



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia en el proceso productivo de sacos en una MYPE de confecciones, utilizando dos pilares del TPM y Estandarización del Trabajo

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Alvarado Mota, Jhosselyn Katia	0000-0002-6435-2289
Palomino Castillo, Ariana Alexandra	0009-0006-5576-1183

ASESOR(ES)

Chávez Soriano, Pedro Alberto	0000-0003-2708-442X
-------------------------------	---------------------

Lima, 9 de noviembre de 2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, cuyo apoyo incondicional y compañía me motivaron a llegar hasta este punto. Su confianza en mí y su paciencia han sido mi mayor fuente de inspiración. También, a todos los maestros y mentores que me compartieron su conocimiento y me guiaron, contribuyendo con mi desarrollo académico y profesional.

Que este logro sea un reflejo del amor, la dedicación y el esfuerzo de quienes siempre creyeron en mí.

Jhosselyn Katia Alvarado Mota

Este trabajo se lo dedico a mis padres, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y apoyo a lo largo de mi camino hacia el logro de mis metas profesionales. Su amor incondicional y su paciencia inquebrantable han sido un faro de aliento durante todo este proceso, guiándome hacia la excelencia profesional que aspiro alcanzar. A mis queridas mascotas, compañeras leales a lo largo de los años. Este trabajo está dedicado a ustedes

Ariana Alexandra Palomino Castillo

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento por las diversas fuentes de apoyo que me han guiado y motivado a lo largo de este camino. En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi fuente de fortaleza y esperanza. A mi familia, les agradezco su apoyo incondicional y comprensión, que me han sostenido en los momentos más desafiantes. Gracias por sus sacrificios, que me permitieron perseguir mis sueños y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar este logro.

Jhosselyn Katia Alvarado Mota.

Agradezco a todos aquellos que han sido parte fundamental en este viaje académico. En primer lugar, agradezco a mis seres queridos por su apoyo inquebrantable: a mis padres, Jacqueline y Jimmy, y a mi querido hermano Jimmy, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y aliento en los momentos más desafiantes para alcanzar mis metas.

Ariana Alexandra Palomino Castillo

Resumen

Se propone una mejora en la eficiencia del proceso productivo de sacos en una microempresa peruana del sector textil mediante la implementación de dos pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Trabajo Estandarizado (SW). La investigación identifica problemas en la línea de producción, como una alta cantidad de productos defectuosos y tiempos improductivos causados por fallas en las máquinas y variabilidad en el planchado. Para abordar estos problemas, se aplicaron metodologías de mantenimiento autónomo y preventivo en máquinas clave y se establecieron estándares de trabajo que redujeron los tiempos de ciclo y mejoraron la calidad. Los resultados muestran una mejora significativa en la eficiencia del equipo y una reducción de los costos de producción, gracias a una mayor precisión y uniformidad en el proceso. La propuesta incluyó un cronograma de actividades y un análisis económico, detallando un ahorro en costos operativos. Este enfoque no solo optimiza la producción, sino que también facilita la capacitación del personal y promueve un ambiente de mejora continua. En conclusión, la aplicación de los dos pilares de la TPM y la Estandarización de Trabajo en esta microempresa textil demuestra la efectividad de estos métodos para aumentar la competitividad en un sector dependiente de la mano de obra y mejorar la posición de la empresa en el mercado.

Palabras clave: Eficiencia de Producción; Industria Textil; TPM; Trabajo Estandarizado.

Improvement proposal to increase the efficiency of the sack production process in a clothing MYPE, using two pillars of TPM and Work Standardization.

Abstract

An improvement in the efficiency of the sack production process in a Peruvian micro-enterprise in the textile sector is proposed through the implementation of two pillars of Total Productive Maintenance (TPM) and Standardized Work (SW). The research identifies problems in the production line, such as a high amount of defective products and unproductive times caused by machine failures and variability in ironing. To address these problems, autonomous and preventive maintenance methodologies were applied on key machines and work standards were established that reduced cycle times and improved quality. The results show a significant improvement in equipment efficiency and a reduction in production costs due to improved process accuracy and consistency. The proposal included a schedule of activities and an economic analysis, detailing savings in operating costs. This approach not only optimizes production, but also facilitates staff training and promotes an environment of continuous improvement. In conclusion, the application of the two pillars of TPM and Work Standardization in this textile microenterprise demonstrates the effectiveness of these methods to increase competitiveness in a labor-dependent sector and improve the company's market position.

Keywords: Productive Efficiency; Textile Industry; TPM; Standardized Work; Standardized Labor.

Trabajo_73826265

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Trabajo del estudiante

<1%

4

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

www.camarabaq.org.co

Fuente de Internet

<1%

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

7

repository.eia.edu.co

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1%

Tabla de contenido

Capítulo 1: Antecedentes del proyecto	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Marco teórico.....	3
1.2.1 Lean Manufacturing (LM).....	3
1.2.2 Mantenimiento Productivo Total o TPM	3
1.2.3 Mantenimiento Preventivo	4
1.2.4 Mantenimiento Autónomo (AM)	5
1.2.5 Trabajo Estandarizado	5
Capítulo 2: Problemática de la organización	6
2.1 Descripción de la organización.....	6
2.1.1 Participación de los ingresos por línea de confección.....	6
2.1.2 Proceso de producción de Sacos.....	6
2.1.3 Maquinarias	6
2.2 Identificación del problema	6
2.2.1 Brecha técnica.....	7
2.2.2 Impacto económico.....	7
2.3 Análisis de las causas	8
2.3.1 Motivo 1: Alta cantidad de productos defectuosos	8
2.3.1.1 Causa raíz 1: Errores por limpieza ineficiente en superficies de la máquina fusionadora.....	8
2.3.1.2 Causa raíz 2: Errores de calibración en máquina botonera	9
2.3.2 Motivo 2: Tiempos Improductivos	10
2.3.2.1 Causa raíz 1: Averías en la máquina cortadora	10
2.3.2.2 Causa raíz 2: Alta variabilidad en el procedimiento de planchado	11
2.3.3 Árbol de Problemas	12
2.4 Planteamiento de objetivos.....	12
2.4.1 Objetivo general	12
2.4.2 Objetivos específicos	12
Capítulo 3: Propuesta de Ingeniería	13
3.1 Vinculación de la causa con la solución.....	13

3.2	Diseño detallado de la solución.....	13
3.2.1	Modelo.....	13
3.2.2	Implementación del Componente 1.....	14
3.2.3	Implementación del Componente 2.....	16
3.2.4	Implementación del componente 3.....	20
3.3	Diseño de indicadores.....	23
3.4	Consideraciones para la implementación.....	24
3.4.1	Presupuesto de la solución.....	24
3.4.2	Cronograma de desarrollo.....	26
	26
Capítulo 4	27
4.1	Validación Funcional.....	27
4.2	Evaluación del Impacto Económico.....	34
4.3	Evaluación de impactos no económicos.....	35
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias	39
Anexo(s)	43

Lista de Figuras

Figura 1	Exportaciones del sector textil y confecciones (Millones de US\$)	1
Figura 2	Participación de los ingresos del año 2022 por línea de confección.....	6
Figura 3	Brecha Técnica.....	7
Figura 4	Impacto económico	8
Figura 5	Cumplimiento de Calibración y Pasos de Calibración	9
Figura 6	Diagrama de Actividades del Procedimiento.....	11
Figura 7	Árbol de Problemas.....	12
Figura 8	Árbol de Objetivos	12
Figura 9	Vinculación de causas con las soluciones.....	13
Figura 10	Modelo propuesto de solución	14
Figura 11	Flujograma de la Implementación 1 - Mantenimiento Autónomo.....	14
Figura 12	Equipo de Mantenimiento Autónomo.....	15
Figura 13	Cronograma de Capacitaciones.....	15
Figura 14	Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Fusionadora.....	16
Figura 15	Reporte de Ejecución del Mantenimiento Autónomo.....	16
Figura 16	Flujograma de la Implementación 2 - Mantenimiento Preventivo	17
Figura 17	Acta de Implementación del Mantenimiento Preventivo.....	17
Figura 18	Cronograma de mantenimiento preventivo.....	18
Figura 19	Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Botonera.....	19
Figura 20	Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Cortadora	19
Figura 21	Check List	20
Figura 22	Flujograma de la Estandarización del Trabajo.....	20
Figura 23	Tiempo Estándar por Actividad	21
Figura 24	DAP final del proceso de planchado.....	22
Figura 25	Cronograma de capacitación de la Estandarización del Trabajo	22
Figura 26	Registro de Actividades de Proceso de Planchado	23
Figura 27	Presupuesto de la propuesta del componente 1.....	25
Figura 28	Presupuesto de la propuesta del componente 2.....	25
Figura 29	Presupuesto de la propuesta del componente 3.....	26
Figura 30	Cronograma de Actividades.....	26
Figura 31	Proceso de validación del Mantenimiento Autónomo	27
Figura 32	Reporte de Ejecución del Mantenimiento Autónomo Validado	27

Figura 33 Reducción de la Tasa de Productos Defectuosos con la Implementación del Mantenimiento Autónomo.....	28
Figura 34 Proceso de validación del Mantenimiento Preventivo.....	29
Figura 35 Reporte de Ejecución del Mantenimiento Preventivo de la máquina Cortadora	29
Figura 36 Reporte de Ejecución del Mantenimiento Preventivo de la máquina Botonera	29
Figura 37 Reducción de la Tasa de Productos Defectuosos con la Implementación del Mantenimiento Preventivo	30
Figura 38 Proceso de validación de Estandarización del Trabajo	31
Figura 39 Registro de Actividades de Proceso de Planchado	32
Figura 40 Flujo de Caja	34
Figura 41 Matriz Leopold.....	35
Figura 42 Matriz Iperc.....	36

Lista de Tablas

Tabla 1	Eficiencia total de proceso de confección de Sacos	7
Tabla 2	Plan de Limpieza	8
Tabla 3	Impacto económico de la causa 1 - Motivo 1	9
Tabla 4	Procedimiento de Calibración	9
Tabla 5	Impacto económico de la causa 2 - Motivo 1	9
Tabla 6	Frecuencias de Averías	10
Tabla 7	MTTR y MTBF	10
Tabla 8	Impacto económico de la causa 1 - Motivo 2	10
Tabla 9	Unidades planchadas	11
Tabla 10	Impacto económico de la causa 2 - Motivo 2	11
Tabla 11	Resumen de Indicadores	24
Tabla 12	Cumplimiento de Limpieza	28
Tabla 13	Cumplimiento de Calibraciones	30
Tabla 14	MTTR y MTBF final	31
Tabla 15	Comparativa del MTBF inicial y final	31
Tabla 16	Promedio de Tiempos del Proceso de Planchado	32
Tabla 17	Eficiencia de Producción Post Implementación	33
Tabla 18	Tabla de resultados de indicadores	33
Tabla 19	Resultados de Flujo de Caja	34

Capítulo 1: Antecedentes del proyecto

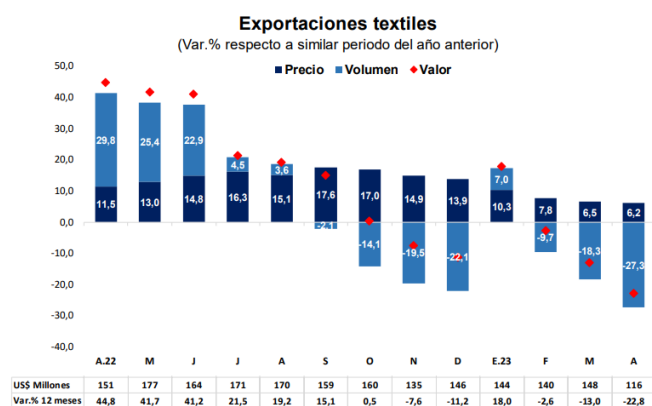
Esta sección se centra en establecer los conceptos clave que constituyen al mantenimiento como procedimiento en el contexto de la industria textil. Asimismo, se analizarán investigaciones previas relacionadas con los factores esenciales para la implementación exitosa de las metodologías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Trabajo Estandarizado (SW), tanto a nivel global como nacional.

1.1 Antecedentes

En la actualidad, el 99% de la industria textil y de confecciones está conformada por Mypes. A pesar del descenso en el año 2020, en los años posteriores el sector ha incrementado su producción de prendas de vestir (Ministerio de la Producción, 2022).

A nivel global, las exportaciones alcanzaron los US\$ 116 millones, registrando el valor más alto de los últimos años. Este déficit se debe en gran parte a un significativo incremento en las importaciones, las cuales aumentaron un 6,2%, mientras que las exportaciones cayeron un 27,3% en el mismo período (BCRP, 2023).

Figura 1
Exportaciones del sector textil y confecciones (Millones de US\$)



Nota. Figura reproducida de “Balanza Comercial: abril De 2023”, BCRP,2023.

El ex ministro de comercio Exterior y Turismo, Juan Carlos Mathews mencionó que:

Los resultados de las exportaciones del sector textil y confecciones del año 2022 resaltan que el sector textil y de confecciones es uno de los más relevantes en la industria manufacturera del país, ya que las prendas y los textiles peruanos elaborados con algodón pima tienen un mayor precio y posicionamiento en el mercado global (Gobierno del Perú,2023).

Uno de los principales problemas en el sector textil es la fuerte dependencia de la mano de obra. Aunque otras industrias han adoptado la automatización para aumentar la eficiencia, la industria textil sigue basándose en gran medida en trabajadores humanos. Esto conduce a defectos en hilos y telas, los cuales no siempre se detectan a tiempo, afectando negativamente la calidad de la producción y la aceptación del cliente (Sanper, 2021).

Además, la alta competitividad en el sector, especialmente en la moda, presenta desafíos de diseño. Las empresas enfrentan dificultades para diferenciarse debido a la creación de productos que no siguen las tendencias actuales en colores, texturas y formas. Esto puede dañar el posicionamiento de la marca y conllevar pérdidas financieras o incluso la quiebra, ya que se exigen altos estándares de calidad y diseño para competir a nivel global (Sanper,2021).

La implementación de una estrategia de mejora no solo reduce los costos relacionados con fallos en las máquinas, sino que también disminuye el desperdicio y optimiza el rendimiento de la producción. Los beneficios de tener un proceso de trabajo estandarizado son variados, incluyendo la disminución de la variabilidad en las operaciones, la facilidad en la capacitación de nuevos empleados, la reducción del riesgo de accidentes laborales y la creación de una base sólida para futuras mejoras (Toki et al., 2023). Esta herramienta es fundamental para lograr resultados exitosos y favorecer desarrollo de sistemas al minimizar las diferencias en los tiempos necesarios para realizar tareas entre diferentes personas y turnos (Junior et al., 2022).

El estudio realizado por Singh y Gurtu (2022), se centró en priorizar los factores clave para una implementación exitosa del Mantenimiento Productivo Total (TPM). En respuesta a los problemas detectados en la investigación, se diseñó e implementó un plan de acción para identificar la causa raíz de las frecuentes fallas y malfuncionamientos en uno de los equipos de la línea de producción. Se aplicó el enfoque de TPM y se fomentó una cultura de compromiso entre los empleados, conocida como "EO" (Ownership Emotion), lo que contribuyó a que los empleados eviten las averías en las máquinas mejorando el Índice de Eficiencia del Equipo (OEE). Para este estudio, el plan de implementación se identificó como el factor prioritario final. Entre los subfactores de este plan, la Educación y Formación obtuvo la mayor ponderación global (0,0418) en comparación con otros subfactores, representando aproximadamente tres veces más peso que la claridad en la misión (0,0125) y la evaluación del trabajo realizado (0,0123).

