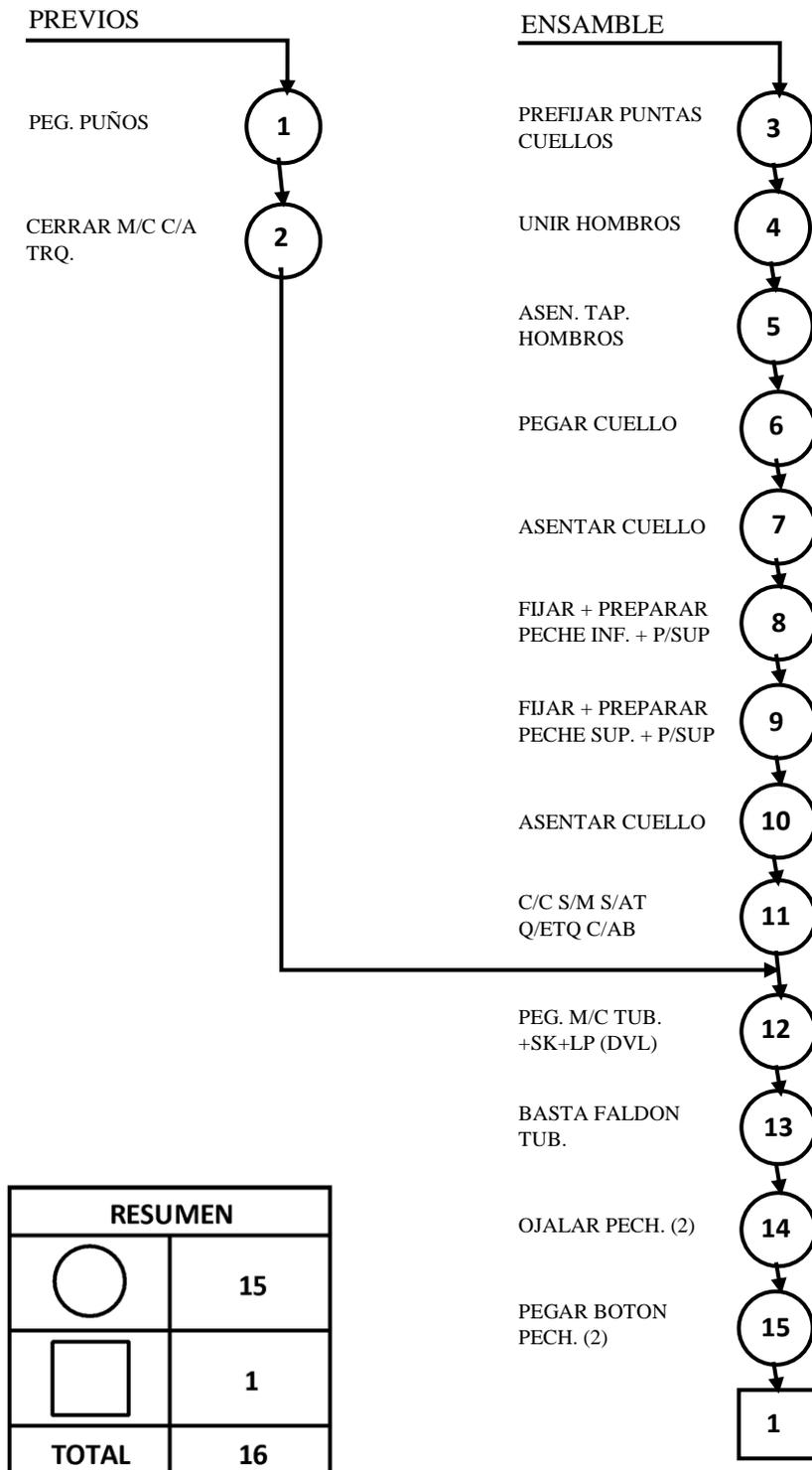


Figura 34. Diagrama operaciones de un polo box

Fuente: La organización

El supervisor es el encargado de asegurarse que los operarios tengan carga disponible a realizar las actividades de costura asignadas al inicio de la jornada, o en su defecto asignar una tarea en lo que llega la carga (limpieza, recojo de insumos, trámites administrativos). Por ello, es importante que este conozca que colaboradores ya terminaron sus labores encomendadas.

El proceso al ser lineal, depende que una actividad finalice y se inicie la siguiente, generando demoras en la recepción de carga entre las actividades y tiempos ociosos en distintos operarios.

Al terminar una actividad, se carga en la bandeja las prendas en proceso, si el operario que debe recibirlas se demora, esta se llena, obligando a esperar que se reduzcan una cantidad apropiada para continuar alimentando el proceso.

En ocasiones las órdenes de producción no se comunican con anticipación, por lo que los supervisores no publican el programa de actividades del día.

Otra consecuencia de las órdenes no programadas es la falta de carga de tela cortada en las líneas de costura, despacho desconoce la orden y tiene que gestionar en corte y poder habilitar de carga a costura.

Las paradas de máquina se dan por distintas causas, el área de mantenimiento es la encargada de atender estos inconvenientes y dar un diagnóstico. Al final de la línea hay un interruptor que genera una señal de alerta de mantenimiento.

Al personal se le asignan actividades en base a su conocimiento y experiencia, esto restringe hacer rotaciones entre los operarios ya que no están capacitados en realizar distintas operaciones.

Muestras antes (Pre-test):

A continuación, se detalla los datos recolectados al comparar el tiempo de espera con el tiempo de ciclos de las 6 semanas correspondientes al periodo de junio y julio.

Tabla 12. Promedio de tiempo de espera por semana pre test

Tiempo (Junio a Julio)	Muestra (Porcentaje) Pre Test
Semana 23	47.31%
Semana 24	47.91%
Semana 25	50.39%
Semana 26	47.76%
Semana 27	47.62%
Semana 28	48.17%

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de metodología Flujo Continuo

Se aplicó la metodología del 5W-1H para definir las acciones a tomar para la implementación, partiendo de los problemas evidenciados en el análisis. Con ella se establece la manera que se va a enfrentar el problema, su justificación del porque se va a realizar, los detalles de quienes lo llevarán a cabo, dónde se realizara y que acciones se tomarán para las problemáticas.

Tabla 13. 5W-1H de tiempos de espera

Problema	What? (¿Qué?)	Why? (¿Por qué?)	Who? (¿Quién?)	When? (¿Cuándo?)	Where? (¿Dónde?)	How? (¿Cómo?)
Personal no capacitado para operar en distintos tipos de máquina	Capacitar al personal operativo	Para que el personal opere cualquier máquina	Jefe / supervisor / Operario	Durante el mes de junio	Comedor principal	Capacitando al personal por grupos y evaluando continuamente
Personal no capacitado para confeccionar diferentes estilos de prenda	Capacitar al personal operativo	Para que el personal sea capaz de confeccionar cualquier estilo de prenda	Jefe / supervisor / Operario	Durante el mes de junio	Comedor principal	Capacitando al personal por grupos y evaluando continuamente
Operarios sin carga para continuar con la producción	Redistribuir a los operarios en los cuellos de botella	Para que la carga fluya continuamente a través de los puestos de trabajo	Jefe / supervisor / Operario	A partir del mes de agosto	Área de costura	Se desarrollara un programa que permita balancear la línea para reducir los cuello de botella

Fuente: Elaboración propia

Se retroalimenta al personal que comuniquen al supervisor apenas terminan una actividad, así como operar en cualquier tipo de máquina y desarrollar diferentes estilos de prenda. De esta forma, los operarios son capaces de rotar en distintos puestos de trabajo y realizar distintas actividades (ver Figura 32).



Figura 35. Capacitación de operarios

Fuente: La organización

Mediante un programa de simulación desarrollado en Excel, se realiza el balance de línea, se consideran los tiempos ya tomados de cada operario, junto al tiempo estándar ya definido, de esa manera se distribuye a los operarios en sus puestos de trabajo.

Para el correcto desarrollo del secuenciador, se estableció con planeamiento comunicar anticipadamente las órdenes de producción.

Con el área de mantenimiento se reforzó la importancia de atender oportunamente las paradas de máquina con el fin de reducir los tiempos de espera generados por la demora en la atención.

Los pasos para el correcto uso del secuenciador:

a) Paso 1: Descargar secuenciador. Una vez que se genera la orden en planeamiento, se descarga las especificaciones de la prenda a producir.

TOP SAMPLE			
SEASON:	SUMMER 2020	SHIP MODE:	
STYLE#:	1G010190	FACTORY NAME:	
DESCRIPTION:	GARMENT-DYED	AUDITOR:	
	ISLAND POLO	DATE:	May-2021
PO NUMBER:	5002096		
TOP COLOR:			
SAMPLE SIZE	M		
PACKAGING IMAGES			
			

Figura 36. Descarga de secuenciador

Fuente: La organización

b) Copiar y pegar el secuenciador al formato de balance. Se traspa la información al programa sin borrar ni insertar celdas en el formato.

SECUENCIA OPERATIVA		FECHA	24-Ago-21	HORA	3:02 p. m.
EMPRESA					
SISTEMA	Produccion Confecciones				
TARIFADO	11763-LOVE CREW				
VARIA. TARIFADO	P-PRODUCCIÓN				
DIFIC. DE PRENDA	B - BASICO				
O/P'S QUE LO USAN	16325,17264,17261,17540,17538,17248,17249,17534,17535,17243				
% PROTECCION COSTEO	0				



Figura 37. Formato de balance

Fuente: La organización

c) Unir operaciones. Son flexibles las operaciones, copiando del secuenciador los datos sin alterar el formato de las celdas del programa.