El estudio de Garcia-Garcia et al. (2022) se enfocó en empresas, principalmente MYPES, que eligen soluciones organizativas para evitar grandes inversiones o que carecen del conocimiento técnico necesario para realizar cambios en la maquinaria dentro del contexto del trabajo estandarizado. En el estudio se observa que en pocos casos se ha logrado alcanzar el objetivo final del trabajo estandarizado, que es reducir los tiempos de producción a menos de 10 minutos. Pese a ello, el estudio muestra que, antes de la optimización del proceso de cambio, el Índice de Eficiencia del Equipo (OEE) tenía un promedio del 60 %. No obstante, tras la optimización, el OEE experimentó un aumento significativo, alcanzando un promedio del 71%.

1.2 Marco teórico

1.2.1 *Lean Manufacturing (LM)*

Es una metodología de gestión de la producción que busca maximizar la eficiencia al reducir desperdicios y mejorar la calidad de los procesos productivos. Se centra en eliminar actividades que no agregan valor al producto final, optimizando los recursos y mejorando la flexibilidad de las operaciones. A través de la aplicación de herramientas como el Just-in-Time, TPM y Kaizen, LM permite a las empresas adaptarse a las demandas del mercado y mejorar su competitividad mediante la eficiencia operativa y la reducción de costos (Jiju et al., 2021).

Según (Kamble et al.,2019), Lean Manufacturing se define como un conjunto de principios y técnicas de gestión orientadas a eliminar desperdicios en el proceso de fabricación y aumentar el flujo de actividades que, desde la perspectiva del cliente, agregan valor al producto. Estas prácticas incluyen mejoras en la productividad y reducción de costos en la fabricación, así como una disminución de los impactos ambientales y el incremento de la sostenibilidad social.

1.2.2 *Mantenimiento Productivo Total o TPM*

Es un sistema orientado a maximizar la eficiencia de toda la operación productiva mediante la prevención de deterioros en los departamentos de la organización, con el objetivo de alcanzar "nulos accidentes, defectos y fallos" durante el proceso productivo. Este enfoque de gestión de mantenimiento se centra en eliminar errores en la cadena de producción, lo que contribuye a un aumento significativo de la producción, al tiempo que mejora la motivación y satisfacción de los empleados en su trabajo (Kose et al., 2023). Optimizar las operaciones, la eficiencia de los equipos y mantener el orden para prevenir fallos y desgaste

permite lograr la máxima efectividad. El TPM implica la participación de todos, reducir desperdicios y el mantenimiento de los equipos en condiciones óptimas (Khalfallah y Lakhal, 2021). El TPM (Mantenimiento Productivo Total) se basa en ocho pilares fundamentales que son los principios esenciales para implementar este enfoque de gestión de mantenimiento de manera efectiva (Pascal et al.,2019).

Según (Tortorella et al.,2021), los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) son los siguientes: mantenimiento autónomo, mejora enfocada, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, educación y formación, seguridad, salud y medio ambiente, TPM en oficinas y gestión del desarrollo.

1.2.3 Mantenimiento Preventivo

Se define como una estrategia de mantenimiento planificado que busca prevenir fallos y averías en los equipos antes de que sucedan. Este enfoque incluye inspecciones, ajustes, lubricaciones y reemplazos de componentes basados en el tiempo o en el uso, a través de datos históricos y análisis predictivos para determinar los intervalos óptimos de mantenimiento. Los autores destacan que el mantenimiento preventivo es crucial para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos de reparaciones imprevistas y disminuir el tiempo de inactividad de los sistemas, lo que a su vez aumenta la fiabilidad y vida útil de los activos industriales (Arts et al., 2024).

Actualmente, en las industrias manufactureras, la programación de un flujo flexible representa un concepto importante en la planificación de la producción ya que comprende el procesamiento de trabajos en múltiples máquinas en varias etapas. Por ello, la integración de la programación y el mantenimiento preventivo conduce a mejorar la eficiencia de la producción y reducir los errores en los problemas de planificación de producción. (Gholizadeh et al.,2022).

El mantenimiento preventivo se considera como reemplazo, reparación y un enfoque de dos niveles, siendo evaluado y aplicado en sectores industriales. Otorgar importancia a las estrategias de mantenimiento sirve para disminuir el costo promedio de mantenimiento y mejorar la disponibilidad del sistema. Esto representa un enfoque de optimización a la hora de implementar la mejor estrategia para el mantenimiento en el tiempo adecuado (Alam et al., 2024).

1.2.4 Mantenimiento Autónomo (AM)

Gotoh et al. (2024) describen el AM como un fundamento del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Según los autores, esta metodología permite que los operadores, quienes tienen el conocimiento más profundo de las máquinas en las fábricas, sean responsables del mantenimiento básico. Este enfoque fomenta la detección temprana de fallos y la prevención de averías, mejorando la confiabilidad de los equipos. El mantenimiento autónomo, estructurado en siete pasos, son más que simples programas de limpieza, ya que involucran a los operadores en tareas como inspecciones y ajustes, lo que incrementa la productividad y reduce tiempos de inactividad.

El mantenimiento autónomo se explica como una estrategia de mantenimiento preventivo que se enfoca en que el sistema sea 'autogobernado' y realice de manera efectiva las actividades de mantenimiento mediante la cooperación entre el personal de mantenimiento y los operadores para eliminar las fuentes que afectan la disponibilidad del sistema (Khan et al., 2020).

1.2.5 Trabajo Estandarizado

El trabajo estandarizado se refiere a las directrices detalladas que ayudan a fabricar un producto de manera óptima. Identifica las áreas para mejorar al destacar las pérdidas generadas en un proceso y detalla con precisión la forma en que debe llevarse a cabo el trabajo con el fin de lograr un beneficio frente a la competencia. Es una herramienta importante para establecer los mejores métodos y secuencias para cada proceso y operador, reduciendo los desperdicios (Mor et al., 2019).

El trabajo estandarizado se refiere al método más eficaz para realizar una tarea en el menor tiempo repetible y con la utilización efectiva de los recursos. Ayuda a reorganizar el trabajo con respecto a las fluctuaciones en el tiempo de ciclo (Takt time), permitiendo que se añada o se retire mano de obra según aumente o disminuya la demanda. Además, se incluye la creación de hojas de operación estándar, tablas de combinación de trabajo estandarizado, y directrices que aseguran que cada tarea se realice de manera uniforme y eficiente, maximizando la productividad y minimizando el desperdicio (Liski et al., 2020).

Capítulo 2: Problemática de la organización

2.1 Descripción de la organización

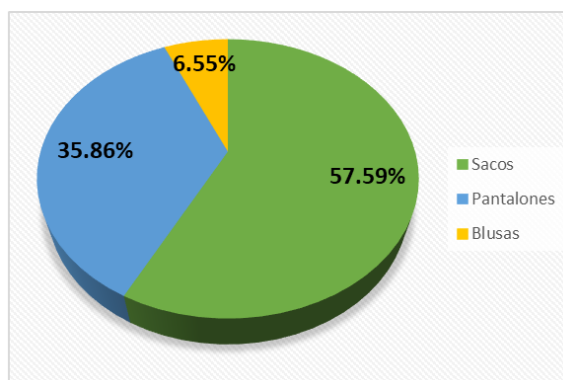
Este estudio se centra en una microempresa textil peruana de Lima, reconocida en la confección de ropa formal femenina. La empresa maneja tres líneas de productos: sacos, pantalones y blusas, diseñados para su público objetivo.

2.1.1 Participación de los ingresos por línea de confección

La empresa sigue un enfoque de producción Make to Stock (MTS). En 2022, la línea de sacos generó el 57.59% de los ingresos, siendo la más rentable.

Figura 2

Participación de los ingresos del año 2022 por línea de confección



Nota. Basado en datos de una empresa de confecciones (información privada, 2022).

2.1.2 Proceso de producción de Sacos

El proceso comienza con la marcación y corte de la tela, seguido de la costura inicial realizada por un tercero. Luego, el saco pasa por el área de fusión para aplicar tela adhesiva en partes específicas, se cosen ojales y botones, y se transfiere al área de planchado para un acabado óptimo. Finalmente, se almacena para su distribución. El diagrama detallado está en el Anexo 1.

2.1.3 Maquinarias

La empresa dispone de 5 máquinas cortadoras, 3 fusionadoras, 5 botoneras, 5 ojaladoras, 4 planchas industriales y 1 máquina de coser. Detalle en Anexo 2.

2.2 Identificación del problema

Se realizó un análisis para identificar el área de la línea de producción con menores términos de eficiencia, tal como se muestra en la Tabla 1, utilizando el cálculo de la eficiencia según (Abdulla & Kumar, 2021). Se detalla la eficiencia de los productos en el Anexo 3.

$$Eficiencia = \frac{\text{Producción Real (und)}}{\text{Producción Estándar (und)}} \times 100$$

Tabla 1
Eficiencia total de proceso de confección de Sacos

Área	Productos terminados Real	Productos terminados Planificado	Eficiencia individual
Corte	2690	3122	86.16%
Fusionadora	2580	3019	85.46%
Ojal	2598	2955	87.92%
Botonera	2370	2882	82.23%
Planchado	2250	2600	86.54%
Almacén	2004	2210	90.68%
Total			86.50%

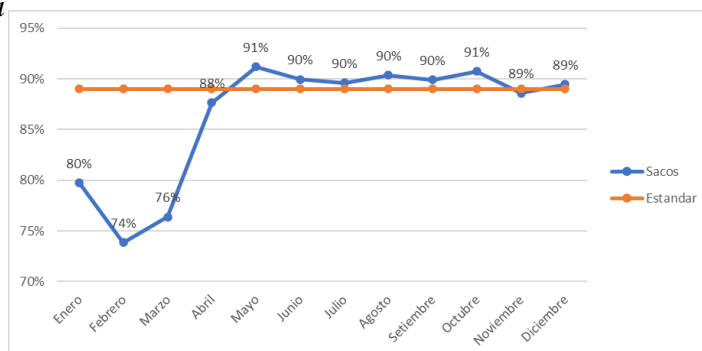
Nota. Basado en datos de una empresa de confecciones (información privada, 2022).

De acuerdo con la información mencionada, se consideró la evaluación de las áreas con menores eficiencias, ya que estas impactan principalmente en la producción de sacos.

2.2.1 Brecha técnica

El indicador de eficiencia de producción del último año de la empresa es de 86.50%, mostrando una brecha del 2.50% respecto al estándar mundial del 89% (Abdulla & Kumar, 2021), como se muestra en el Anexo. 3.

Figura 3
Brecha Técnica



Nota. Basado en datos de una empresa de confecciones (información privada, 2022)

2.2.2 Impacto económico

La Figura 4 muestra las principales categorías de pérdidas por baja eficiencia en el proceso de producción de sacos, con sus costos asociados.

Estas pérdidas impactan económicamente en S/. 779,438.95, equivalentes al 20.52% de los ingresos brutos.

Figura 4

Impacto económico

Categoría de pérdida	Cant.	Costo und	Costo asociado (S/.)
Uso ineficiente de materiales y otros recursos			S/ 107,952.00
Productos no vendidos			S/ 491,180.00
Sacos no vendidos por Causa 1 - Motivo 1	1260	S/ 100.00	S/ 126,000.00
Sacos no vendidos por Causa 2 - Motivo 1	1120	S/ 100.00	S/ 112,000.00
Sacos no vendidos por Causa 1 - Motivo 2	1379	S/ 100.00	S/ 137,980.00
Sacos no vendidos por Causa 2 - Motivo 2	1152	S/ 100.00	S/ 115,200.00
Penalizaciones y devoluciones por estándares de calidad no cumplidos			S/ 155,256.95
Penalización por incumplimiento de plazos de entrega (5%)			S/ 48,784.95
Descuentos por productos defectuosos (10%)	10647	S/ 100.00	S/ 106,472.00
Contratación de personal adicional			S/ 25,050.00
Contratación de Técnico en máquina Fusionadora	5	S/ 1,090.00	S/ 5,450.00
Contratación de Técnico en máquina Botonera	7	S/ 1,460.00	S/ 10,220.00
Contratación de Técnico en máquina Cortadora	7	S/ 1,340.00	S/ 9,380.00
Total			S/ 779,438.95

2.3 Análisis de las causas

2.3.1 Motivo 1: Alta cantidad de productos defectuosos

2.3.1.1 Causa raíz 1: Errores por limpieza ineficiente en superficies de la máquina fusionadora

Los errores por limpieza ineficiente se miden por la cantidad de productos sin adherencia mensual. La frecuencia de limpieza real se comparó con la requerida, tal como se detalla en la Tabla 2, generando defectos cada mes en 2022 (detallado en Anexo 4).

Tabla 2

Plan de Limpieza

Periodo de Tiempo	Fecha de Limpieza realizada	Limpieza Requerida	N limpiezas realizadas	N limpiezas requeridas	Cumple / No cumple
Enero	2/01	Semanal	1	4	No cumple
Febrero	3/02	Semanal	1	4	No cumple
Marzo	3/03	Semanal	1	4	No cumple
Abril	2/04, 22/04	Semanal	2	4	No cumple
Mayo	2/05	Semanal	1	4	No cumple
Junio	1/06	Semanal	1	4	No cumple
Julio	2/07, 15/07	Semanal	2	4	No cumple
Agosto	3/08, 14/08	Semanal	2	4	No cumple
Setiembre	2/09	Semanal	1	4	No cumple
Octubre	3/10	Semanal	1	4	No cumple
Noviembre	2/11	Semanal	1	4	No cumple
Diciembre	2/12	Semanal	1	4	No cumple

Esta causa tiene un impacto económico de 36,351.00 soles, debido al costo de material desechado, mano de obra y energía consumida, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Impacto económico de la causa 1 - Motivo 1

	Cantidad anual (und.)	Costo Unitario (S.)	Impacto económico (S.)
Material desecho	1260	10.93	13,771.80
Costo Mano de Obra	1260	7.4	9,324.00
Costo Energía	1260	10.52	13,255.20
Total			36,351.00

2.3.1.2 Causa raíz 2: Errores de calibración en máquina botonera

Para analizar esta causa se verificó el cumplimiento de las calibraciones requeridas, así como el cumplimiento de los 5 pasos necesarios para completar una calibración correcta.

Tabla 4
Procedimiento de Calibración

Nro.	1	2	3	4	5
Procedimiento de Calibración	Ajuste de presión inicial	Verificación de alineación	Prueba de temperatura	Ajuste de velocidad	Prueba final de funcionamiento

Figura 5
Cumplimiento de Calibración y Pasos de Calibración

Periodo de Tiempo	Fecha de Calibración	Calibración 1 (Pasos cumplidos de 5)	Calibración 2 (Pasos cumplidos de 5)	Calibración 3 (Pasos cumplidos de 5)	Calibración 4 (Pasos cumplidos de 5)	Calibraciones Requeridas	Calibraciones realizadas	Promedio de pasos cumplidos	% de Pasos cumplidos	% de calibraciones realizadas
Enero	2/01	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%
Febrero	3/02	4	-	-	-	4	1	4	80%	25%
Marzo	3/03	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%
Abril	2/04, 22/04	5	3	-	-	4	2	4	80%	50%
Mayo	2/05	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%
Junio	1/06	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%
Julio	2/07, 15/07	4	4	-	-	4	2	4	80%	50%
Agosto	3/08, 14/08	5	4	-	-	4	2	4.5	90%	50%
Setiembre	2/09	4	-	-	-	4	1	4	80%	25%
Octubre	3/10	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%
Noviembre	2/11	5	-	-	-	4	1	5	100%	25%
Diciembre	2/12	3	-	-	-	4	1	3	60%	25%

Los errores de calibración por mantenimiento ineficiente generan 47,488.00 soles en costos por material desechado, mano de obra y energía (ver Anexo 5 y Tabla 5).

Tabla 5
Impacto económico de la causa 2 - Motivo 1

	Cantidad anual (und.)	Costo Unitario (S.)	Impacto económico (S.)
Material desecho	1120	25	28,000.00
Costo Mano de Obra	1120	7.4	8,288.00
Costo Energía	1120	10	11,200.00
Total			47,488.00

2.3.2 Motivo 2: Tiempos Improductivos

2.3.2.1 Causa raíz 1: Averías en la máquina cortadora

Las averías en la cortadora se deben al desgaste de cuchillas, residuos y cambios de afiladores. El MTTR y MTBF anual están en la Tabla 7, y la fórmula en el Anexo 6.

Tabla 6
Frecuencias de Averías

Frecuencia de Averías	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Desgaste de Cuchillas	1	0	1	2	1	1	2	1	1	2	0	1
Acumulación de residuos	2	3	2	3	2	3	4	2	3	3	2	3
Cambio de afiladores	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1
Total	5	4	4	7	5	5	8	5	5	7	4	5

Tabla 7
MTTR y MTBF

Meses	ENE.	FEB.	MAR	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Prom.
Tiempo Total de Operación (h)	186.4	186.5	186.5	183.9	186.4	186.2	184.8	186.4	186.4	184.2	186.5	187	185.92
Número de Fallas	5	4	4	7	5	5	8	5	5	7	4	5	5.33
Tiempo de Reparación (h)	5.65	5.54	5.52	8.1	5.6	5.78	7.2	5.61	5.59	7.82	5.54	5.05	6.08
MTTR							1.14						
MTBF							34.9						

Esta causa representa un impacto económico de 56,428.68 soles, generado por el costo de material desechado, el costo de mano de obra y el costo de energía consumida, como se puede observar en la Tabla 8.

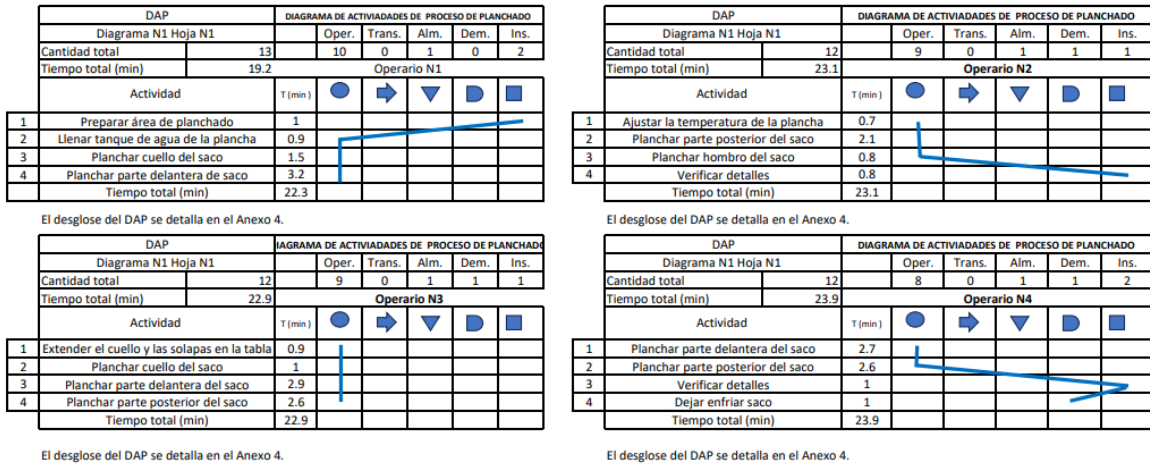
Tabla 8
Impacto económico de la causa 1 - Motivo 2

	Cantidad anual (und.)	Costo Unitario (S.)	Impacto económico (S.)
Material desecho	1379	25	34,475.00
Costo Mano de Obra	1379	7.4	10,204.60
Costo Energía	1379	8.52	11,749.08
Total			56,428.68

2.3.2.2 Causa raíz 2: Alta variabilidad en el procedimiento de planchado

Se realizó un seguimiento a los cuatro operarios asignados a las máquinas de planchado. La Figura 6 presenta un desglose del tiempo promedio empleado por cada operario, comparado con el tiempo estándar establecido. Se detalla el DAP completo en el Anexo 7.

Figura 6
Diagrama de Actividades del Procedimiento



Según el DAP anterior, se compararon los sacos no planchados diarios con las unidades planificadas, obteniendo la pérdida monetaria anual.

Tabla 9
Unidades planchadas

	Unidades Planchadas al día	Unidades perdidas al día	Unidades perdidas al mes	Unidades perdidas al año	Perdidas al año
Actualmente	94	4 sacos	96 sacos	1152 sacos	S/. 115,200.00
Planificadas	98				

Esta causa representa un impacto económico de 92,275 soles, generado por el costo de material desechado, el costo de mano de obra y el costo de energía consumida, como se puede observar en la Tabla 10.

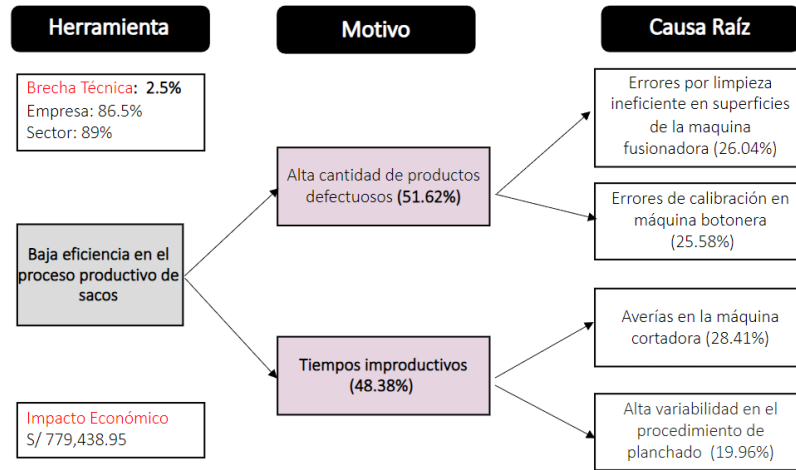
Tabla 10
Impacto económico de la causa 2 - Motivo 2

	Cantidad anual (und.)	Costo Unitario (S.)	Impacto económico (S.)
Material desecho	1152	58.5	67,392.00
Costo Mano de Obra	1152	7.4	8,524.80
Costo Energía	1152	14.2	16,358.40
Total			92,275.20

2.3.3 Árbol de Problemas

Luego de llevar a cabo un análisis exhaustivo de la problemática que aqueja a la empresa, se procedió a confeccionar un árbol de problemas, como se ilustra en la Figura 7.

Figura 7
Árbol de Problemas



2.4 Planteamiento de objetivos

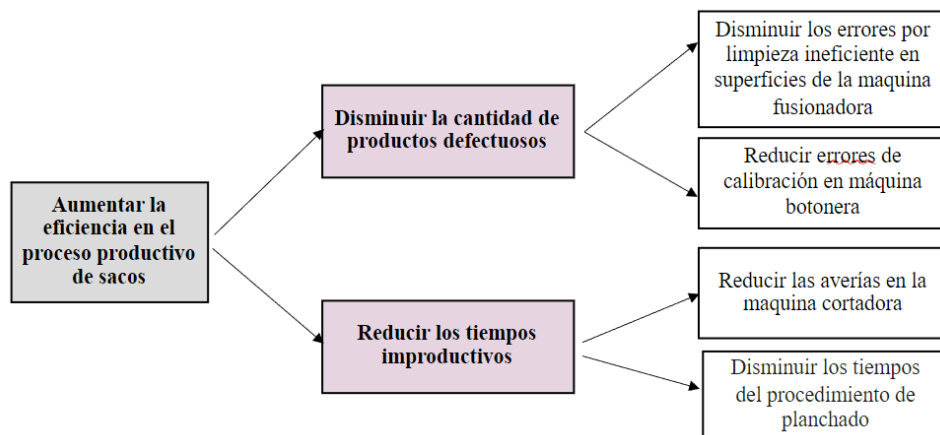
2.4.1 Objetivo general

Aumentar la eficiencia del proceso productivo de sacos en una MYPE de confecciones mediante las herramientas TPM y Trabajo Estandarizado en Lima, Perú.

2.4.2 Objetivos específicos

- Objetivo 1: Disminuir los errores por limpieza ineficiente en superficies de la máquina fusionadora.
- Objetivo 2: Reducir errores de calibración en la máquina botonera.
- Objetivo 3: Reducir las averías en la máquina cortadora.
- Objetivo 4: Disminuir variabilidad en los tiempos del procedimiento de planchado.

Figura 8
Árbol de Objetivos



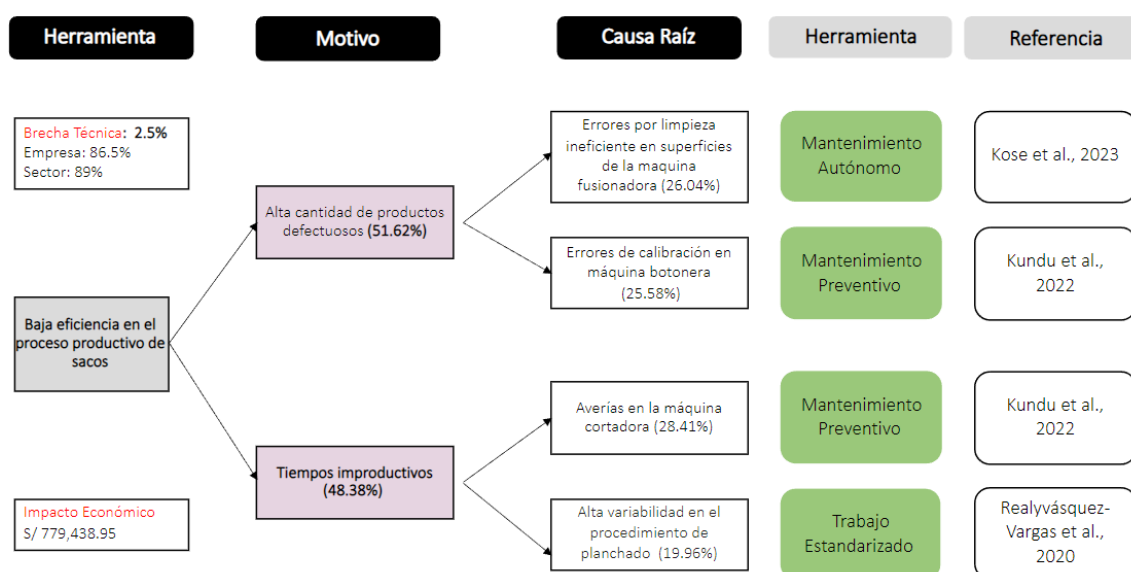
Capítulo 3: Propuesta de Ingeniería

3.1 Vinculación de la causa con la solución

La empresa enfrenta un desafío en la eficiencia de producción debido a cuatro causas principales. Primero, los errores por limpieza ineficiente en la máquina fusionadora; Kose et al. (2023) proponen un plan de Mantenimiento Autónomo para que los operarios controlen mejor los equipos. Segundo, los errores de calibración en la máquina botonera y, tercero, las averías en la cortadora que causan paradas imprevistas; para ambas, Kundu et al. (2022) recomienda el Mantenimiento Preventivo. Finalmente, la alta variabilidad en el planchado afecta el tiempo de ciclo; Realyvásquez-Vargas et al. (2020) propone la estandarización del trabajo para mejorar el flujo y reducir variabilidad. El Trabajo Estandarizado y el Mantenimiento Productivo Total (TPM) abordan estas causas y mejoran el rendimiento en general.

Figura 9

Vinculación de causas con las soluciones

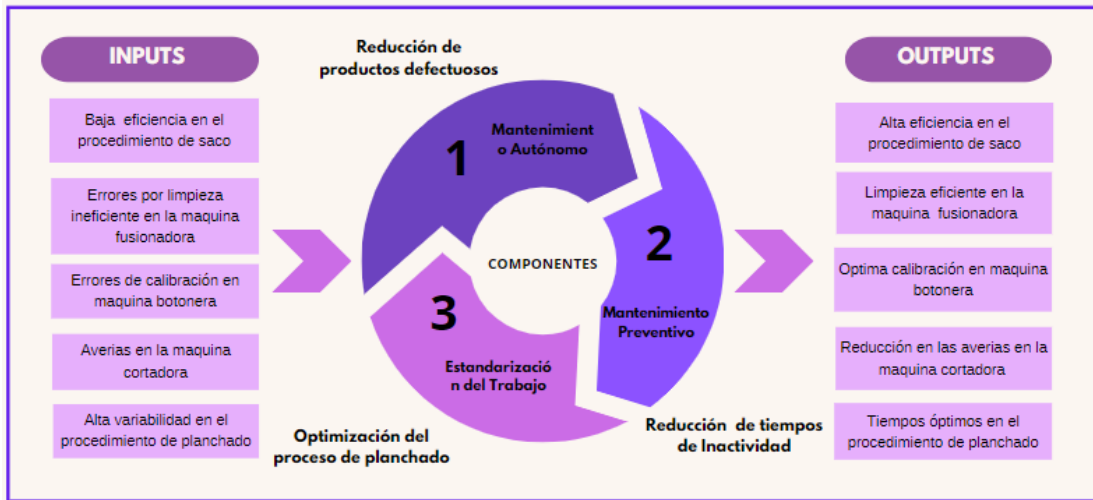


3.2 Diseño detallado de la solución

3.2.1 Modelo

El modelo de solución desarrollado aborda la problemática planteada, basada en la revisión literaria de Carlos (2020). Este autor utilizó los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la estandarización del trabajo como elementos clave, los cuales resultaron fundamentales para mejorar la eficiencia operativa de la empresa, como evidencian los resultados de las estrategias implementadas.

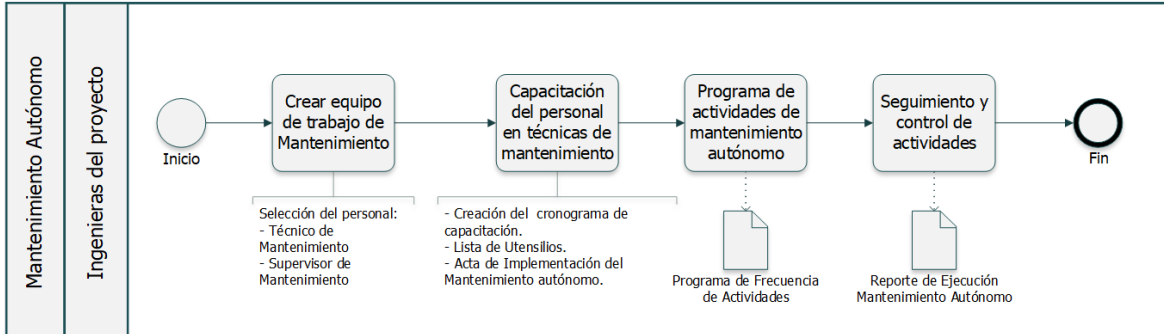
Figura 10
Modelo propuesto de solución



3.2.2 Implementación del Componente 1

A continuación, para la implementación del Mantenimiento Autónomo, se elaboró una planificación estratégica mostrada en el flujo de la Figura 11.