SECTOR	CS	COSTURA				Eficiencia Costeo				60.00
TIEMPO MAQUINA						Tiempo Total de Sec. Operacion				9.55
SECUEN		OPERACION				MAQUINA				
	CODIGO	VA	DESCRIPCION	FAM	GRU	DESCRIPCION	CAT	T. EST	PREN/	PREND
							PAG	(MIN)	HORA	AS 480
001	060945	0	CERRAR CUELLO MISMA TELA DE CUERPO (2 PIEZAS) 2 LADOS + VOLTEAR+STK	0004	0001	Cost. Recta Simple	3	0.47	128	1021
002	102160	0	*** FII.BORDE CUELLO C/ESTIRAM. EN 2 PASES+SK+CH CRÍTICO	0004	0001	Cost. Recta Simple	3	0.80	75	600
001	360233	0	UNIR HOMBROS C/REMALLE+RECORTAR HILOS	0010	0001	Rem 3 MM Simple	3	0.55	109	873
002	241509	0	PEGAR CUELLO T-SHIRT+LP+STK+MARCAR CUERPO 2 LADO	0010	0004	Rem 4 MM Simple	2	1.08	56	444
003	260864	0	RECUBRIR . CUELLO DELANTERO+LP+STK	0014	0007	Recub.Simple 1 Aguja	2	0.60	100	800
004	241500	0	*** PEGAR TAP. HOMB. HOMB.+INSP.+RECORTE+LP+STK	0007	0001	Tapetera 2 Aguja	1	0.85	71	565
005	240439	0	PEGAR MANGA CORTA AB 18"+ 2SK (170/2)	0010	0019	Rem 5 MM Falsa Puntada	2	0.83	72	578
006	060357	0	CERRAR COSTADO M/C 16"+SK (160/1 LYC)	0010	0018	Rem 6 MM Falsa Puntada	2	0.94	64	511
007	340407	0	RECUBRIR COSTADO 16"+SEPARAR+INSPECCIONAR+COLOCAR	0014	0001	Recub.Simple 2 Aguja	2	0.98	61	490

Figura 38. Secuencia de operaciones

Fuente: La organización

c) Colocar nombre de operarios. Se ingresa el nombre y los tiempos de cada operario.

Tabla 14. Tiempos de operación por operario

OPERARIO	CODIGO	N° CO.	OPERACIÓN	TIEMP. 1	TIEMP. 2	TIEMP. 3	TIEMP. 4	PRO M.	PRENDAS / HORA	POTEN CIAL
OPERARIO 1	060945	1	CERRAR CUELLO MISMA TELA DE CUERPO (2 PIEZAS) 2 LADOS + VOLTEAR +STK	32	31	29	30	31	107	84%
OPERARIO 2	102160	2	*** FIJ.BORDE CUELLO C/ESTIRAM. EN 2 PASES+SK+CH CRÍTICO	58	52	45	48	51	64	86%
OPERARIO 3	360233	3	UNIR HOMBROS C/REMALE+RECORTAR HILOS	61	65	51	58	59	56	51%
OPERARIO 4	241509	4	PEGAR CUELLO T-SHIRT+LP+STK+MARCAR CUERPO 2 LADO	68	69	73		70	47	83%
OPERARIO 5	241509	4	PEGAR CUELLO T-SHIRT+LP+STK+MARCAR CUERPO 2 LADO	73	76	68	70	72	46	81%
OPERARIO 6	260864	5	RECUBRIR. CUELLO DELANTERO+LP+STK	28	33	35	33	32	101	101%
OPERARIO 7	241500	6	*** PEGAR TAP. HOMB. HOMB.+INSP.+RECORTE+LP+STK	49	70	50	51	55	60	84%
OPERARIO 8	241500	6	*** PEGAR TAP. HOMB. HOMB.+INSP.+RECORTE+LP+STK	58	49	58	56	55	59	83%
OPERARIO 9	240439	7	PEGAR MANGA CORTA AB 18" + 2SK (J70/2)	85	76	87	70	80	41	57%
OPERARIO 10	240439	7	PEGAR MANGA CORTA AB 18" + 2SK (J70/2)	100	104	100		101	32	45%
OPERARIO 11	060357	8	CERRAR COSTADO M/C 16"+SK (J60/1 LYC)	80	84	70	84	80	41	64%
OPERARIO 12	060357	8	CERRAR COSTADO M/C 16"+SK (J60/1 LYC)	82	95	83	93	88	37	58%
OPERARIO 13	340407	9	RECUBRIR COSTADO 16"+SEPARAR+INSPECCIONAR+COLOCAR	49	50	59	52	53	62	102%
OPERARIO 14	340407	9	RECUBRIR COSTADO 16"+SEPARAR+INSPECCIONAR+COLOCAR	60	54	55	62	58	57	93%
OPERARIO 15	130160	10	Basta de Manga Circular 14" + descargar + inspecci	70	80	70	68	72	45	76%
OPERARIO 16	130160	10	Basta de Manga Circular 14" + descargar + inspecci	88	78	78	80	81	40	67%
OPERARIO 17	341101	11	*** RECUBRIR BASTA FALDON CIRCULAR SEMI CURVO+LP	84	75	72	70	75	43	70%
OPERARIO 18	341101	11	*** RECUBRIR BASTA FALDON CIRCULAR SEMI CURVO+LP	70	95	66	84	79	42	67%
OPERARIO 19	102210	12	PEGAR ETIQUETA LULULEMON(STD)	50	62	52		55	60	49%

Fuente: La organización

d) Generar el programa.

Calcula el tiempo de ciclo, y compara los tiempos de cada operario.

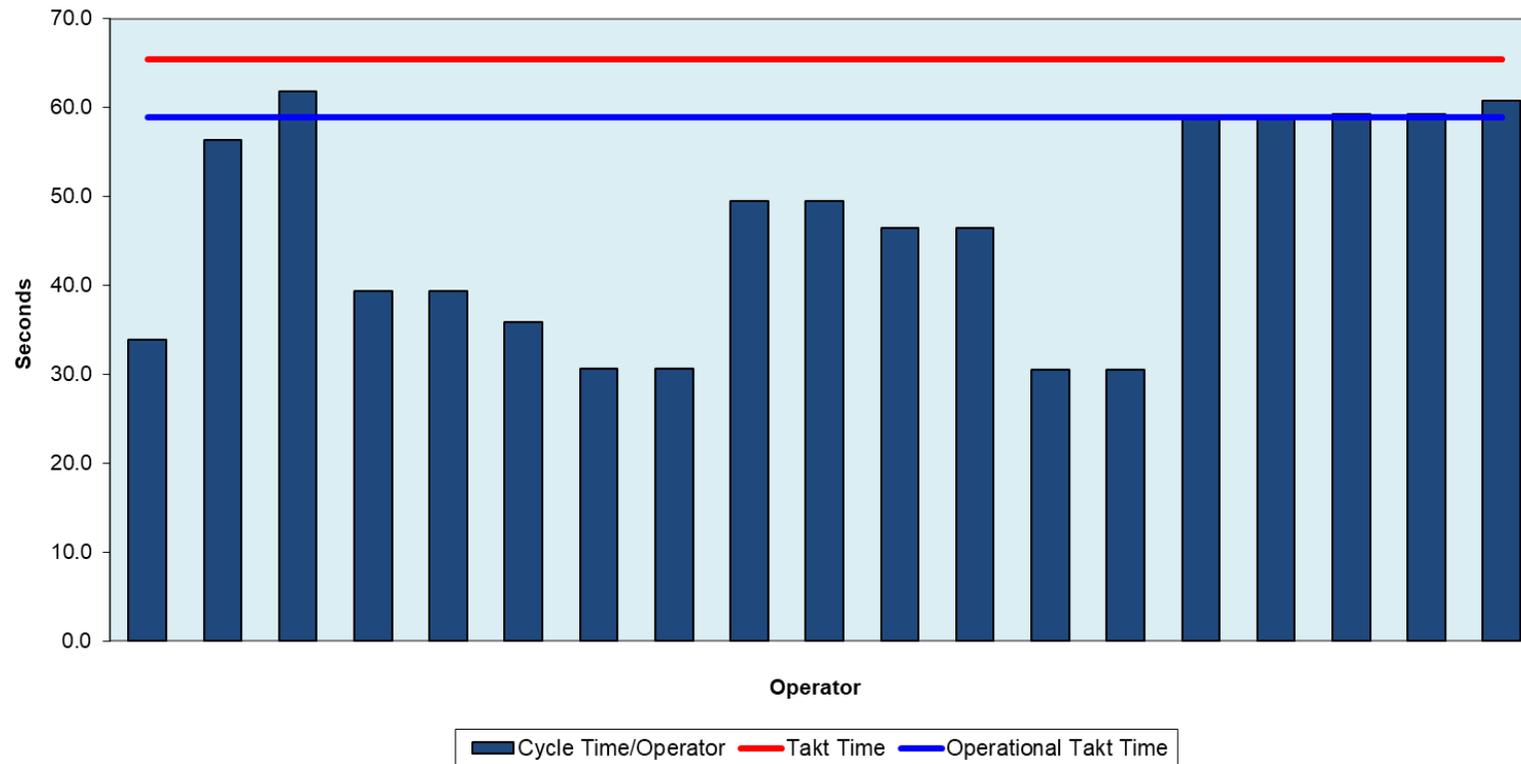


Figura 39. Tiempo de ciclo actual

Fuente: La organización

e) Reasignar actividades entre los operarios.