Figura 11
Flujograma de la Implementación 1 - Mantenimiento Autónomo





Nota: Desarrollado con base en Kose, Y., Muftuoglu, S., Cevikcan, E., & Durmusoglu, M. B. (2022)

Creación de equipo de trabajo de Mantenimiento Autónomo:

Para iniciar la implementación del mantenimiento autónomo se realizó una selección de personal calificado en mantenimiento de máquina fusionadora y se creó un equipo de conformado por un técnico de mantenimiento y un supervisor de mantenimiento, previamente contratados quienes fueron los encargados de la formación de los tres operarios de máquinas fusionadoras en su labor de mantenimiento.

Figura 12
Equipo de Mantenimiento Autónomo

Equipo Conformado por:	
Técnico de Mantenimiento	Supervisor de Mantenimiento
	
Funciones del personal	
Desarrollará el contenido de la capacitación de mantenimiento de la máquina de fusionado.	Seguir el cronograma de mantenimiento preventivo para las máquinas de cortado y botonera, en colaboración con el técnico..
Asignar y distribuir las herramientas al personal del área.	Verificar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento preventivo.
Registrar el reporte de ejecución del mantenimiento autónomo	Revisar y aprobar los registros de mantenimiento generados por el Técnico de mantenimiento.
Realizar inspecciones periódicas en las máquinas de cortado y botoner.	
Sustituir o ajustar las piezas que presentan desgaste.	
Documentar las actividades de mantenimiento preventivo en los registros.	

Entrenamiento del personal en técnicas de mantenimiento:

Con el objetivo de asegurar que los operarios ejecuten de manera adecuada y eficiente las tareas relacionadas con el mantenimiento autónomo, se propuso un cronograma detallado de capacitaciones, tal como se detalla en la Figura 13.

Figura 13
Cronograma de Capacitaciones

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN												
Empresa del Sector de Confecciones	CRONOGRAMA									Código: CR-FR-001		
										Versión: 01		
										Fecha: 26/09/2023		
Actividades	Agosto				Setiembre				Estado	Responsable	Dirigido a	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
Limpieza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Completado	Técnico Especialista de Mantenimiento	Operarios
Revisión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Completado	Técnico Especialista de Mantenimiento	Operarios
Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Completado	Técnico Especialista de Mantenimiento	Operarios
Ajustes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Completado	Técnico Especialista de Mantenimiento	Operarios
Lubricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Completado	Técnico Especialista de Mantenimiento	Operarios
Recursos necesarios:	Paño microfibra, Líquido lubricante, Alcohol Isopropílico y Brochas suaves											
Observaciones:												

Se identificaron los utensilios y herramientas necesarias para la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento, detallando tanto los equipos específicos como la cantidad requerida de cada uno en el Anexo 8. Asimismo, se creó un Acta de Implementación, que incluyó los objetivos, el alcance y los temas a tratar en el mantenimiento autónomo. Se detalla en Anexo 9.

Programa de actividades de mantenimiento autónomo:

Se elaboró el formato de registro correspondiente, detallando de manera clara y precisa las actividades del mantenimiento autónomo que deberán ser ejecutadas por los operarios asignados a la máquina fusionadora, tal como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Fusionadora

PROGRAMA DE FRECUENCIA DE ACTIVIDADES				
Empresa del Sector de Confecciones	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			Código: MA-FR-001
				Versión: 01
Máquina	Actividad	Estado de la maquinaria	Tiempo	Frecuencia
Fusionadora	Verificar el estado de la máquina	Prendido	3 min.	Semanal
	Limpiar superficies de la máquina	Apagado	10 min.	
	Revisión de la presión y temperatura	Apagado	5 min.	
	Inspección de los rodillos de transporte	Apagado	10 min.	
	Ajuste y alineación de las correas transportadoras	Apagado	15 min.	
	Lubricación de componentes	Apagado	20 min.	
Elaborado por:	Ingenieras del Proyecto			
Revisado por:	Técnico Especialista de Mantenimiento			

Seguimiento y Control de actividades:

Se elaboró un registro de actividades de mantenimiento en el cual los operarios de cada máquina fusionadora debe registrar su trabajo, así como el tiempo que demoraron y comentarios de la labor. Este registro tiene como objetivo llevar un control para la evaluación

Figura 15

Reporte de Ejecución del Mantenimiento Autónomo

Empresa del Sector de Confecciones		REPORTE DE EJECUCIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				Código: RE-FR-001	
						Versión: 01	
Máquina		Fusionadora					
Fecha:		XX/XX/XXXX					
Realizado por:		Empleado					
Revisado por:		Técnico Especialista de Mantenimiento					
N	Actividad	Estado del dispositivo		Actividad realizada		Tiempo (min.)	Comentario
		Prendido	Apagado	SI	No		
1	Verificar el estado de la máquina						
2	Limpiar superficies de la máquina						
3	Revisión de la presión y temperatura						
4	Inspección de los rodillos de transporte						
5	Ajuste y alineación de las correas transportadoras						
6	Lubricación de componentes						

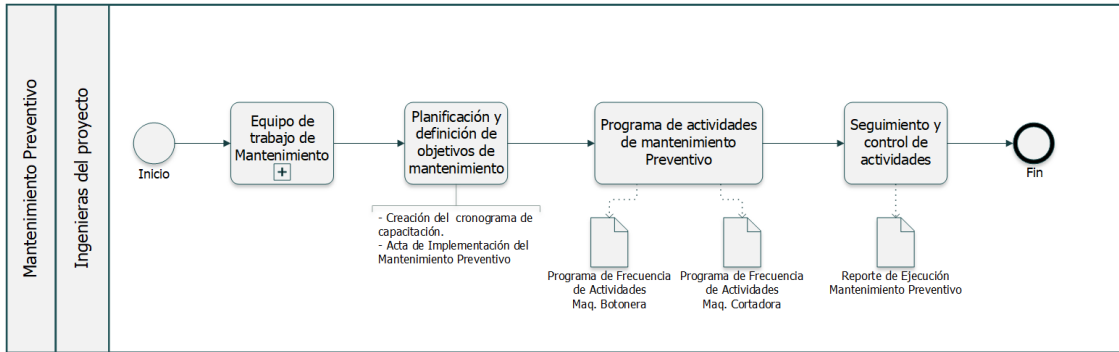
de las competencias aprendidas y la contribución con la mejora del flujo de producción.

3.2.3 Implementación del Componente 2

A continuación, en la Figura 16 se presenta el flujograma que describe la implementación del mantenimiento preventivo en las máquinas cortadora y botonera, detallando la secuencia de las fases ejecutadas.

Figura 16

Flujograma de la Implementación 2 - Mantenimiento Preventivo





Planificación y definición de objetivos de mantenimiento:

En el componente 1, durante la fase inicial, se conformó un equipo especializado para gestionar el mantenimiento. Como parte de este proceso, se elaboró un acta en la que se detalla los objetivos específicos de mantenimiento preventivo, estableciendo las actividades para asegurar el óptimo funcionamiento de ambos equipos.

Figura 17

Acta de Implementación del Mantenimiento Preventivo

FORMATO DE REGISTRO		
Código: GI-FR-002 Versión: 00	ACTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Fecha: 07/08/2023 Páginas: 1 de 1
<p>1. RESPONSABLES DEL PROYECTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Técnico de mantenimiento ✓ Supervisor de mantenimiento 		
<p>2. OBJETIVO</p> <p>Documentar la implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de botonera y cortadora con el propósito de mejorar su operatividad, reducir tiempos de inactividad, y optimizar la eficiencia en la línea de producción.</p>		
<p>3. ALCANCE</p> <p>Aplica al Equipo de Mantenimiento</p>		
<p>4. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Creación del equipo de mantenimiento para las máquinas botonera y cortadora. ✓ Revisión y ajuste de las listas de verificación de mantenimiento específicas para cada máquina. ✓ Asignación de fechas de intervención y revisión del historial de funcionamiento de las máquinas para ajustar el plan de mantenimiento preventivo. ✓ Identificación y verificación de disponibilidad de las herramientas y piezas de repuesto necesarias. 		
<p>5. ACTIVIDADES A REALIZAR</p> <ul style="list-style-type: none"> > Inspección de Correas y Pernos Suelos > Limpieza de cabezal y motor > Inspección de Ajustes Eléctricos > Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos > Cambiar el aceite de la bomba > Limpieza de afilador de cuchillas > Cambiar las cuchillas > Reengrase de alojamiento de motor > Controlar la precisión de los instrumentos > Verificar la varilla de conexión no este suelto > Verificar la placa de levantador de rodilla no este dañado > Inspeccionar estado de polea > Graduar y alinear barra de presión > Verificar estado de los discos teñores > Revisar estado de los dientes de arrastre > Verificar estado del capacitor del motor 		
 <hr style="width: 100%;"/> <p style="font-size: small; text-align: center;">Técnico de Mantenimiento</p>	 <hr style="width: 100%;"/> <p style="font-size: small; text-align: center;">Supervisor de Mantenimiento</p>	

Además, se creó un cronograma específico de actividades para cada máquina, facilitando el seguimiento y asegurando la consistencia en la aplicación de los procedimientos de mantenimiento preventivo.

Figura 18
Cronograma de mantenimiento preventivo

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																		
Gestión de Mantenimiento			Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
Máquina	Actividad	Frecuencia	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Máquina Cortadora	Inspección de Correas y Pernos Suelos	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X			
	Limpieza de cabezal y motor	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Inspección de Ajustes Eléctricos	Semestral	X																																															
	Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Cambiar el aceite de la bomba	Semestral	X																																															
	Limpieza de afilador de cuchillas	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Cambiar las cuchillas	Quincenal		X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Reengrase de alojamiento de motor	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
Controlar la precisión de los instrumentos	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X								
Máquina Botonera	Verificar la varilla de conexión no este suelto	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Verificar la placa de levantador de rodilla no este dañado	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Inspeccionar estado de polea	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Graduar y alinear barra de presión	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Verificar estado de los discos tensores	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
	Revisar estado de los dientes de arrastre	Mensual	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X							
Verificar estado del capacitor del motor	Trimestral	X												X												X								X								X								

Programa de actividades de mantenimiento preventivo

En esta fase se presentó el programa de mantenimiento diseñado para que el equipo asignado llevara un registro detallado de las actividades de mantenimiento de cada máquina, junto con los intervalos de tiempo establecidos para su ejecución.

Figura 19

Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Botonera

PROGRAMA DE FRECUENCIA DE ACTIVIDADES				
Empresa del Sector de Confecciones	MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Código: MP-FR-001
				Versión: 01
				Fecha: 26/09/2023
Máquina	Actividad	Estado de la maquinaria	Tiempo	Frecuencia
Botonera	Verificar la varilla de conexión no este suelto	Apagado	5 min.	Mensual
	Verificar la placa de levantador de rodilla no este dañado	Apagado	8 min.	Mensual
	Inspeccionar estado de polea	Apagado	5 min.	Mensual
	Graduar y alinear barra de presión	Apagado	9 min.	Semanal
	Verificar estado de los discos tensores	Apagado	6 min.	Mensual
	Revisar estado de los dientes de arrastre	Apagado	7 min.	Mensual
	Verificar estado del capacitor del motor	Apagado	15 min.	Trimestral
Elaborado por:	Ingenieras del Proyecto			
Revisado por:	Técnico Especialista de Mantenimiento			

Figura 20

Programa de Frecuencia de Actividades de la máquina Cortadora

PROGRAMA DE FRECUENCIA DE ACTIVIDADES				
Empresa del Sector de Confecciones	MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Código: MP-FR-002
				Versión: 01
				Fecha: 26/09/2023
Máquina	Actividad	Estado de la maquinaria	Tiempo	Frecuencia
Cortadora	Inspección de Correas y Pernos Suelos	Apagado	5 min.	Mensual
	Limpieza de cabezal y motor	Apagado	10 min.	Semanal
	Inspección de Ajustes Eléctricos	Apagado	3 min.	Semestral
	Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos	Apagado	7 min.	Mensual
	Cambiar el aceite de la bomba	Apagado	3 min.	Semestral
	Limpieza de afilador de cuchillas	Apagado	5 min.	Semanal
	Cambiar las cuchillas	Apagado	6 min.	Quincenal
	Reengrase de alojamiento de motor	Apagado	2 min.	Mensual
	Controlar la precisión de los instrumentos	Apagado	3 min.	Mensual
Elaborado por:	Ingenieras del Proyecto			
Revisado por:	Técnico Especialista de Mantenimiento			

Seguimiento y Control de actividades:

Se elaboró un registro de actividades de mantenimiento en el cual los especialistas de mantenimiento deben registrar su trabajo y comentarios de la labor. Este registro tiene como objetivo llevar un control para la evaluación de las competencias aprendidas y la contribución con la mejora del flujo de producción.

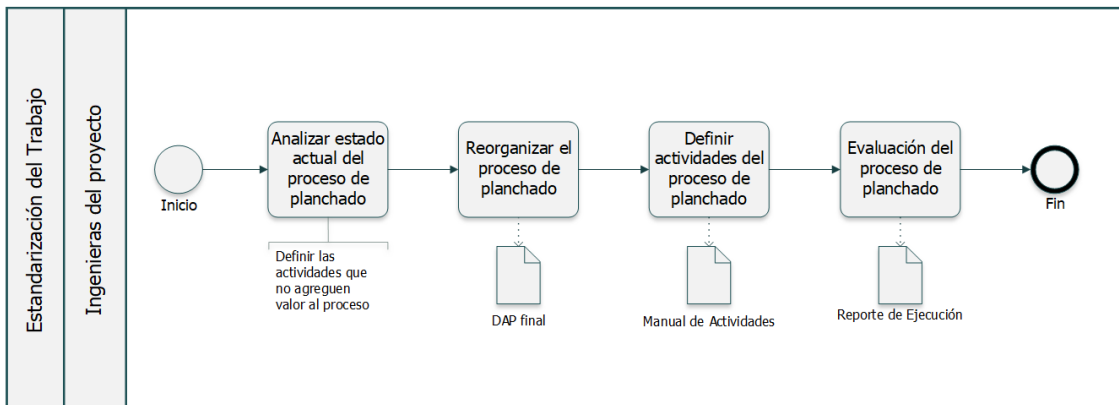
Figura 21
Check List

Hoja de trabajo		Codigo:	
		Revision:	
		Fecha:	
Mantenimiento preventivo		N:	
Numero de maquina equipo:			
Nombre del equipo:			
Nombre del tecnico a cargo:			
Fecha de inicio:		Fecha de termino:	
Hora de inicio:		Hora de termino:	
Número	Actividad	Realizado	Observaciones
1	Inspección de Correas y Pernos Suelos		
2	Limpieza de cabezal y motor		
3	Inspección de Ajustes Eléctricos		
4	Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos		
5	Cambiar el aceite de la bomba		
6	Limpieza de afilador de cuchillas		
7	Cambiar las cuchillas		
8	Reengrase de alojamiento de motor		
9	Controlar la precisión de los instrumentos		
10	Verificar la varilla de conexión no este suelto		
11	Verificar la placa de levantador de rodilla no este		
12	Inspeccionar estado de polea		
13	Graduar y alinear barra de presión		
14	Verificar estado de los discos tensores		
15	Revisar estado de los dientes de arrastre		
16	Verificar estado del capacitor del motor		
Materiales/herramientas utilizadas			Cantidad
1			
2			
3			
4			
Componente a cambiar:			
Nombre del Supervisor:			
Firma del tecnico encargado		Firma del supervisor	

3.2.4 Implementación del componente 3

Para esta implementación, se elaboró un Plan de Trabajo que definió las actividades y metas para dirigir eficazmente la implementación del trabajo normalizado. Además, se confeccionó un manual detallado con los procedimientos a seguir, incluyendo la disposición adecuada de la ropa en la tabla de planchar y la configuración de la máquina de planchado, con parámetros específicos de temperatura y tiempo, tal como se detalla en la Figura 22.

Figura 22
Flujograma de la Estandarización del Trabajo



Valorización de Tiempos en el Área de planchado

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo 2, se detalla las actividades del operario encargado de ejecutar el 90% del total de las actividades en el procedimiento de planchado. Se paso a determinar el N observaciones, para medir los tiempos observados de cada actividad, con un nivel de confianza del 95% y un n del 20 de muestra. Para determinar el tamaño de la muestra N, se utilizó la tabla T-student, la cual se encuentra detallada en el Anexo 10. Asimismo, se detallan las fórmulas del tiempo normal en el Anexo 11 y tiempo estándar en el Anexo 12. Se calculo el tiempo estándar tal como se muestra en la Figura 23.

$$N = \frac{t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)}^2 \times S^2}{E_r^2 \times X^2} = 7$$

Figura 23
Tiempo Estándar por Actividad

N	Actividad	To	Habilidad	Esfuerzo	Condición	Consistencia	V	Tn	Monoto	Esfuerzo	Ruido	Parado	Constan	Sp	Ts
1	Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	0.17	0	0.04	-0.04	0.01	0.01	0.1717	3%	2%	1%	2%	9%	17%	0.20
2	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	0.10	0.11	0.1	0.02	0.03	0.26	0.1296	2%	1%	1%	2%	9%	15%	0.15
3	Llenar tanque de agua de la plancha	1.21	0.03	-0.04	0.04	0.01	0.04	1.2554	2%	3%	1%	2%	9%	17%	1.47
4	Ajustar la temperatura de la plancha	0.14	0.13	0.12	0	0	0.25	0.1768	2%	2%	1%	2%	9%	16%	0.21
5	Extender el cuello y las solapas en la tabla	0.80	0	-0.04	0.02	0.01	-0.01	0.792	3%	2%	1%	3%	9%	18%	0.93
6	Planchar cuello del saco	1.49	0	0.02	0.02	0.01	0.05	1.563	4%	4%	1%	3%	9%	21%	1.89
7	Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.20	0.11	0.1	0	0	0.21	0.2455	3%	2%	1%	2%	9%	17%	0.29
8	Planchar hombro del saco	1.89	0.05	-0.04	0.04	0.03	0.08	2.0397	4%	5%	2%	3%	9%	23%	2.51
9	Planchar las mangas del saco	2.09	0.03	0.02	0.02	0.01	0.08	2.2572	4%	5%	2%	3%	9%	23%	2.78
10	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.39	0.15	0.13	0	0	0.28	0.4992	2%	2%	1%	2%	9%	16%	0.58
11	Planchar parte delantera del saco	2.88	0.03	-0.04	0.02	0.01	0.02	2.942	4%	5%	1%	3%	9%	22%	3.59
12	Planchar parte posterior del saco	2.81	-0.06	-0.05	0.02	0.01	-0.08	2.5839	4%	5%	2%	3%	9%	23%	3.18
13	Verificar detalles	0.60	0.08	0.08	0.04	0.03	0.23	0.7415	3%	2%	2%	2%	9%	18%	0.87
14	Planchar imperfecciones	1.99	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	2.2735	4%	5%	1%	3%	9%	22%	2.77
15	Dejar enfriar saco	1.99	0.05	0.12	0	0	0.17	2.3316	2%	1%	2%	2%	9%	16%	2.70
16	Colocar saco en la percha	0.29	0.13	0.12	0.04	0.03	0.32	0.3809	2%	2%	1%	2%	9%	16%	0.44
Tiempo Total Observado (min)															24.56

Para el cálculo final del tiempo estándar de cada actividad se observa en el Anexo 13 el desglose de las tablas.

Reorganización del proceso de planchado

Luego del análisis de las actividades de cada operario, se empleó como criterio el nivel de criticidad asignado a cada actividad. Se evaluó el factor de riesgo y probabilidad de error para cada tarea. Con esta información, se asignó puntajes de criticidad (detallado en Anexo 14), priorizando aquellas actividades con mayor riesgo de afectar la producción (Meyers & Stewart, 2001).

Luego de eliminar las actividades que no agregaban valor, se optimizó el proceso mediante la creación de un nuevo procedimiento operativo para el área de planchado. Con esta información se procedió a la creación del manual de actividades del proceso de planchado que se detalla en el Anexo 15. La Figura 24 muestra el DAP final con los tiempos calculados y eliminando las actividades que no agregaban valor definidas del paso anterior.

Figura 24

DAP final del proceso de planchado

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO						
	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección		
Diagrama N1 Hoja N1							
Cantidad total: 13	10	0	1	0	2		
Tiempo Total: 20.73 min	Operario N1						
DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO					Observaciones
		●	➔	▼	▶	■	
Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente	0.15						
Llenar tanque de agua de la plancha	1.47	●					
Ajustar la temperatura de la plancha	0.21						
Planchar cuello del saco	1.89						
Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.29						
Planchar hombro del saco	2.51						
Planchar las mangas del saco	2.78						
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.58						
Planchar parte delantera del saco	3.59						
Planchar parte posterior del saco	3.18	●					
Verificar detalles	0.87						
Planchar imperfecciones	2.77	●					
Colocar saco en la percha	0.44						
TOTAL	20.73						

Implementación y Seguimiento de Capacitación Operativa

Se estableció un cronograma de capacitación con la finalidad de supervisar y asegurar que los empleados se familiaricen y adapten adecuadamente a todas las actividades del proceso.

Figura 25

Cronograma de capacitación de la Estandarización del Trabajo

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN							
Empresa del Sector de Confecciones	CRONOGRAMA				Código: ET-FR-001		
					Versión: 01		
					Fecha: 02/11/2023		
Actividades	Octubre				Estado	Responsable	Dirigido a:
	S1	S2	S3	S4			
Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Llenar tanque de agua de la plancha	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Ajustar la temperatura de la plancha	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar cuello del saco	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Alinear las mangas en la tabla de planchar	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar hombro del saco	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar las mangas del saco	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar parte delantera del saco	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar parte posterior del saco	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Verificar detalles	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Planchar imperfecciones	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Colocar saco en la percha	X	X	X	X	Completado	Jefe de Producción	Operario
Recursos necesarios:	Manual de actividades						

Evaluación de proceso estandarizado

Se estableció un Registro de Actividades de Proceso de Planchado, que permitió monitorear de manera precisa su efectividad. Este registro facilitó la medición de tiempos de producción y ayudó a identificar la reducción de movimientos ineficientes.

Figura 26
Registro de Actividades de Proceso de Planchado

Hoja de trabajo		Código:	Código: ET-FR-002		
		Revisión:			
		Fecha:			
Estandarización de Trabajo		N:			
Número de maquina/equipo: Plancha					
Nombre del operario a cargo:					
Fecha de inicio:			Fecha de termino:		
Hora de inicio:			Hora de termino:		
Número	Actividad	Cumple	Tiempo (min)	Observaciones	
1	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.				
2	Llenar tanque de agua de la plancha				
3	Ajustar la temperatura de la plancha				
4	Planchar cuello del saco				
5	Alinear las mangas en la tabla de planchar				
6	Planchar hombro del saco				
7	Planchar las mangas del saco				
8	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar				
9	Planchar parte delantera del saco				
10	Planchar parte posterior del saco				
11	Verificar detalles				
12	Planchar imperfecciones				
13	Colocar saco en la percha				
Materiales/herramientas utilizadas			Cantidad		
1					
2					
Nombre del Jefe de Producción:					
Firma del operario encargado			Firma del Jefe de Producción		

3.3 Diseño de indicadores

En la siguiente Tabla 11, se presentan los indicadores que se emplearan para analizar de manera efectiva la ejecución eficiente del proyecto.

Tabla 11
Resumen de Indicadores

Indicador	Fórmula	AS IS	TO BE	Técnica	Autor
Índice De Eficiencia	$\frac{\text{Producción Real (und)}}{\text{Producción Estándar (und)}} \times 100$	86.45%	96%	Eficiencia	Abdulla & Kumar
Cumplimiento De Limpieza	$\frac{\text{Número total Limpieza realizada}}{\text{Número total Limpieza requerida}}$	31%	92%	Mantenimiento Autónomo	Abu, F., Gholami, H., Mat Saman, M. Z., Zakuan, N., & Streimikiene, D.
Cumplimiento De Calibración	$\frac{\text{Calibraciones Realizadas}}{\text{Calibraciones Requeridas}}$	31%	95%	Mantenimiento Preventivo	Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., &
MTBF Y MTTR	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$ $MTB = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$	1.14 y 34.86	0.8 y 168	Mantenimiento Preventivo	Sari, R. M., Syahputri, K., Rizkya, I., & Nadhirah, N.
Tiempo De Ciclo	$\frac{\sum \text{Tiempo de cada ciclo de planchado}}{\text{Número de ciclos realizados}}$	23 .05min	20.73 min	Estandarización de Trabajo	Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A.

3.4 Consideraciones para la implementación

Para asegurar la factibilidad del proyecto y alcanzar los objetivos, es esencial contar con el compromiso de la organización, con líderes que apoyen activamente el proyecto y faciliten el acceso al taller y la participación del personal en las capacitaciones y evaluaciones. Se debe mantener la infraestructura de trabajo actual, ya que las mediciones y cálculos se basan en ella y se debe contar con el respaldo financiero del administrador ante posibles aumentos de costos.

3.4.1 Presupuesto de la solución

Para determinar el presupuesto del componente 1, se considerarán los elementos anteriores a la validación. Cabe resaltar que en el proyecto futuro no se contempla la adquisición de maquinaria nueva, por lo que no se encuentra contemplada en este

presupuesto. En síntesis, el presupuesto total para la propuesta asciende a S/ 78,133.50 y los pormenores de esta estimación están detallados posteriormente en la Figura 27.

Figura 27
Presupuesto de la propuesta del componente 1

Componente 1	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Selección de Personal				
Contratación de especialista técnico	horas	16	S/ 1,500.00	S/ 24,000.00
Contratación de Supervisor	horas	16	S/ 2,000.00	S/ 32,000.00
Ingenieras del Proyecto	horas	120	S/ 50.00	S/ 6,000.00
Capacitación de Personal				
Capacitación en mantenimiento de máquina fusionadora	horas	16	S/ 500.00	S/ 8,000.00
Intervención de operarios	horas	16	S/ 65.00	S/ 1,040.00
Compra de utensilios de mantenimiento				
Paño microfibra	unidad	72	S/ 1.60	S/ 115.20
Líquido lubricante	unidad	5	S/ 79.00	S/ 395.00
Alcohol Isopropílico	unidad	3	S/ 18.00	S/ 54.00
Brochas suaves	unidad	5	S/ 9.60	S/ 48.00
Herramientas de mantenimiento				
Destornilladores	unidad	3	S/ 52.70	S/ 158.10
Tornillos y pernos de repuesto	unidad	3	S/ 22.90	S/ 68.70
Llave de torque	unidad	3	S/ 170.00	S/ 510.00
Termómetro digital	unidad	3	S/ 122.50	S/ 367.50
Guantes resistentes al calor	unidad	6	S/ 81.00	S/ 486.00
Gafas de Seguridad	unidad	12	S/ 17.90	S/ 214.80
Mascarillas antipolvo	unidad	50	S/ 3.94	S/ 197.00
Materiales de implementación				
Impresora	unidad	1	S/ 563.00	S/ 563.00
Papelería	unidad	2	S/ 13.40	S/ 26.80
Laptop	unidad	1	S/ 765.00	S/ 765.00
Licencia de Microsoft Office 2021	unidad	2	S/ 102.20	S/ 204.40
Planificación y creación de formatos	unidad	4	S/ 30.00	S/ 120.00
Evaluación y medición de indicadores	horas	56	S/ 50.00	S/ 2,800.00
TOTAL				S/ 78,133.50

Los costos correspondientes al componente 2 fueron considerados de acuerdo con las acciones definidas en su implementación. Esto puede apreciarse en la Figura 28 que sigue a continuación.

Figura 28
Presupuesto de la propuesta del componente 2

Componente 2	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Selección de Personal				
Contratación de especialista técnico	horas	16	S/ 1,500.00	S/ 24,000.00
Contratación de Supervisor	horas	16	S/ 2,000.00	S/ 32,000.00
Ingenieras del Proyecto	horas	120	S/ 50.00	S/ 6,000.00
Compra de utensilios de mantenimiento				
Paño microfibra	unidad	72	S/ 1.60	S/ 115.20
Líquido lubricante	unidad	5	S/ 79.00	S/ 395.00
Alcohol Isopropílico	unidad	3	S/ 18.00	S/ 54.00
Desengrasante en aerosol	unidad	3	S/ 75.30	S/ 225.90
Brochas suaves	unidad	5	S/ 9.60	S/ 48.00
Aspiradora portátil	unidad	2	S/ 90.00	S/ 180.00
Herramientas de mantenimiento				
Destornilladores	unidad	3	S/ 52.70	S/ 158.10
Tornillos y pernos de repuesto	unidad	3	S/ 22.90	S/ 68.70
Llave de torque	unidad	3	S/ 170.00	S/ 510.00
Cuchillas	unidad	12	S/ 38.00	S/ 456.00
Afiladores	unidad	24	S/ 12.00	S/ 288.00
Gafas de Seguridad	unidad	12	S/ 17.90	S/ 214.80
Mascarillas antipolvo	unidad	50	S/ 3.94	S/ 197.00
Materiales de implementación				
Papelería	unidad	6	S/ 13.40	S/ 80.40
Planificación y creación de formatos	unidad	4	S/ 30.00	S/ 120.00
TOTAL				S/ 65,111.10

Los costos correspondientes al componente 3 se pueden apreciar en la Figura 29 que sigue a continuación.

Figura 29
Presupuesto de la propuesta del componente 3

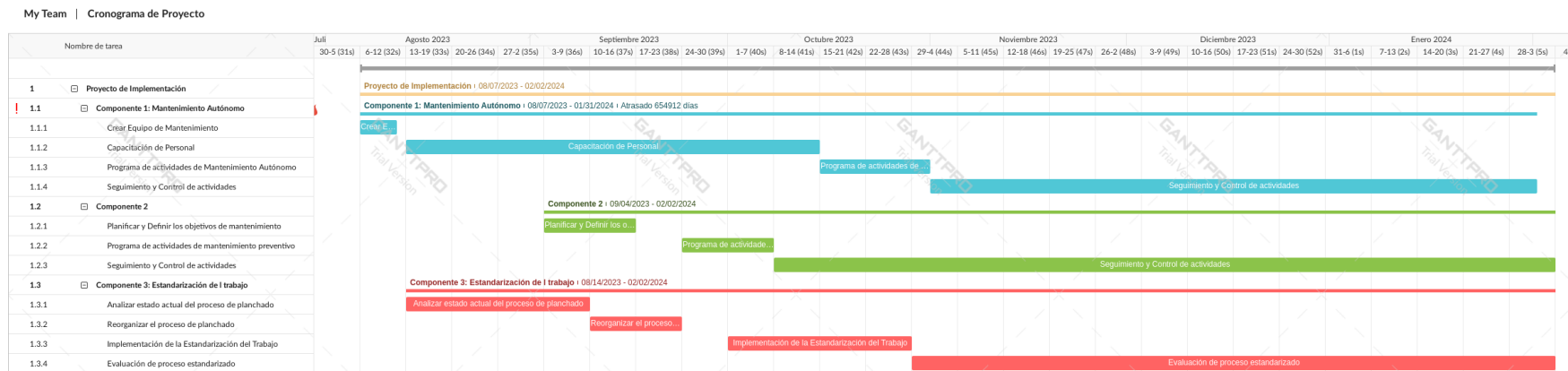
Componente 3	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Ingenieras del Proyecto	horas	120	S/ 50.00	S/ 6,000.00
Papelería	unidad	6	S/ 13.40	S/ 80.40
Creación de Manual de uso	unidad	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Planificación y creación de formatos	unidad	2	S/ 30.00	S/ 60.00
Evaluación y Medición de los indicadores	horas	56	S/ 50.00	S/ 2,800.00
TOTAL				S/ 9,140.40

El presupuesto total del proyecto resultó en el monto de S/. 152,385.00, lo que equivale al 19.55% del impacto del problema.