Se asignan actividades en base a las prendas que va a producir el operario, con el fin de apoyarse para reducir la carga en los puntos críticos.

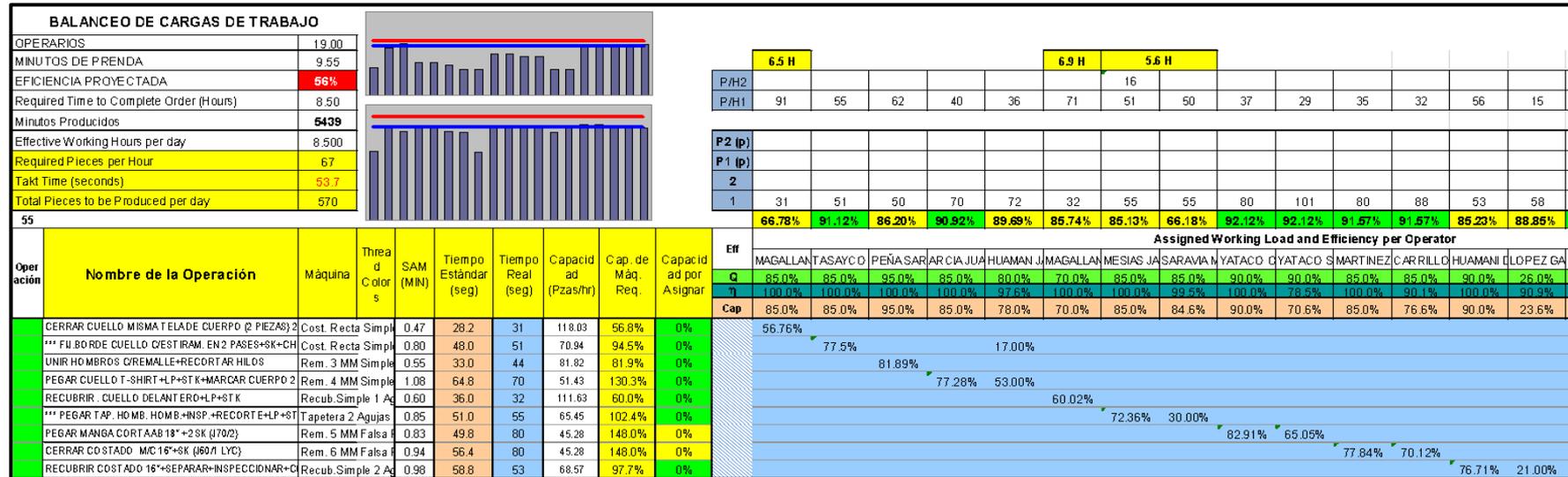


Figura 40. Balance de línea

Fuente: La organización

f) Actualizar y visualizar el balance de línea.

Se calcula un nuevo tiempo de ciclo, comparando los tiempos de los operarios tras el ajuste.

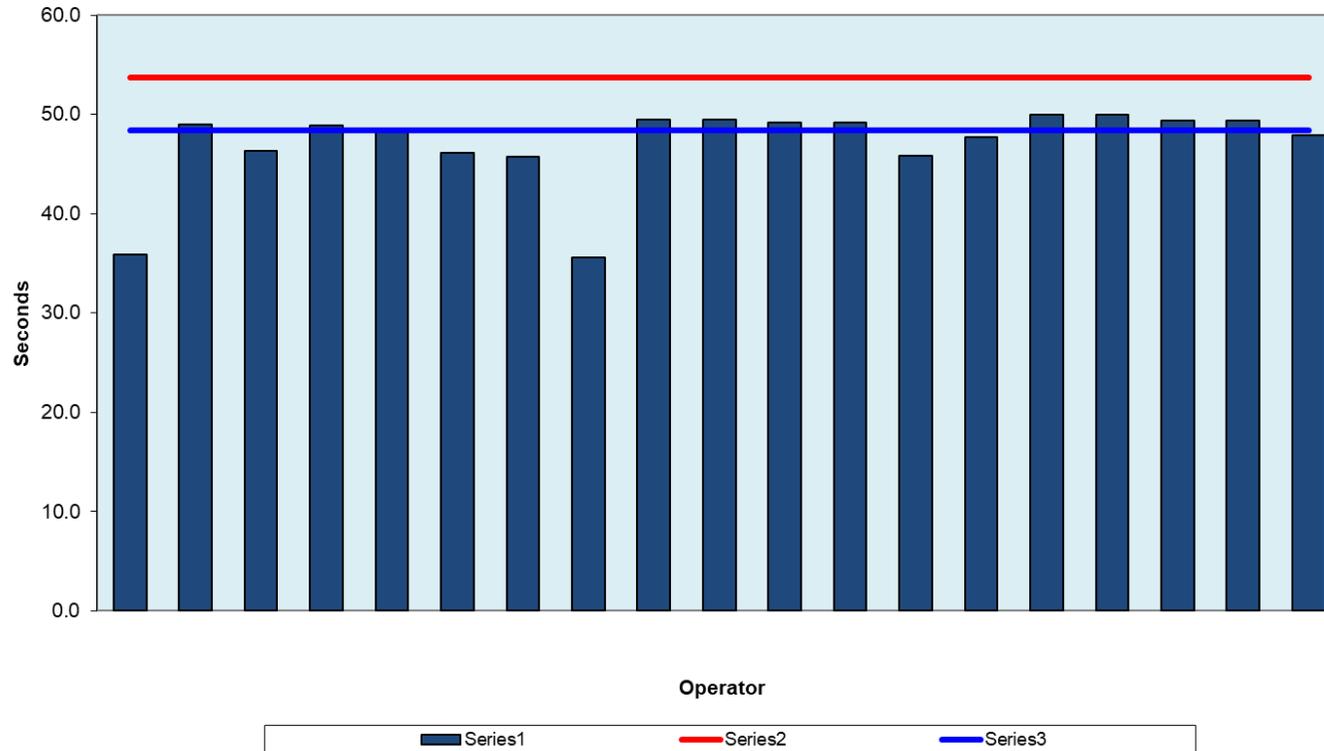


Figura 41. Tiempo de ciclo final

Fuente: La organización

Se detallan las nuevas proyecciones y tiempo del ciclo, en comparación a la inicial.

Tabla 15. Proyección del balance aplicado a una línea

	ACTUAL	PROYECTADO
OPERARIOS	19.00	19.00
MINUTOS DE PRENDA	9.55	9.55
EFICIENCIA PROYECTADA	46%	56%
Required Time to Complete Order (Hours)	8.50	8.50
Total Pieces Required	468	570
Effective Working Hours per day	8.500	8.500
Required Pieces per Hour	55	67
Takt Time (seconds)	65.5	53.7
Total Pieces to be Produced per day	468	570
Minutos Totales	4465	5439

Fuente: La organización

Análisis de la situación después (post test)

Como resultado de la capacitación, los colaboradores notifican al supervisor apenas terminan una actividad.

Son capaces de realizar diferentes actividades del proceso de costura. Al asignar distintas actividades al personal aprovechando su capacidad, se ha logrado establecer un flujo continuo en la línea de costura.

Los tiempos de espera entre actividades se han reducido impactando en el incremento de prendas despachadas, aumentando la eficiencia de los colaboradores.

El operario alimenta continuamente la siguiente actividad, facilitando el trabajo de su compañero, este a su vez continúa la producción al mismo ritmo, evitando que se acumule la carga en la bandeja.

Al calcular la eficiencia del ciclo de producción en base al tiempo obtenido con respecto al estándar y compararlos, indica una tendencia de mejora (véase Figura 40).

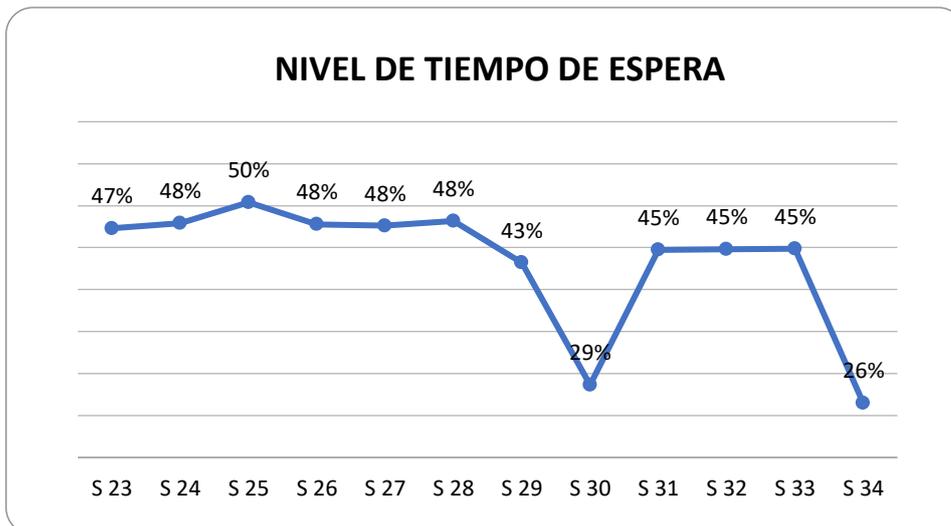


Figura 42. Comparación del Tiempo de Espera

Fuente: Elaboración propia

La reducción del tiempo de espera comparando el promedio antes de la implementación y después, resulta 19.28%. A continuación, se detallan los tiempos de espera.

Tabla 16. Comparación del tiempo de espera

Tiempo Estándar 9.55	ANTES DE LA IMPLEMENTACION						DESPUES DE LA IMPLEMENTACION					
	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34
Estatus de Prendas												
Despachadas	437	480	385	456	385	492	478	487	555	514	478	487
Tiempo de Ciclo Esperado (Min)	4173	4584	3677	4355	3677	4699	4565	4651	5300	4909	4565	4651
Tiempo de Ciclo Real (Min)	7920	8800	7412	8336	7020	9066	8259	8426	9613	6677	8259	8426
Nivel de tiempo de Espera	47.31%	47.91%	50.39%	47.76%	47.62%	48.17%	44.73%	44.80%	44.86%	26.48%	44.73%	44.80%
Tiempo de Espera	3747	4216	3735	3981	3343	4367	3694	3775	4313	1768	3694	3775
Tiempo por prenda	18.12	18.33	19.25	18.28	18.23	27.76	17.28	17.30	17.32	12.99	17.28	17.30
# Operarios	-	-	-	-	-	-	17	17	17	17	17	17
Por Inspección	-	-	-	-	-	-	36	0	8	52	36	0
Mancha y Contaminación	-	-	-	-	-	-	18	5	52	23	18	5
Por reprocesar	-	-	-	-	-	-	12	9	32	14	12	9
Total Línea 05	437	480	385	456	385	492	544	501	647	603	544	501

Fuente: Elaboración propia

Muestra después (post test):

Luego de la implementación del flujo continuo se tomaron datos de los tiempos de espera durante 6 semanas, obteniendo los siguientes datos.

Tabla 17. Promedio de tiempo de espera por semana post test

Tiempo (Agosto a Septiembre)	Muestra (Porcentaje) Post Test
Semana 23	43.20%
Semana 24	28.65%
Semana 25	44.73%
Semana 26	44.80%
Semana 27	44.86%
Semana 28	26.48%

Fuente: Elaboración propia

Objetivo Especifico 3: Implementar la herramienta Poka Yoke para reducir el nivel de reproceso en el área de costura de una empresa textil exportadora.

Análisis de la situación antes (pre test)

Una vez que la tela cortada es aprobada por el área de calidad corte, esta es despachada al de costura, donde seguirá un proceso (ver Figura 40) hasta la obtención de la prenda.

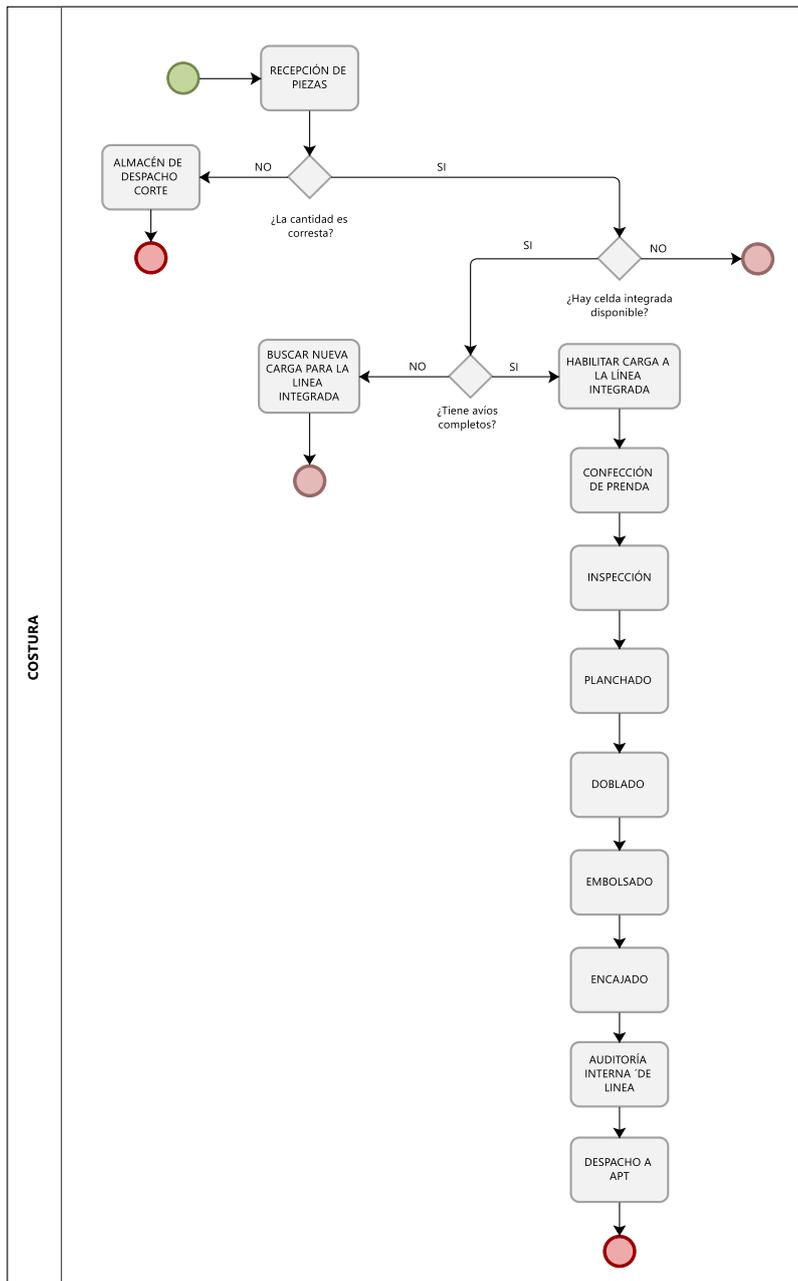


Figura 43. Proceso actual de auditoría costura

Fuente: Bizagi – elaboración propia

A lo largo de este proceso se suelen cometer errores, que son detectados por los auditores al final de la línea de producción, a fin de que posteriormente se analice y se decida si continúa el proceso, o es necesario reprocesar.



Figura 44. Prenda con defecto de mancha de soleado

Fuente: La Organización

Al no contar con sistemas de alerta ni inspecciones intermedias, es probable que el error se encuentre al inicio y requiere un mayor trabajo en recuperar dicha prenda.

Se ha generado un reproceso que merma la utilidad como se muestra en el siguiente gráfico (véase Tabla 7).

Tabla 18. Costos de Reproceso de Costura

Año	Mes	Gasto de Insumos \$	Gasto de Operario \$	Cantidad de Reprocesos	Gastos en Reprocesadas \$	Gasto Total \$
2020	Enero	633.00	2,583.00	291	5,074.00	8,290.00
2020	Febrero	406.00	2,583.00	229	3,992.00	6,981.00
2020	Marzo	380.00	2,583.00	130	2,267.00	5,230.00
2020	Abril	0.00	2,583.00	0	0.00	2,583.00
2020	Mayo	641.00	2,583.00	417	7,270.00	10,494.00
2020	Junio	444.00	2,583.00	455	7,932.00	10,959.00
2020	Julio	563.00	2,583.00	356	6,206.00	9,352.00
2020	Agosto	888.00	2,583.00	191	3,329.00	6,800.00
2020	Setiembre	985.00	2,583.00	590	10,286.00	13,854.00
2020	Octubre	1,041.00	2,583.00	592	10,320.00	13,944.00
2020	Noviembre	496.00	2,583.00	269	4,689.00	7,768.00
2020	Diciembre	1,112.00	2,583.00	373	6,501.00	10,196.00
2021	Enero	665.00	2,583.00	696	12,132.00	15,380.00
2021	Febrero	805.00	2,583.00	610	10,634.00	14,022.00
2021	Marzo	727.00	2,583.00	976	17,014.00	20,324.00
2021	Abril	623.00	2,583.00	383	6,677.00	9,883.00

Fuente: Elaboración propia

El promedio mensual en los últimos 6 meses fue de \$13,606, de la cual el gasto generado por el material de la prenda reprocesada corresponde al 73%, la mano de obra 21 % y los suministros 6%.

Se detectó que las prendas pasan la inspección únicamente al final de la línea, por lo que, si presenta un defecto en la primera actividad, pasará por los puestos de trabajo sin ser retirado, ya que los operarios no están preparados para retirar dicha prenda de la línea de producción.



Figura 45. Prenda con defecto de mancha de soleado

Fuente: La Organización

Es importante destacar, que se permite concesionar prendas con defectos, ya que se corrige en procesos posteriores de lavado y acabados. El personal al no comprender como funcionan estas, simplemente no retiran las prendas con fallas.

Muestras antes (Pre-test):

Tabla 19. Promedio de reproceso por semana pre test

Tiempo (Junio a Julio)	Muestra (Porcentaje) Pre Test
Semana 23	18.1%
Semana 24	17.2%
Semana 25	16.1%
Semana 26	15.2%
Semana 27	16.5%
Semana 28	19.1%

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de metodología Poka Yoke

Se aplicó la metodología del 5W-1H para definir las acciones necesarias a tomar en la implementación. Con ella se establece la manera que se va a enfrentar el problema, su justificación del porque se va a realizar, los detalles de quienes lo llevarán a cabo, dónde se realizara y que acciones se tomarán para las problemáticas.