3.4.2 Cronograma de desarrollo

En la siguiente Figura 30 se presenta el cronograma de actividades de la ejecución de los 3 componentes

Figura 30
Cronograma de Actividades



Capítulo 4

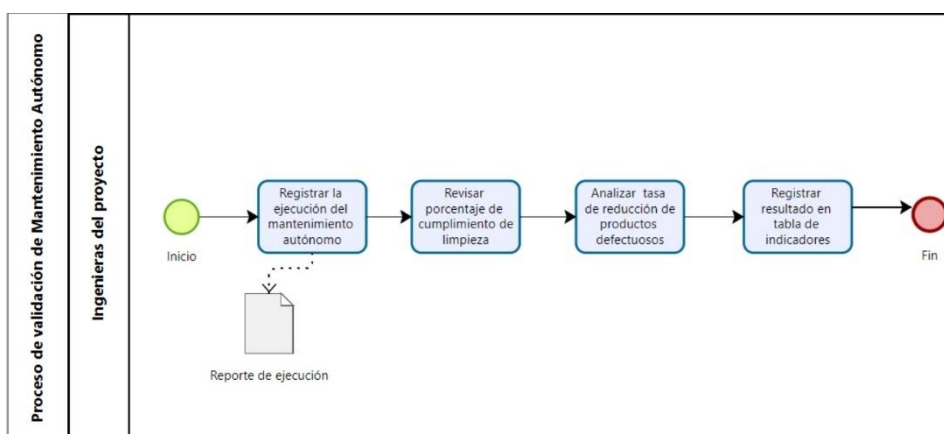
4.1 Validación Funcional

En este capítulo, se presenta la validación obtenida luego de la evaluación de las herramientas implementadas para determinar su efectividad para reducir la ineficiencia en el proceso productivo de sacos mediante una prueba piloto, ya que esta prueba permitió verificar los cambios en un entorno controlado y realizar los ajustes necesarios antes de una implementación total. A continuación, se muestran los resultados obtenidos y su impacto en la eficiencia.

Componente 1: Mantenimiento Autónomo

A continuación, se presenta el flujograma de las actividades realizadas para la validación del componente 1, el cual se observa en la Figura 31.

Figura 31
Proceso de validación del Mantenimiento Autónomo



Se registró la ejecución del mantenimiento Autónomo en el Reporte de ejecución creado para la máquina fusionadora, utilizando la validación funcional, tal como se observa en las Figura 32.

Figura 32
Reporte de Ejecución del Mantenimiento Autónomo Validado

Empresa del Sector de Confecciones		REPORTE DE EJECUCIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				Código: RE-FR-001	
						Versión: 01	
						Año: 2024	
Máquina						Fusionadora	
Fecha:						12/2/2024	
Realizado por:						Empleado	
Revisado por:						Técnico Especialista de Mantenimiento	
N	Actividad	Estado del dispositivo		Actividad realizada		Tiempo (min.)	Comentario
		Prendido	Apagado	SI	No		
1	Verificar el estado de la máquina	Prendido		X		3	
2	Limpiar superficies de la máquina		Apagado	X		8	
3	Revisión de la presión y temperatura		Apagado	X		10	
4	Inspección de los rodillos de transporte		Apagado	X		5	
5	Ajuste y alineación de las correas transportadoras		Apagado	X		5	
6	Lubricación de componentes		Apagado	X		3	

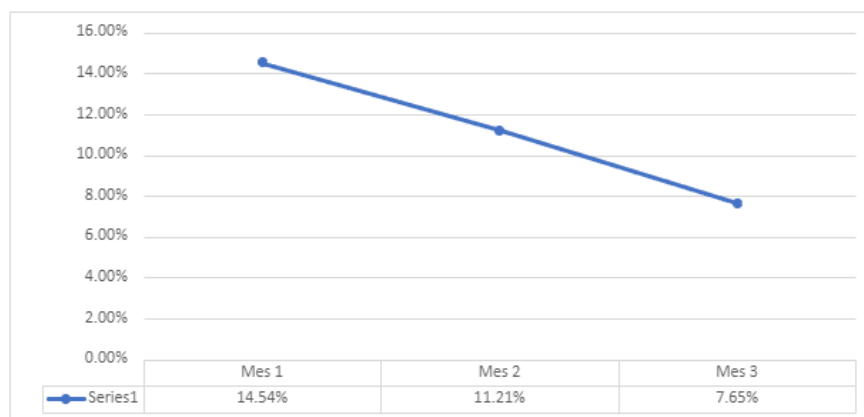
Luego de implementar el mantenimiento autónomo, se procedió a revisar el incremento del cumplimiento de las limpiezas y la disminución de productos defectuosos (Se detalla en Anexo 16), generados por errores de limpieza ineficiente en la máquina fusionadora durante los últimos tres meses, tal como se detalla en la Tabla 12

Tabla 12
Cumplimiento de Limpieza

Periodo de Tiempo	Fecha de Limpieza realizada	Limpieza Requerida	N limpiezas realizadas	N limpiezas requeridas	Cumple / No cumple	% de cumplimiento
Noviembre	02/11, 09/11, 16/11, 23/11	Semanal	4	4	Sí cumple	100%
Diciembre	1/12, 8/12, 15/12, 22/12	Semanal	4	4	Sí cumple	100%
Enero	5/01, 12/01, 19/01	Semanal	3	4	No cumple	75%
PROM						92%

Se procedió a identificar la reducción de la tasa de productos defectuosos como resultado de la ejecución del mantenimiento autónomo.

Figura 33
Reducción de la Tasa de Productos Defectuosos con la Implementación del Mantenimiento Autónomo

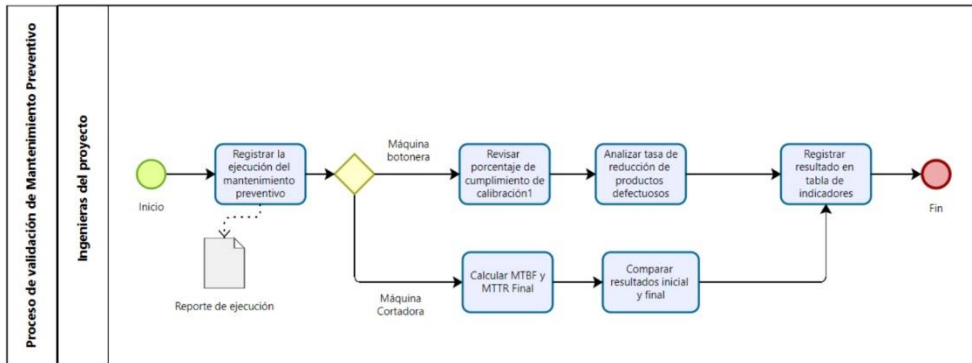


La tasa de reducción acumulada en la tasa de defectos en la máquina Fusionadora, calculada a partir de la mejora en la eficiencia, es aproximadamente del 8.06%. Esto indica que la eficiencia del proceso ha mejorado en ese porcentaje desde el Mes 1 hasta el Mes 3.

Componente 2: Mantenimiento Preventivo

A continuación, se presenta el flujograma de las actividades realizadas para la validación del componente 2, el cual se observa en la Figura 34.

Figura 34
Proceso de validación del Mantenimiento Preventivo



Se registró la ejecución del mantenimiento preventivo en el Check List creado para las máquinas de botonera y cortadora, utilizando la validación funcional obtenida a partir de la prueba piloto, tal como se detalla en las Figuras 35 y 36.

Figura 35
Reporte de Ejecución del Mantenimiento Preventivo de la máquina Cortadora

Hoja de trabajo		Código:	MP - FA - 003
Mantenimiento preventivo		Revisión:	05
Número de máquina/equipo:		Fecha:	03 - 01 - 2024
Nombre del equipo:		N:	
Nombre del técnico a cargo:			
Fecha de inicio:	03 - 10 - 2024	Fecha de término:	03 - 01 - 2024
Hora de inicio:	10 - 50 am	Hora de término:	12 - 35
Número	Actividad	Realizado	Observaciones
1	Inspección de Correas y Pernos Sueltos	✓	
2	Limpieza de cabezal y motor	✓	
3	Inspección de Ajustes Eléctricos	✓	
4	Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos	✓	
5	Cambiar el aceite de la bomba	✓	
6	Limpieza de afilador de cuchillas	✓	
7	Cambiar las cuchillas	✓	
8	Reengrase de alojamiento de motor	✓	
9	Controlar la precisión de los instrumentos	✓	
10	Verificar la varilla de conexión no este suelto		
11	Verificar la placa de levantador de rodilla no este dañado		
12	Inspeccionar estado de polea	✓	
13	Graduar y alinear barra de presión	✓	
14	Verificar estado de los discos tensores	✓	
15	Revisar estado de los dientes de arrastre	✓	
16	Verificar estado del capacitor del motor	✓	
Materiales/herramientas utilizadas		Cantidad	
1	Limpieza		1
2	disco de pulido		1
3	despues de cuchillas		
4			
Componente a cambiar:		Cuchilla	
Nombre del Supervisor:			
Firma del tecnico encargado		Firma del supervisor	

Figura 36
Reporte de Ejecución del Mantenimiento Preventivo de la máquina Botonera

Hoja de trabajo		Código:	MP - FA - 003
Mantenimiento preventivo		Revisión:	06
Número de máquina/equipo:		Fecha:	03 - 01 - 2024
Nombre del equipo:		N:	
Nombre del técnico a cargo:			
Fecha de inicio:	03 - 01 - 2024	Fecha de término:	03 - 01 - 2024
Hora de inicio:		Hora de término:	
Número	Actividad	Realizado	Observaciones
1	Inspección de Correas y Pernos Sueltos		
2	Limpieza de cabezal y motor		
3	Inspección de Ajustes Eléctricos		
4	Ajuste y Calibración de Embragues y Frenos		
5	Cambiar el aceite de la bomba		
6	Limpieza de afilador de cuchillas		
7	Cambiar las cuchillas		
8	Reengrase de alojamiento de motor		
9	Controlar la precisión de los instrumentos		
10	Verificar la varilla de conexión no este suelto		
11	Verificar la placa de levantador de rodilla no este dañado		
12	Inspeccionar estado de polea	✓	
13	Graduar y alinear barra de presión	✓	
14	Verificar estado de los discos tensores	✓	
15	Revisar estado de los dientes de arrastre	✓	
16	Verificar estado del capacitor del motor	✓	
Materiales/herramientas utilizadas		Cantidad	
1	despues de		1
2			
3			
4			
Componente a cambiar:			
Nombre del Supervisor:			
Firma del tecnico encargado		Firma del supervisor	

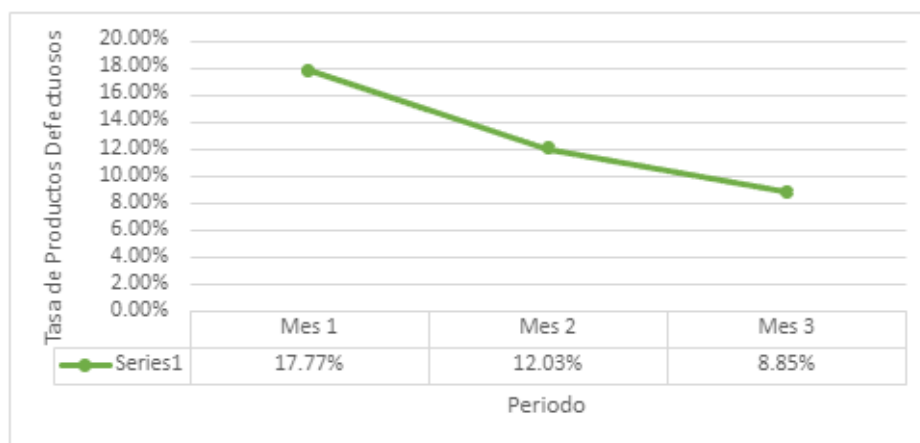
Luego de implementar el mantenimiento preventivo, se procedió a revisar los productos defectuosos generados (Se detalla en Anexo 18) y el cumplimiento de las calibraciones requeridas y la disminución de errores de calibración en la máquina botonera durante los últimos tres meses, tal como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13
Cumplimiento de Calibraciones

Periodo de Tiempo	Fecha de Calibración	Calibraciones Requeridos	Calibraciones realizadas	% de cumplimiento
Octubre	06/10, 13/10, 20/10, 27/11	4	4	100%
Noviembre	02/11, 09/11, 16/11, 23/11	4	4	100%
Diciembre	1/12, 8/12, 15/12, 22/12	4	4	100%
Enero	5/01, 12/01, 19/01	4	3	75%
			PROM	94%

La tasa de reducción acumulada en la tasa de defectos de la máquina Botonera, calculada a partir de la mejora en la eficiencia, es aproximadamente del 18.67%. Esto indica que la eficiencia del proceso ha mejorado en ese porcentaje desde el Mes 1 hasta el Mes 6.

Figura 37
Reducción de la Tasa de Productos Defectuosos con la Implementación del Mantenimiento Preventivo



Luego de implementar la mejora en la máquina cortadora se realizó a medir los tiempos entre fallos y el tiempo de reparación promedio anual se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14
MTTR y MTBF final

Meses	Tiempo Total de Operación (horas)	Número de Fallas	Tiempo de Reparación (horas)
Agosto	189.8	2	2.2
Setiembre	190.7	1	1.3
Octubre	190.97	1	1.03
Noviembre	188.5	3	3.50
Diciembre	189.99	2	2.01
Enero	190.6	2	1.4
Febrero	186.94	4	5.06
Marzo	190.97	2	1.03
Abril	190.98	2	1.02
Mayo	188.3	3	3.7
Junio	190.71	1	1.29
Julio	190.97	1	1.03
Promedio	189.64	2.14	2.36
MTTR		1.10	
MTBF		88.5	

En la siguiente Tabla 15 se presenta la diferencia de tiempos en el MTTR y MTBF. El MTTR redujo el tiempo promedio de reparación en 0.1 horas, lo que refleja una mayor agilidad en las intervenciones de mantenimiento. Por otro lado, el MTBF aumentó el tiempo medio entre fallos a 110 horas, lo cual equivale a 4 días entre una falla y la siguiente, incrementando así la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en el proceso productivo.