Tabla 20. 5W-1H de reprocesos de prenda

Problema	What? (¿Qué?)	Why? (¿Por qué?)	Who? (¿Quién?)	When? (¿Cuándo?)	Where? (¿Dónde?)	How? (¿Cómo?)
El personal no es capaz de separar correctamente las prendas con defectos	Separar en jabas las prendas según el defecto.	Para separar oportunamente las prendas con defecto	Supervisor / Auditor / Operario	A partir del mes de agosto	Área de costura	Colocando jabas clasificadoras entre los puestos de trabajo
No se clasifica correctamente los defectos de prenda al momento del reproceso	Clasificar los defectos de prenda para su correcto direccionamiento	Para que el personal sea capaz de identificar qué medida correctiva se aplicara a la prenda	Supervisor / Auditor / Operario	A partir del mes de agosto	Área de costura	Implementar colores de etiquetas para los tipos de defectos
El personal no comunica a tiempo a los auditores sobre los defectos en las prendas	Alertar a los auditores desde su puesto de trabajo para atender las prendas con defecto	Para que el auditor atienda rápidamente las prendas separadas	Supervisor / Auditor / Operario	A partir del mes de agosto	Área de costura	Colocar sistema de alerta en las estaciones de trabajo

Fuente: Elaboración propia

a. Implementar sistema de alerta por estación: En cada puesto de trabajo el operario tendrá la opción de añadir un sticker a la prenda defectuosa, sustituyendo en proceso inicial de alerta que requería que el trabajador se levante de su sitio y presione un interruptor ubicado al final de la línea.



Figura 46. Etiquetas de inspección para línea de costura

Fuente: La Organización

b. Colocar una etiqueta de color que identifique el error: Los colores permiten al operario identificar el defecto de la prenda para poder separarla de la línea o continuar con su respectivo proceso.

Tabla 21. Etiquetas de inspección para línea de costura

MANCHAS	Green
REPROCESO INTERNO	Yellow
CONTAMINADO	Orange
SEGUNDAS	Red

Fuente: La Organización

c. Separar las prendas: Si la prenda tiene una observación como contaminado o segunda será retirado de la línea ya que no se puede recuperar, caso contrario, de presentarse manchas estas continuarán en la línea ya que el posterior proceso de lavado elimina el defecto. Si se señala un reproceso interno, este se llevará a cabo en el proceso de acabado por lo que no se retira la prenda de la línea de costura.



Figura 47. Módulo de inspección

Fuente: La Organización

Análisis de la situación después (post test)

Cada operador separa la prenda defectuosa y el inspector se acerca a retirarla para la inspección. De manera que se identifique que actividad está generando reproceso para su rápida acción correctiva.

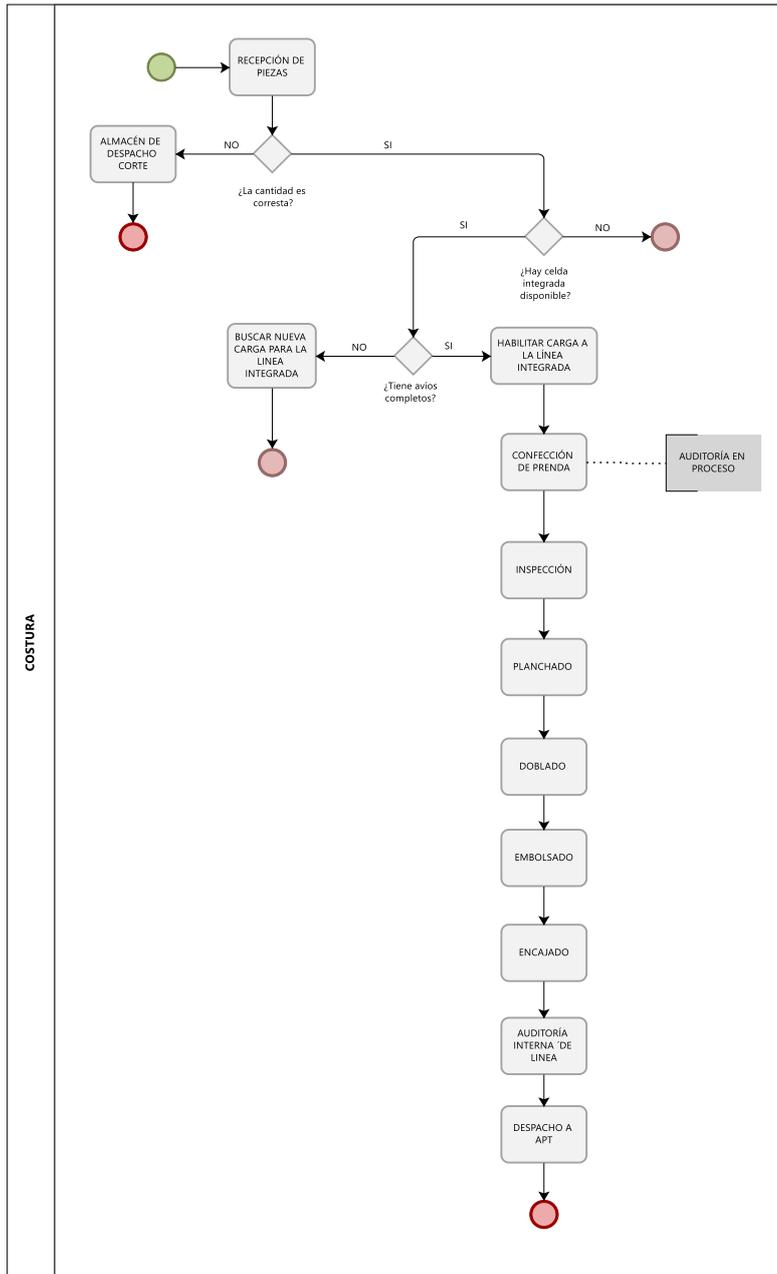


Figura 48. Proceso de auditoría tras la implementación

Fuente: Bizagi – elaboración propia

Los operarios separan con mayor facilidad las prendas defectuosas, al identificar los errores y señalándolos con las etiquetas. De esta manera se realiza esta actividad y se colocan en jabas.

El personal al estar capacitado identifica los defectos de la actividad previa, separando las prendas de la línea.

Se encontró las proyecciones por semana debido a que los datos son más exactos que si se hacen en un periodo mensual por las variaciones de las órdenes de pedido, que se despachan a almacén por semana.

Se tomaron los resultados de las prendas bien hechas a la primera (RFT) por líneas, estas se sumaron dando como resultado la cantidad del reproceso en el sector 2 de costura.

A continuación, se muestran los resultados de la semana 30 (del 26 al 31 de julio del 2021). Ver Figura N° 49.

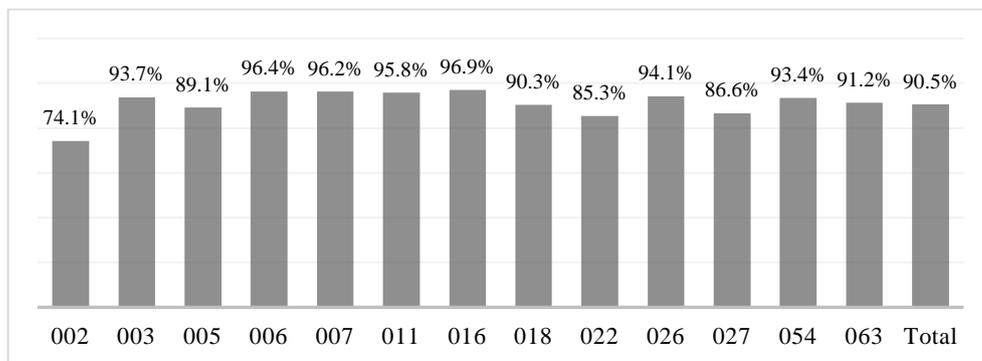


Figura 49. Primeras prendas inspeccionadas semana 30

Fuente: La Organización

Después de la implementación, la cantidad de prendas defectuosas que llegan a acabados se ha reducido considerablemente, impactando en el reproceso.

De la misma manera, se registraron los resultados de las líneas por semanas durante el año, estos resultados fueron comparados con el fin de mostrar el incremento de las prendas hechas bien a la primera.

Tabla 22. Comparación del RFT antes y después de la implementación

Antes de la Implementación						Después de la Implementación					
Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34
82.00%	83.00%	84.00%	85.00%	83.00%	81.00%	91.00%	86.00%	93.00%	93.00%	86.00%	88.00%

Fuente: Elaboración propia

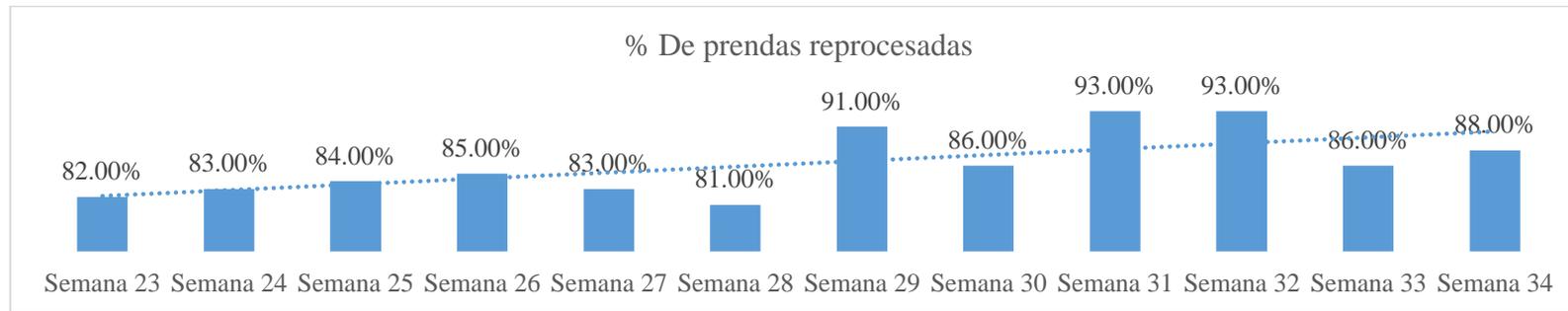


Figura 50. Comparación del RFT en el año 2021

Fuente: Elaboración propia

Como resultado final se observa el porcentaje de prendas direccionadas a reproceso (véase tabla N° 11). Evidenciando una reducción tras la implementación.

Muestras antes (Pre-test):

Tabla 23. Promedio de reproceso por semana post test

Tiempo (Agosto a Septiembre)	Muestra (Porcentaje) Post Test
Semana 23	8.7%
Semana 24	13.7%
Semana 25	6.7%
Semana 26	6.6%
Semana 27	13.5%
Semana 28	11.7%

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis de resultados

Generalidades

En esta sección se presentan los planteamientos y los resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis de esta investigación, donde se expone el detalle de la información levantada de las muestras en situación pre test y en situación post test, de manera que se pueda comprobar y verificar el contraste de las muestras, a través del análisis de la estadística inferencial planteadas en la investigación para cada una de las hipótesis específicas.

Para todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico SPSS versión 26.

a. Prueba de normalidad

Para las tres dimensiones se ha trabajado con la misma regla.

Si es mayor a 0.5 es una prueba paramétrica, si es menor no paramétrica.

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H0: Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal

H1: Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. \geq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0)

Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $<$ 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1)
- Por lo tanto, los datos de la muestra NO siguen una distribución normal.

b. Prueba de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H0: Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Tes

H1: Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $< 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

Primera hipótesis específica: Si se aplica la herramienta SMED se reducirán los tiempos de preparación de máquinas en el área de costura de una empresa textil exportadora.

a. Pruebas de Normalidad

Muestra pre-test y post-test:

Se utilizó la siguiente muestra que consistió en 6 datos semanales que dieron como resultado de un análisis previo a la preparación de máquinas y equipos. Se ingresó ordenadamente los datos obtenidos al software para llevar a cabo su desarrollo. A través del SPSS se generó un gráfico de prueba de normalidad, que se muestra más adelante.

Tabla 24. Muestras pre test y post test para primera hipótesis específica

TIEMPO	Tiempo tomado PRE TEST (min)	Tiempo mejorado POST TEST (min)
SEMANA 23	1,16	0,50
SEMANA 24	1,13	0,49
SEMANA 25	1,15	0,49
SEMANA 26	1,17	0,50
SEMANA 27	1,14	0,50
SEMANA 28	1,16	0,50

Fuente: Elaboración propia

Prueba paramétrica pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 26, se observa que los datos a procesar fueron tiempo de preparación de máquinas y equipos por 6 semanas antes de implementar la herramienta SMED y el tiempo de preparación de máquinas y equipos después de la implementación, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto para tiempo de preparación de máquinas y equipos pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver tabla 26).

Tabla 25. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de preparación Pre test y Post test

Resumen del procesamiento de los casos						
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
TIEMPOS DE PREPARACION PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
TIEMPO DE PREPARACION POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Fuente: SPSS – Elaboración propia

Estadísticos descriptivos

En la tabla 27, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de tiempo de preparación de máquinas y equipos, como son la media, la mediana y la varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26.

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test

Descriptivos			
		Estadístico	Error típ.
TIEMPOS DE PREPARACION PRE	Media	1,1500	,00577
	Mediana	1,1500	
	Varianza	,000	
	Desviación Estándar	,01414	
TIEMPO DE PREPARACION POST	Media	,4967	,00211
	Mediana	,5000	
	Varianza	,000	
	Desviación Estándar	,00516	

Fuente: SPSS – Elaboración propia

- Muestra pre-test:
 - Media: 1,15
 - Mediana: 1,15
 - Varianza: 0,0
 - Desviación estándar: 0,014
- Muestra post-test:
 - Media: 0,49
 - Mediana: 0,50
 - Varianza: 0,400
 - Desviación estándar: 0,005

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad fueron los tiempos de preparación de máquinas y equipos durante seis semanas antes de implementar el las herramientas y los tiempos de preparación de máquinas y equipos durante seis semanas después de implementar las herramientas respectivas, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decide realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. (Ver tabla 28).

Tabla 27. Prueba de normalidad de tiempo de preparación para muestras Pre test y Post test

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TIEMPOS DE PREPARACION PRE	,167	6	,200*	,982	6	,960
TIEMPO DE PREPARACION POST	,407	6	,002	,640	6	,001

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determina que:

- Para las muestras pre-test y post-test de la producción semanal en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0.960 y 0.001, respectivamente
- El valor de la significancia de la muestra pre-test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test SI provienen de una distribución normal.

- El valor de la significancia de la muestra Post Test es menor que el valor 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Alternativa, con lo cual se concluye que los datos de la muestra post-test NO provienen de una distribución normal.

b. Prueba de Hipótesis

H0: Si se implementa la herramienta SMED entonces no se reducirán los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura

H1: Si se implementa la herramienta SMED entonces se reducirán los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas o emparejadas, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; y que además, la muestra Pre Test proviene de una distribución normal, pero, la muestra Post Test no proviene de una distribución normal, se determinó utilizar la prueba de Wilcoxon, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver tabla 29, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.027, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1)

Tabla 28. Resumen de prueba de primera hipótesis específica

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre TIEMPOS DE PREPARACIÓN PRE y TIEMPO DE PREPARACION POST es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,027	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De acuerdo con el resultado mostrado, se observa que, la preparación de máquinas y equipos antes de la implementación de la herramienta SMED

muestran una diferencia estadística significativa respecto preparación de máquinas y equipos después de la implementación de la herramienta SMED.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador H1, si se implementa la herramienta SMED entonces se reducirán los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia que la implementación de la herramienta SMED tuvo un efecto positivo y significativo en tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura.

Segunda hipótesis específica: Si se aplica la herramienta flujo continuo se reducirán los tiempos de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora.

a. Pruebas de normalidad

Muestra pre-test y post-test:

De acuerdo con lo descrito en el punto 4.3 la muestra comprende a los trabajadores del área de costura, conformada por 25 trabajadores.

En la tabla 30, se apreciar el nivel del tiempo de espera por semana en la planta de costura antes de implementar el flujo continuo y el nivel del tiempo de espera después de la implementación del flujo continuo.

Tabla 29. Muestra pre-test y post-test de tiempo de espera semanal

TIEMPO	Tiempo tomado PRE TEST (porcentaje)	Tiempo mejorado POST TEST (porcentaje)
SEMANA 23	47	43
SEMANA 24	48	29
SEMANA 25	50	45
SEMANA 26	48	45
SEMANA 27	48	45
SEMANA 28	48	26

Fuente: Elaboración propia

Prueba paramétrica pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 26, se observa que los datos a procesar fueron

tiempo de espera por 6 semanas antes de implementar la herramienta Flujo Continuo y el tiempo de espera después de implementar la herramienta Flujo Continuo, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto para tiempo de preparación de máquinas y equipos pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver tabla 31).

Tabla 30. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de espera Pre test y Post test

Resumen del procesamiento de los casos						
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
TIEMPO DE ESPERA_PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
TIEMPO DE ESPERA_POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Fuente: SPSS – Elaboración propia

Estadísticos descriptivos

En la tabla 32, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test del tiempo de espera, como son la media, la mediana y la varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26.

Tabla 31. Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test

Descriptivos			
		Estadístico	Error típ.
NIVEL DE TIEMPO DE ESPERA_PRE	Media	48,17	,401
	Mediana	48,00	
	Varianza	,967	
	Desviación estándar	,983	
NIVEL DE TIEMPO DE ESPERA_POST	Media	38,83	3,619
	Mediana	44,00	
	Varianza	78,567	
	Desviación estándar	8,864	

Fuente: SPSS – Elaboración propia

- Muestra pre-test:
 - Media: 48.17
 - Mediana: 48
 - Varianza: 0,967
 - Desviación estándar: 0,983

- Muestra post-test:
 - Media: 38,83
 - Mediana: 44
 - Varianza: 78,567
 - Desviación estándar: 8,86

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad fueron los tiempos de espera durante seis semanas antes de implementar la herramienta Flujo Continuo y el tiempo de espera durante seis semanas después de implementar la herramienta Flujo Continuo, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decidió realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. (Ver tabla 33).