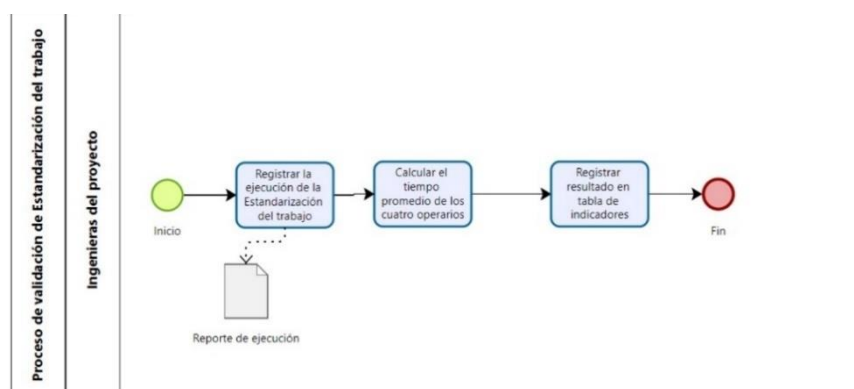
Tabla 15
Comparativa del MTBF inicial y final

MTTR		MTBF	
MTTR Inicial	1.14	MTBF Inicial	34.86
MTTR Final	1.10	MTBF Final	88.50
Diferencia	0.04	Diferencia	53.64

Componente 3: Estandarización del Trabajo


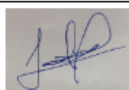
A continuación, se presenta el flujograma de las actividades realizadas para la validación del componente 3, el cual se observa en la Figura 38.

Figura 38
Proceso de validación de Estandarización del Trabajo



Luego de la reorganización del proceso de planchado, para asegurar que todos los operarios cumplan con las directrices establecidas en el manual, se llevó a cabo un registro de actividades, tal como se muestra en la Figura 39, permitiendo así una supervisión continua y efectiva del cumplimiento de los estándares establecidos.

Figura 39
Registro de Actividades de Proceso de Planchado

Hoja de trabajo		Código:	Código: ET-FR-002	
		Revision:	1	
		Fecha:	15/10/2023	
Estandarización de Trabajo		N:	1	
Número de maquina/equipo: Plancha				
Nombre del operario a cargo: Operario 1				
Fecha de inicio: 15/10/2023			Fecha de término: 15/10/2023	
Hora de inicio: 10:30 am			Hora de término: 10:50 am	
Número	Actividad	Cumple	Tiempo (min)	Observaciones
1	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	Si	0.13	
2	Llenar tanque de agua de la plancha	Si	1.52	
3	Ajustar la temperatura de la plancha	Si	0.18	
4	Planchar cuello del saco	Si	1.90	
5	Alinear las mangas en la tabla de planchar	Si	0.23	
6	Planchar hombro del saco	Si	2.41	
7	Planchar las mangas del saco	Si	2.65	
8	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	Si	0.50	
9	Planchar parte delantera del saco	Si	3.50	
10	Planchar parte posterior del saco	Si	3.39	
11	Verificar detalles	Si	0.73	
12	Planchar imperfecciones	Si	2.10	
13	Colocar saco en la percha	Si	0.32	
Materiales/herramientas utilizadas			Cantidad	
1				
2				
Nombre del Jefe de Producción:				
 Firma del operario encargado		 Firma del jefe de producción		

Luego se midieron los tiempos de los cuatro operarios, obteniendo un tiempo promedio de 20.78 minutos para completar el proceso.

Tabla 16
Promedio de Tiempos del Proceso de Planchado

Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Promedio
20.82	20.75	20.76	20.77	20.78

Nota: El detalle de las actividades de cada operario y sus tiempos se detallan en Anexo 18.

Finalmente, se calculó el índice de eficiencia luego de la implementación, obteniendo los resultados para cada área y la eficiencia total de la producción de sacos.

Tabla 17
Eficiencia de Producción Post Implementación

Área	Productos terminados Real	Productos terminados Planificado	Eficiencia individual
Corte	3156	3434	91.90%
Fusionadora	3088	3321	92.99%
Ojal	2930	3251	90.14%
Botonera	2795	3170	88.16%
Planchado	2621	2860	91.64%
Almacén	2394	2431	98.48%
Total			92.22%

A continuación, se muestran los resultados de los indicadores evaluados en la propuesta:

Tabla 18
Tabla de resultados de indicadores

Indicador	Formula	AS IS	TO BE	Técnica	Resultado
ÍNDICE DE EFICIENCIA	$\frac{\text{Producción Real (und)}}{\text{Producción Estándar (und)}} \times 100$	86.45 %	96%	Eficiencia	92.22%
CUMPLIMIENTO DE LIMPIEZA	$\frac{\text{Número total Limpieza realizada}}{\text{Número total Limpieza requerida}}$	31%	92%	Mantenimiento Autónomo	92%
CUMPLIMIENTO DE CALIBRACIÓN	$\frac{\text{Calibraciones Realizadas}}{\text{Calibraciones Requeridas}}$	31%	95%	Mantenimiento Preventivo	94%
MTBF Y MTTR	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$ $MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$	1.14 y 34.86 horas	0.8 y 168 horas	Mantenimiento Preventivo	1.10 y 88.50 horas
TIEMPO DE CICLO	$\frac{\sum \text{Tiempo de cada ciclo de planchado}}{\text{Número de ciclos realizados}}$	23.05 min	20.73 min	Estandarización de Trabajo	20.78 min.

Los resultados muestran una mejora en varios indicadores clave: la eficiencia de producción alcanzó el 92.22%, el cumplimiento de limpieza y calibración subió a 92% y 94% respectivamente, y el tiempo medio de reparación (MTTR) se redujo a 1.10 horas. Además, el tiempo medio entre fallas (MTBF) aumentó a 88.50 horas, y el tiempo de ciclo de planchado se optimizó a 20.78 minutos. Estas mejoras acercan los procesos a los objetivos establecidos, reflejando una gestión eficaz en eficiencia, mantenimiento y estandarización.

4.2 Evaluación del Impacto Económico

Se determinó la viabilidad económica del proyecto, presentando el desarrollo detallado del flujo económico a través del flujo de caja proyectado. En este análisis, se considera que el proyecto no requerirá la compra de maquinaria, por lo que se optimizarán los recursos actuales. Para cubrir la inversión inicial, se solicitará un préstamo bancario que permitirá financiar las actividades contempladas, con una duración proyectada de cinco años para su completa amortización y cumplimiento de las obligaciones financieras, tal como se detalla en la Figura 40. Los beneficios por ahorro, los costos Fijos y Variables; y Amortización, se encuentra en los Anexos 19, 20 y 21 respectivamente.

Figura 40

Flujo de Caja

FLUJO NETO FINANCIERO						
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio por ahorros		S/358,924.00	S/366,102.48	S/373,424.53	S/380,893.02	S/388,510.88
Costos Variables		-S/65,459.76	-S/66,114.35	-S/66,775.50	-S/67,443.25	-S/68,117.69
Costos Fijos		-S/97,743.47	-S/97,743.47	-S/97,743.47	-S/97,743.47	-S/97,743.47
Utilidad operativa		S/195,721	S/202,245	S/208,906	S/215,706	S/222,650
Participación de los trabajadores (10%)		-S/19,572	-S/20,224	-S/20,891	-S/21,571	-S/22,265
Utilidad antes de impuestos		S/176,148.70	S/182,020.19	S/188,015.01	S/194,135.67	S/200,384.76
Impuesto a la renta (29.5%)		-S/51,963.87	-S/53,695.96	-S/55,464.43	-S/57,270.02	-S/59,113.50
Interés		-S/19,604.83	-S/16,264.29	-S/12,433.02	-S/8,038.94	-S/2,999.36
Utilidad Neta		S/104,580.00	S/112,059.95	S/120,117.56	S/128,826.71	S/138,271.89
Amortización	-S/152,385.00	-S/22,740.26	-S/26,080.80	-S/29,912.07	-S/34,306.15	-S/39,345.73
Beneficio tributario		S/5,783.43	S/4,797.96	S/3,667.74	S/2,371.49	S/884.81
Flujo de Efectivo Neto (a)	-S/152,385.00	S/87,623.17	S/90,777.11	S/93,873.23	S/96,892.05	S/99,810.98
<i>Inversión del Proyecto</i>	-S/152,385.00					
Préstamo	S/152,385.00					
Flujo de Inversiones (b)	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Flujo de Efectivo Neto	-S/152,385.00	S/87,623.17	S/90,777.11	S/93,873.23	S/96,892.05	S/99,810.98

Para el cálculo del costo promedio ponderado de Capital (WACC) se utilizó la fórmula propuesta por (Gallardo, 2011).

$$WACC = \left(\frac{D}{D + E} \times Kd \times (1 - \text{Tasa Impositiva}) \right) + \left(\frac{E}{D + E} \times Ke \right)$$

Tabla 19

Resultados de Flujo de Caja

WACC	10.36%
VAN	S/197,709
RBC	S/2.8
TIR	53%

Con un Costo Promedio Ponderado (WACC) de 10.36%, el Valor Actual Neto (VAN) alcanzó S/197,709; lo cual indica una significativa generación de valor presente tras cubrir la inversión inicial y los costos asociados. Asimismo, el Ratio Beneficio/Costo (RBC) es de S/2.8, evidenciando que por cada sol invertido se obtienen S/2.8 de retorno. La Tasa Interna de Retorno (TIR) de 53% demuestra un rendimiento alto, ampliamente superior al COK, validando así la viabilidad.

4.3 Evaluación de impactos no económicos

Político-legal

Para el desarrollo del proyecto de mejora en el proceso productivo de sacos en la MYPE, se ha implementado un enfoque basado en normas técnicas peruanas que garantizan calidad, eficiencia y seguridad. La NTP 321.105:2020 para sistemas de gestión de calidad en textiles para MYPES se ha adoptado para estructurar procesos enfocados en la mejora continua y satisfacción del cliente, fundamentales en el sector.

De forma complementaria, se empleó la NTP-ISO 9001:2015 como estándar de gestión de calidad para asegurar la estandarización y control en cada etapa del proceso. En cuanto al mantenimiento, se implementó la NTP 331.107 de Mantenimiento Productivo Total (TPM), enfocada en la prevención de fallas y continuidad operativa de los equipos. Además, se utilizó la NTP 334.014 de gestión de seguridad y salud en el trabajo, asegurando condiciones seguras en el manejo de maquinaria y prevención de riesgos laborales.

Social-cultural

La implementación de mantenimiento autónomo y trabajo estandarizado impacta positivamente el bienestar del personal, fomentando un ambiente de trabajo más seguro y estructurado. Al capacitar a los empleados en el mantenimiento preventivo y autónomo de las maquinarias, se promueve una cultura organizacional de empoderamiento y responsabilidad, donde los trabajadores desarrollan habilidades técnicas que incrementan su valor profesional.

Medio Ambiente y Riesgos

Para evaluar los riesgos ambientales y de seguridad, se han aplicado las matrices Leopold e IPERC, enfocadas en el impacto de los procesos de mantenimiento y operación en el medio ambiente y la seguridad laboral:

Figura 41
Matriz Leopold

Factores ambientales		Lubricación a máquinas	Limpieza de máquinas	Mantenimiento	Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto
					+	-		
Agua	Calidad del agua	-1	-5	-3	0	3	3	-13
		2	1	2	0	3	3	-12
Atmósfera	Calidad del aire (partículas)	-1	-2	-6	0	3	3	-12
		2	2	1	3	0	3	32
Aspectos culturales	Empleo	4	5	3	3	0	3	32
Facilidades y actividades humanas	Red de transporte	1	3	-2	2	1	3	5
		1	2	1	2	1	3	5
Afectaciones	+	2	2	1	5	7	12	12
	-	2	2	3	7			
Total de afectaciones		4	4	4	12			
Agregado del impacto		1	22	-11	12			

El agregado del impacto para la "Lubricación a máquinas" es de 1, lo que sugiere un efecto ambiental neutro, sin impactos significativos. La "Limpieza de máquinas," con un agregado de 22, presenta un impacto positivo en el ambiente, por la mejora en las condiciones operativas. Por otro lado, el "Mantenimiento" tiene un impacto agregado de -11, indicando que esta actividad genera efectos adversos que requieren medidas de mitigación para minimizar su impacto ambiental. El cálculo se encuentra en Anexo 22, según (James T. et al., 2014).

Figura 42
Matriz Iperc

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO								EVALUACIÓN DEL RIESGO INHERENTE					EFICACIA			
Nº	PROCESO	SUSCEPTIBILIDAD	DEPARTAMENTO	ÁREA	ACTIVIDAD	DELITO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CUÍDO DEL RIESGO	RIESGO INHERENTE					EFICACIA		
									PROBABILIDAD	IMPACTO		NIVEL		Jefes áreas?	Comentarios	
									Leve	Probable	Extremo	Total				
1	Producción de sacos	operaciones	Confección	Sacos	uso de maquinaria	accidente laboral	Riesgo de accidentes laborales debido al uso de maquinaria (torneros, costurera)	Jefe de Producción	3	5	5	4	3	15	Alto	
2	Producción de sacos	operaciones	Confección	Sacos	operación de maquinaria	parada de producción	Riesgo de parada de producción por fallas en maquinaria	Jefe de Producción	5	2	2	3	3	15	Alto	
3	Producción de sacos	operaciones	Confección	Sacos	Control de calidad	defecto de producción	Riesgo de defecto en la producción debido a mal funcionamiento de máquinas	Jefe de Producción	3	4	3	3	4	12	Medio	
4	Mantenimiento	operaciones	Confección	Maquinaria	Mantenimiento preventivo	incumplimiento normativo	Riesgo de incumplimiento normativo	Jefe de mantenimiento	4	5	5	2	5	20	Extremo	
5	Mantenimiento	operaciones	Confección	Maquinaria	Mantenimiento preventivo	Pérdida de datos	Riesgo de pérdida de datos por no registrarse en el sistema	Jefe de mantenimiento	1	1	1	2	2	2	Tolerable	
6	Mantenimiento	operaciones	Confección	Maquinaria	Mantenimiento preventivo	incendio	Riesgo de incendios por acumulación de residuos en la máquina costurera	Jefe de mantenimiento	2	5	4	5	5	10	Medio	
7	Mantenimiento	operaciones	Confección	Maquinaria	Mantenimiento preventivo	Contaminación	Riesgo de contaminación por manejo/manifiesto de desechos textiles.	Jefe de mantenimiento	3	3	1	5	5	15	Alto	

La matriz IPERC para el proceso de producción de sacos en el área de confección identificó y evaluó los riesgos inherentes en actividades como el uso y operación de maquinaria, control de calidad y mantenimiento preventivo. Los principales riesgos incluyen accidentes laborales por maquinaria (riesgo alto), paradas de producción por fallas en equipos (riesgo alto), defectos en producción por mal funcionamiento de maquinaria (riesgo medio), incumplimiento normativo (riesgo extremo), pérdida de datos (riesgo tolerable), incendios (riesgo medio) y contaminación (riesgo alto). Cada riesgo está evaluado en términos de probabilidad, impacto y nivel de riesgo, con el propósito de implementar medidas de control efectivas para reducir su probabilidad y severidad. El cálculo se encuentra en Anexo 23, según (SUNAFIL, 2022).

Conclusiones

En conclusión, gracias a la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Trabajo Estandarizado (SW) en el proceso de confección de sacos de la microempresa textil, se logró un incremento significativo en la eficiencia de producción, alcanzando un notable 92.22%. Este resultado refleja el impacto positivo de optimizar los procesos y capacitar al personal en prácticas de producción más efectivas. Esto ha contribuido con la mejora de la capacidad productiva y ha reducido costos operativos, mejorado los tiempos de entrega y consolidando una ventaja competitiva en el mercado de confecciones.

La tasa de productos defectuosos en la máquina fusionadora se redujo a un 92%, reflejando mejoras en la precisión y consistencia del proceso de producción. Esta reducción minimiza el desperdicio y asegura una mayor calidad en el producto final.

En la máquina botonera, la tasa de productos defectuosos también disminuyó a un 94%, mejorando la confiabilidad del proceso y aumentando el rendimiento general. Este avance contribuye a reducir retrabajos y a optimizar la línea de producción.