Tabla 32. Prueba de normalidad para tiempos de espera Pre test y Post test

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TIEMPO DE ESPERA_PRE	,401	6	,003	,770	6	,031
TIEMPO DE ESPERA_POST	,348	6	,022	,726	6	,011
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determinó que:

- Para las muestras pre-test y post-test de la producción semanal en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0,031 y 0.011, respectivamente
- El valor de la significancia de la muestra pre-test es menor que el valor de 0,05, de modo que, se rechaza la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test NO provienen de una distribución normal.
- El valor de la significancia de la muestra post-test es menor que el valor 0,05, de modo que, se rechaza la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Post Test NO provienen de una distribución normal.

b. Prueba de hipótesis

H0: Si se implementa la herramienta Flujo Continuo entonces NO se reducirá el tiempo de espera del área de costura.

H1: Si se implementa la herramienta Flujo Continuo entonces se reducirá el tiempo de espera del área de costura.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas o emparejadas, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; además, la muestra pre-test y post-test provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la prueba de Wilcoxon, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver tabla 34, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.027, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se concluyó que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Tabla 33. Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre FLUJO CONTINUO_PRE y FLUJO CONTINUO_POST es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,027	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De acuerdo con el resultado mostrado, se observa que, la producción semanal antes de la implementación de la herramienta Flujo Continuo muestra una diferencia estadística significativa respecto a la producción semanal después de la implementación de la herramienta Flujo Continuo.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H1: H1: Si se implementa la herramienta Flujo Continuo entonces se reducirá el tiempo de espera del área de costura

Por todo lo antes expuesto, se evidencia que la implementación de la herramienta Flujo Continuo tuvo un efecto positivo y significativo en la mejora de la productividad en el área de costura.

Tercera hipótesis específica: Si se aplica la herramienta Poka Yoke se reducirán los reprocesos en el área de costura de una empresa textil exportadora.

Pruebas de normalidad

Muestra pre-test y post-test:

De acuerdo con lo descrito en el punto 4.3 la muestra comprende al nivel de reproceso que se ha tomado de 12 datos.

Consta de un total de 12 datos referidos al nivel de reproceso de prendas, en la muestra antes (pre-test) y en la muestra después (post-test), después de aplicar la variable independiente en la investigación para esta tercera hipótesis específica. (Ver tabla 35).

Tabla 34. Muestra pre-test y post-test de nivel de reproceso

TIEMPO	Tiempo tomado PRE TEST (min)	Tiempo mejorado POST TEST (min)
SEMANA 23	0.18	0.09
SEMANA 24	0.17	0.14
SEMANA 25	0.16	0.07
SEMANA 26	0.15	0.07
SEMANA 27	0.17	0.14
SEMANA 28	0.19	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Prueba pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS versión 26, se verifica que, del total de 12 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, por lo cual, no hubo ningún dato perdido. (Ver tabla 36).

Tabla 35. Resumen de procesamiento de datos – Tiempos de espera Pre test y Post test

Resumen del procesamiento de los casos						
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
NIVEL DE REPROCESO_PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
NIVEL DE REPROCESO_POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Fuente: SPSS – Elaboración propia

Estadísticos descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se cuenta con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. (Ver tabla 36).

Tabla 36. Estadísticas de grupo – muestras pre-test y post- test

Descriptivos			
		Estadístico	Error típ.
NIVEL DE REPROCESO_PRE	Media	17,00	,577
	Mediana	17,00	
	Varianza	2,000	
	Desviación estándar	1,414	
NIVEL DE REPROCESO_POST	Media	10,50	1,335
	Mediana	10,50	
	Varianza	10,700	
	Desviación estándar	3,271	

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De la tabla 37, se ve que se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, como medidas de dispersión, para las muestras pre-test y post-test.

- Muestra pre-test:
 - Media: 17,0
 - Mediana: 17
 - Varianza: 2,0
 - Desviación estándar: 1,41
- Muestra post-test:
 - Media: 10,50
 - Mediana: 10,50
 - Varianza: 10,70

- o Desviación estándar: 3,27

Prueba de normalidad

Por la cantidad de datos que se cuenta (12 datos) en pre-test y post-test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través programa software IBM SPSS versión 26, a fin de verificar si la distribución es normal, por lo cual, si es paramétrica. (Ver tabla 37).

Tabla 37. Pruebas de normalidad para los reprocesos de las muestras pre-test y post-test

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NIVEL DE REPROCESO_PRE	,167	6	,200 [*]	,982	6	,960
NIVEL DE REPROCESO_POST	,191	6	,200 [*]	,847	6	,148

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS – Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determina que:

Para las muestras pre-test y post-test del nivel de espera, los valores de la Sig. son: 0.960 y 0.148 respectivamente

Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test y post-test provienen de una distribución normal.

a. Prueba de hipótesis

H0: Si se implementa la herramienta Poka Yoke entonces NO se reducirá el nivel de reproceso de prendas.

H1: Si se implementa la herramienta Poka Yoke entonces se reducirá el nivel de reproceso de prendas.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas, debido a que es el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; y que, además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra emparejadas, la cual es una prueba

de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

T de Student de Muestras emparejadas

Para la prueba de T de Student de muestras emparejadas se tiene:

- Estadísticas de muestras emparejadas
- Correlaciones de muestras emparejadas
- Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas

En las estadísticas de muestras emparejadas, se observa que, respecto a la media, la muestra pretest tiene un valor de 17,00 y la muestra post test de 10,50. Respecto a la desv. desviación, la muestra pre test tiene un valor de 1,414 y la muestra post test de 3,271. Respecto a la desv. error promedio, la muestra pre test tiene un valor de 0,577 y la muestra post test de 1,335. (Ver tabla 38).

Tabla 38. Estadísticas de muestras emparejadas para el nivel de reproceso.

Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	NIVEL DE REPROCESO_PRE	17,00	6	1,414	,577
	NIVEL DE REPROCESO_POST	10,50	6	3,271	1,335

Fuente: SPSS – Elaboración propia

En las correlaciones de muestras emparejadas, se observa que el valor de la correlación de las muestras emparejadas toma un valor positivo de 0,519 y una significancia de 0,292. (Ver tabla 39).

Tabla 39. Correlaciones de muestras emparejadas para reprocesos de prenda

Correlaciones de muestras relacionadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	NIVEL DE REPROCESO_PRE y NIVEL DE REPROCESO_POST	6	,519	,292

Fuente: SPSS – Elaboración propia

En la prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas (ver tabla 40), se observa que la significancia Sig es de 0,002, lo cual es menor que 0,05, por lo tanto, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Tabla 40. Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para los reprocesos.

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior				Superior
NIVEL DE REPROCESO PRE - NIVEL DE REPROCESO POST	6,500	2,811	1,147	3,550	9,450	5,665	5	,002

Fuente: SPSS – Elaboración propia

Dado que la significancia es igual a 0.002, menor que 0,05 y respetando el criterio de evaluación, se rechazó la hipótesis nula H0 y se aceptó la hipótesis alterna H1, afirmando que existe una diferencia estadística significativa entre el tiempo de producción pre test y post test respectivamente.

Por lo tanto, se llegó a concluir que: Si se implementa la metodología Poka Yoke entonces se reducirá relativamente el nivel de prendas defectuosas en el área de costura.

Con lo cual, además, de todo lo antes expuesto se evidencia claramente que la implementación de la herramienta Poka Yoke (variable independiente), tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción del tiempo de producción (variable dependiente).

Resumen de resultados

A continuación, se muestra una tabla resumen de los resultados de la implementación lean manufacturing en el área de costura.

Tabla 41. Resumen de resultados

	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador VD	Pre Test	Post Test	Variación	%
1	SMED	Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Tiempo de preparación de máquinas y equipos	01:16:13	00:58:38	00:17:35	23%
2	Flujo Continuo	Tiempo de espera	Nivel de tiempo de espera	48.16	38.83	9.33	19%
3	Poka Yoke	Reproceso de prendas	Nivel de reproceso	17%	10.50%	0.065	38%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia se ha reducido los tiempos de preparación en un 23%, los tiempos de espera en un 19% y los reprocesos de prendas en un 38%.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó que el plan de mejora; implementación de Lean Manufacturing permitió aumentar significativamente la productividad en el área de costura en la empresa exportadora, ya que se identificó los problemas críticos de cada proceso y se aplicaron mejoras reduciendo los tiempos de preparación de máquinas y equipos, tiempos de espera y reprocesos.
2. Aplicando la herramienta SMED en el área de costura de la empresa textil importadora se logró reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos, reflejándose en una mejora de la productividad de un 23% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación.
3. Con la implementación de la herramienta del flujo continuo se observó una reducción del tiempo de espera, reflejándose en una mejora de la productividad de un 19% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación.
4. Tras la implementación de la herramienta del Poka Yoke en el área de costura de la empresa textil importadora contribuyo a reducir los errores de proceso, se evidenció la reducción del reproceso de prendas, reflejándose en una mejora de la productividad de un 38% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el Lean Manufacturing en la organización con el fin de aumentar la productividad, mediante la aplicación de las herramientas en cada uno de los procesos críticos y manteniendo una cultura de mejora continua para reducir los improductivos.
2. Aplicar la herramienta SMED para establecer un lugar específico para el almacenamiento de las herramientas, de manera que se encuentren cerca al operario, reduciendo los tiempos de preparación de máquinas y equipos.
3. Implementar la herramienta flujo continuo en una celda de manufactura para reducir los tiempos de espera, al mantener trabajando continuamente al operario.
4. Establecer el uso de la herramienta Poka Yoke en el área de costura para reducir el reproceso de prendas. Estableciendo un sistema de colores para la fácil identificación de errores. Proseguir desarrollando investigaciones orientadas a conocer las diferentes variables que implican el incremento de la productividad en los diversos sectores empresariales del Perú.
5. Proponer continuar con las investigaciones como resultado de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana & Estuardo (2018). Implementación de la metodología Lean Manufacturing en proceso productivo de fabricación de suelas de poliuretano para mejorar la rentabilidad de la empresa La parisina S.A.C. (Tesis de pregrado) Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperada de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11168/ARANA%20ASTUDILLO%2c%20Roger%20Estuardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bermejo, D. (2019) *Lean Manufacturing para la mejora del proceso para la fabricación de calzado para damas*. Tesis de pregrado. Perú: UNMSM. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10588/Bermejo_dj.pdf?sequence=4&isAllowed=y/
- Celso, U. (2017) *Aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo de ciclo de un cambio de modelo de inyección de un componente de HVAC*. Tesis de pregrado. México: Universidad Autónoma del estado de México. Recuperada de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104419/Celso%20Ulises%20Ram%c3%adrez%20N%c3%ba%c3%b1ez%20ED.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Cruelles, R. (2013). *Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y la mejora continua*. México
- Diaz, M. (2018) *Planteamiento de un modelo Lean Manufacturing para el mejoramiento de calidad y procesos, en la empresa ABS CROMOSOL*. Tesis de pregrado. Colombia: Universidad Agustiniiana <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/507/DiazMendez-DannaViviana-2018.pdf;jsessionid=1BBAC78139464933E32CA2EBCE36552F?sequence=1>
- Garcia Palencia, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial (Primera Edición ed.)*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U
- Guerrero, I. (2019) *El Lean Manufacturing y la competitividad dentro del sector textil del Cantón de Ambato*. (Tesis de grado). Ecuador: Universidad Técnica de

- Ambato. Recuperada de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29290/1/538%20O.E..pdf>
- Gutiérrez, P. (2014). *Calidad total y Productividad*. México: McGRAW-HILL
- Iso (año) Norma Internacional ISO 9001. Recuperada de <http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas%20ISO/ISO%209001-2015%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Calidad.pdf>
- Malca J (2017) *Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en la línea de producción de pinturas Temple en la empresa QUINCEN EIRL*. (Tesis de grado) Perú: Universidad Cesar Vallejo. Recuperada de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12490/Malca_GJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.P.96
- Maradiaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. España: Bubok
- Orozco J., Cuervo V y Bolaños J (2016) *Implementación de herramientas Lean Manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de EKA corporación*. (Tesis de grado) Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperada de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016_implementation_herramienta_lean.pdf
- Paredes (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. (Tesis de pregrado) Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperada de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9778/Arroyo_pn.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Portada, H. (2017) *Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera*. (Tesis de pregrado) Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperada de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622205/PORTADA_HL.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Progressa lean (2017) Expertos en Lean Manufacturing, Kaizen Y Mejora Continua.
Recuperado de <http://www.progressalean.com/que-es-smed/>
- Quintana (2010) Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en temas de Lean Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma. (Tesis de pregrado) Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperada de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7356/tesis392.pdf>
- Rajadell, C., & Sánchez, G. (2010). Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Madrid
- Ramírez, G., & Ramírez, G. (2013). diseño de módulo para celda de manufactura flexible con tecnología lego. (Tesis de Pregrado) Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperada de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4324/670427R173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas & Cortez (2014) *Aplicación de la metodología SMED para el cambio de bobina de semielaborado de una maquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A.* (Tesis de pregrado) Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperada de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5037/65854R741.pdf;jsessionid=4B3C8049CBB0C4D4F82D7AEDAEDDF170?sequence=1>
- Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing, paso a paso. Editorial Norma
- Temoche, L. (2019) *Aplicación del modelo Lean Manufacturing en empresas de confección del parque industrial en el asentamiento humano de Huaycan.* (Tesis de pregrado) Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperada de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3177/TEMOCHE%20LOPEZ%20ALFREDO%20FERNANDO%20-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yépez, M. (2017). Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la reducción de desperdicio. (Tesis de Maestría) Ecuador: Universidad

Técnica de Ambato. Recuperada de <https://docplayer.es/207903726-Universidad-tecnica-de-ambato.html>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
General	General	General	General		General	
¿Cómo aumentar la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora?	Implementar Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora.	Si se implementa Lean Manufacturing se aumentará la productividad en el área de costura de una empresa textil exportadora.	Lean Manufacturing		Productividad	
Específicos	Específicos	Específicas	DIMENSIONES		DIMENSIONES	
¿Cómo reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura de una empresa textil exportadora?	Implementar la herramienta SMED para reducir los tiempos de preparación de máquinas y equipos en el área de costura de una empresa textil exportadora.	Si se aplica la herramienta SMED se reducirán los tiempos de preparación de máquinas en el área de costura de una empresa textil exportadora.	SMED	Si/No	Tiempos de preparación de máquina	Tiempo de preparación de máquinas y equipos.

¿Cómo reducir los tiempos de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora?	Implementar la herramienta flujo continuo para reducir el tiempo de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora.	Si se aplica la herramienta flujo continuo se reducirán los tiempos de espera en los módulos de trabajo en el área de costura de una empresa textil exportadora.	FLUJO CONTINUO	Si/No	Tiempo de espera	Nivel de Tiempo de espera
¿Cómo reducir el nivel de reproceso en el área de costura de una empresa textil exportadora?	Implementar la herramienta Poka Yoke para reducir el nivel de reproceso en el área de costura de una empresa textil exportadora.	Si se aplica la herramienta Poka Yoke se reducirán los reprocesos en el área de costura de una empresa textil exportadora.	POKA YOQUE	Si/No	Nivel de reproceso de prendas	Nivel de reproceso

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Indicador VI	Definición conceptual	Definición operacional
SMED	SI / NO	Técnica que tiene como objetivo reducir el tiempo de cambio de herramienta. Adicionalmente a ello, lo que se busca es reducir el tiempo de preparación de la máquina (Rajadell, 2010).	Busca mejorar el tiempo de las tareas de cambio de máquina y equipos para dar el máximo aprovechamiento a la máquina.
Flujo continuo	SI / NO	Lo definen “Como trabajar de modo que el producto fluya de forma continua a través de nuestras corrientes de valor” (Rajadell & Sanchez, 2010, p 73)	Busca mantener que el trabajo fluya continuamente evitando las paradas de máquinas y eliminando tiempos ociosos.
Poka Yoke	SI / NO	“Los dispositivos poka yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades” (Socconini, 2008, p 239).	Se pretende crear procesos en los cuales cometer errores sea prácticamente imposible.
Variable Dependiente	Indicador VD	Definición conceptual	Definición operacional
Tiempo de preparación de máquinas y equipos	Tiempo de preparación de máquinas y equipos	“Es el tiempo que se invierte desde el momento que se fabrica la última pieza del producto actual hasta que se produce la primera pieza del siguiente producto o lote de producción” (Progressa, 2017).	Son los tiempos de preparación de máquina y el montaje y desmontaje de los sustratos a trabajar.
Tiempo de espera	Nivel de tiempo de espera	“Es un tiempo perdido como resultado de un trabajo o proceso ineficiente, ya sea porque un operario tiene que esperar por otro o una parada no planificada, esperar por las herramientas, por los catálogos de partes, el transporte, y otros”(Fernandez,2018,p 53).	Son los tiempos que el operario espera para ejecutar una acción por falta de carga.

Reproceso de prendas	Nivel de reprocesos de prenda	Perdida física en el volumen, peso o cantidad de las existencias, ocasionada por causas inherentes a su naturaleza o al proceso productivo (Ferrer, 2010).	Cantidad expresada en porcentaje de los productos que requiere volver a pasar por los procesos previos para obtener el producto deseado.
----------------------	-------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Disponibilidad de máquinas

ITEM	TIPO DE MÁQUINA	TOTAL DE MÁQUINAS	COSTURA	DISPONIBLE (PLANTA)
1	Remalladora	364	289	75
2	Remalladora Puntada de Seguridad	6	5	1
3	Atracadora	49	34	15
4	Botonera	26	20	6
5	Costura Recta Programable	550	466	84
6	Costura Recta de Dos Agujas	8	6	2
7	Costura Recta de Doble Transporte	19	18	1
8	Ojaladora	23	19	4
9	Recubridora Plana	171	126	45
10	Recubridora Cañón	8	1	7
11	Recubridora Semi Cilíndricas	3	2	1
12	Recubridora Bastera	114	85	29
13	Recubridora Cañón Frontal	9	9	0
14	Zig-Zag	16	15	1
15	Remachadora Electroneumática	4	3	1
16	Multiagujas Mecánica (12 Agujas)	8	4	4
17	Patronera Automática	5	1	4
18	Framisitalia de Cinta Framis	7	6	1
19	Collaretera	15	11	4
20	Picoetera	2	2	0
21	Tapetera	17	13	4
22	Flat Seammer Neum (04 Agujas)	52	45	7
	TOTAL DE MÁQUINAS	1476	1178	298

Fuente: Elaboración propia