En cuanto a la máquina cortadora, el cambio en los índices MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Mean Time to Repair) de 34.86 y 1.14 a 88.50 y 1.10 respectivamente, representa un notable incremento en la durabilidad y un tiempo de reparación mucho más eficiente, lo que minimiza las paradas inesperadas.

La reducción en el tiempo de ciclo del proceso de planchado, de 23.05 a 20.78 minutos, ha agilizado el flujo de producción y ha incrementado la capacidad de la línea. Este ajuste contribuye a una mayor productividad y tiempos de respuesta más cortos.

Recomendaciones

Se sugiere fomentar una cultura de mejora continua, involucrando a todo el personal para maximizar los beneficios de eficiencia.

Para seguir reduciendo los errores en la máquina fusionadora, se recomienda reforzar la capacitación del personal en técnicas de mantenimiento autónomo y promover su aplicación continua.

Se sugiere establecer auditorías periódicas y listas de verificación específicas para monitorear el mantenimiento de la máquina botonera.

Se recomienda formalizar el cronograma de mantenimiento preventivo de la máquina cortadora para garantizar su fiabilidad y reducir los tiempos de inactividad.

Se recomienda hacer un seguimiento constante del proceso de planchado para ajustar cualquier desviación de los tiempos estándar y asegurar la uniformidad en los resultados.

Referencias

- Abdulla, Kumar S. Technical efficiency and its determinants in the Indian textile garments industry. *Research Journal of Textile and Apparel* 2021; 25(4): 346-360. Available from <https://doi.org/10.1108/RJTA-09-2020-011017>.
- Alam, M.A., Rafiquzzaman, M., Ali, M.H., Jubayer, G.F. (2024). Analyzing the impact of opportunistic maintenance optimization on manufacturing industries in Bangladesh: An empirical study. *Benchmark Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 4(2), 100172. <https://doi.upc.elogim.com/10.1016/j.tbench.2024.100172>
- Antony, J., Psomas, E., Garza-Reyes, J. A., & Hines, P. (2021). Practical implications and future research agenda of lean manufacturing: a systematic literature review. *Production Planning & Control*, 32(11), 889–925. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1776410>
- Arts, J., Boute, R. N., Loeys, S., & van Staden, H. E. (2024). Fifty years of maintenance optimization: Reflections and perspectives. *European Journal of Operational Research*, 312(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.06.004>
- Behnia, F., Zare Ahmadabadi, H., Schuelke-Leech, B.-A., & Mirhassani, M. (2023). Developing a fuzzy optimized model for selecting a maintenance strategy in the paper industry: An integrated FGP-ANP-FMEA approach. *Expert Systems with Applications*, 232(120899), 120899. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120899>
- Braglia, M., Gabbrielli, R., & Marrazzini, L. (2020). Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with kanban. *International Journal of Production Research*, 58(13), 3998–4014. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1639224>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 32(13), 1084–1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Gallardo, D. G. (2011). Metodología para el cálculo del WACC y su aplicabilidad en la valoración de inversiones de capital, en empresas no cotizantes en bolsa. Universidad ICESI.

https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68039/1/gallardo_metodologia_calculo_2012.pdf

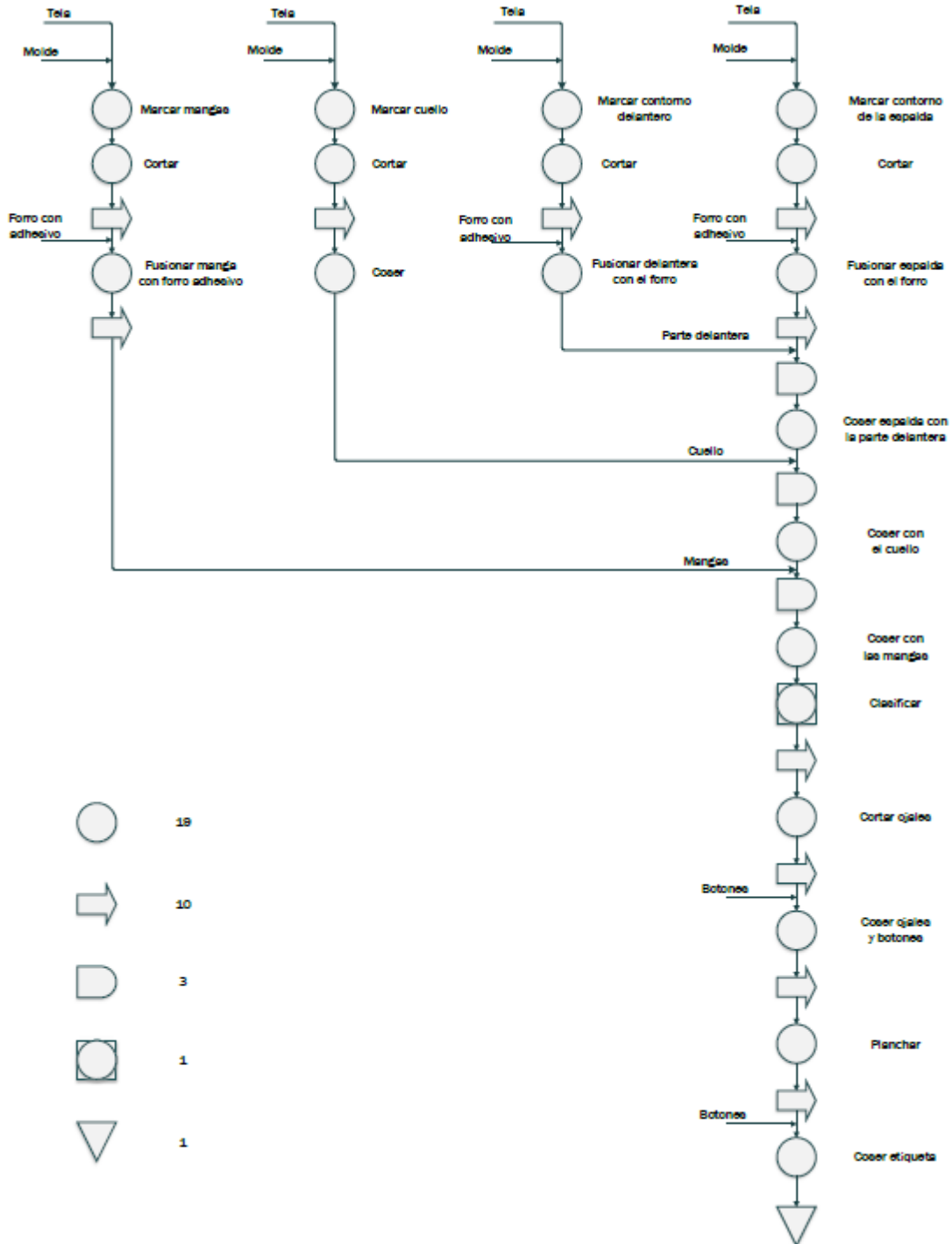
- Garcia-Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising changeover through lean-manufacturing principles: A case study in a food factory. *Sustainability*, 14(14), 8279. <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Gholizadeh, H., Chaleshigar, M. & Fazlollahtabar, H. (2022). Robust optimization of uncertainty-based preventive maintenance model for scheduling series–parallel production systems (real case: disposable appliances production). *ISA Transactions*, 128, pp. 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2021.11.041>
- Gotoh, A., et al. (2024). Mantenimiento autónomo: Un pilar fundamental del Mantenimiento Productivo Total (TPM). *SafetyCulture*. <https://doi.org/10.28991/esj-2021-01283>
- Harsanto, B., Primiana, I., Sarasi, V., y Satyakti, Y. (2023). Sustainability Innovation in the Textile Industry: A Systematic Review. *Sustainability*, 15. <https://doi.org/10.3390/su15021549>
- Holstine, J. B., & Samora, J. B. (2021). Reducing surgical specimen errors through multidisciplinary quality improvement. *Journal of Clinical Quality*, 45(2), 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jcjq.2021.04.003>
- Junior, R. G. P., Inácio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Kamble S., Gunasekaran A. & Dhone N. (2019). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>
- Khan S., Farnsworth M., McWilliam R. & Erkoyuncu J. (2020). On the requirements of digital twin-driven autonomous Maintenance. *Annual Reviews in Control*. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.08.003>

- Khalfallah, M., & Lakhali, L. (2021). The relationships between TQM, TPM, JIT and agile manufacturing: an empirical study in industrial companies. *The TQM Journal*, 33(8), 1735–1752. <https://doi.org/10.1108/tqm-12-2020-0306>
- Kose, Y., Muftuoglu, S., Cevikcan, E., & Durmusoglu, M. B. (2023). Axiomatic design for lean autonomous maintenance system: an application from textile industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(3), 555–587. <https://doi.org/10.1108/ijlss-01-2022-0020>
- Kundu, K. , Cifone, F. , Costa, F. , Portioli-Staudacher, A. y Rossini, M. (2022), "Una evaluación del marco de mantenimiento preventivo en una empresa manufacturera italiana", *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , vol. 28 N° 1, págs. 37-57. <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2020-0007>
- Mathews, J. C. (2022, 5 de Mayo). Exportaciones del sector textil y confecciones del 2022: Relevancia y posicionamiento en el mercado global [Discurso]. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/753209-con-punche-textil-mincetur-y-promperu-impulsaran-la-internacionalizacion-de-mypes-textiles>
- Maughan, J. T. (2014). *Environmental Impact Analysis: Process and Methods*. CRC Press.
- Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2001). *Motion and Time Study for Lean Manufacturing* (3rd ed.). Pearson.
- Ministerio de la Producción. (2022). *Sector textil y confecciones: Estudio de investigación sectorial*. Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. <https://www.produce.gob.pe>
- Mor R., Bhardwaj A., Singh S. & Sachdeva A., (2019) Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Liski E., Jounela P., Korpunen H., Sosa A., Lindroos O. & Jylhä P., (2020) Modeling the productivity of mechanized CTL harvesting with statistical machine learning methods. *International Journal of Forest Engineering*, 31:3, 253-262. <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1820750>

- Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>
- Sari, R. M., Syahputri, K., Rizkya, I., & Nadhirah, N. (2020). *Analysis of Raw Mill Machines Maintenance in Cement Industry*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 851, 012051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/851/1/012051>
- Singh, R. K., & Gurtu, A. (2022). Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(4), 810–830. <https://doi.org/10.1108/jqme-09-2020-0098>
- Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral. (2022). Manual para Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles - IPERC. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sunafil/informes-publicaciones/3727397-manual-para-identificacion-de-peligros-y-evaluacion-de-riesgos-y-determinacion-de-controles>
- Toki, G. F. I., Ahmed, T., Hossain, M. E., Alave, R. K. K., Faruk, M. O., Mia, R., & Islam, S. R. (2023). Single Minute Exchange Die (SMED): A sustainable and well-timed approach for Bangladeshi garments industry. *Cleaner Engineering and Technology*, 12(100592), 100592. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100592>
- Tortorella G., Fogliatto F., Cauchick P., Kurnia S. & Jurburg D. Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Blanco-Fernandez, J., Sandoval-Quintanilla, J. D., Jiménez-Macías, E., & García-Alcaraz, J. L. (2020). Work standardization and anthropometric workstation design as an integrated approach to sustainable workplaces in the manufacturing industry. *Sustainability*, 12(9), 3728. <https://doi.org/10.3390/su12093728>

Anexo(s)

Anexo 1: Diagrama de proceso de la línea de producción de sacos

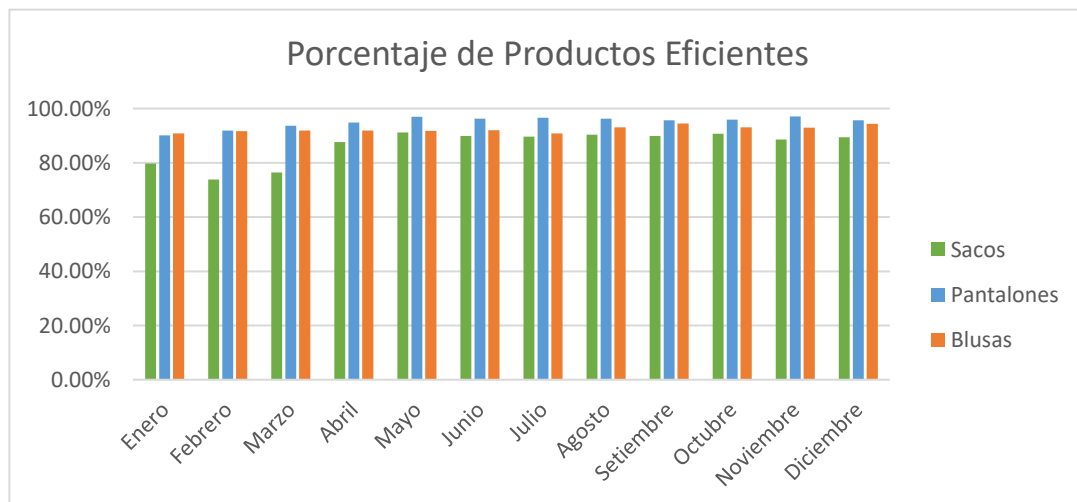


Anexo 2: Listado de maquinarias en el área de producción de sacos

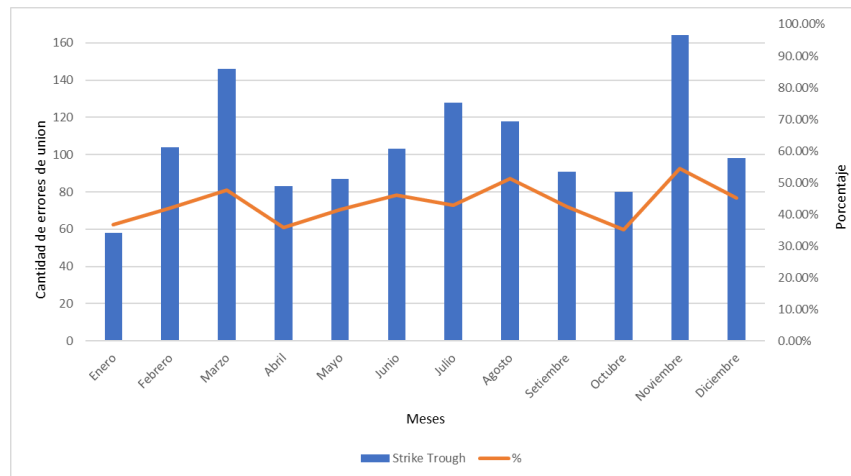
<p>Máquina cortadora (5)</p>  <p>Utilizada para para realizar cortes precisos y rectos en materiales textiles, como tejidos de algodón, sintéticos o compuestos.</p>	<p>Máquina fusionadora (3)</p>  <p>Utilizada en las industrias textil con el objetivo de unir materiales textiles. Estas máquinas operan utilizando calor y presión,</p>	<p>Máquina botonera (5)</p>  <p>Tienen el objetivo de una colocación uniforme y precisa de los botones en las prendas de vestir.</p>
<p>Máquina Ojaladora (5)</p>  <p>Se utiliza para crear ojales en telas y prendas de vestir</p>	<p>Máquina de Coser (1)</p>  <p>Equipo electrónico diseñado para la unión de diferentes tejidos mediante la costura.</p>	<p>Plancha Industrial. Textil (4)</p>  <p>Máquina diseñada para el planchado de volúmenes grandes de ropa, con funciones avanzadas de control de temperatura y vapor.</p>

Anexo 3: Cantidad y porcentaje de productos defectuosos

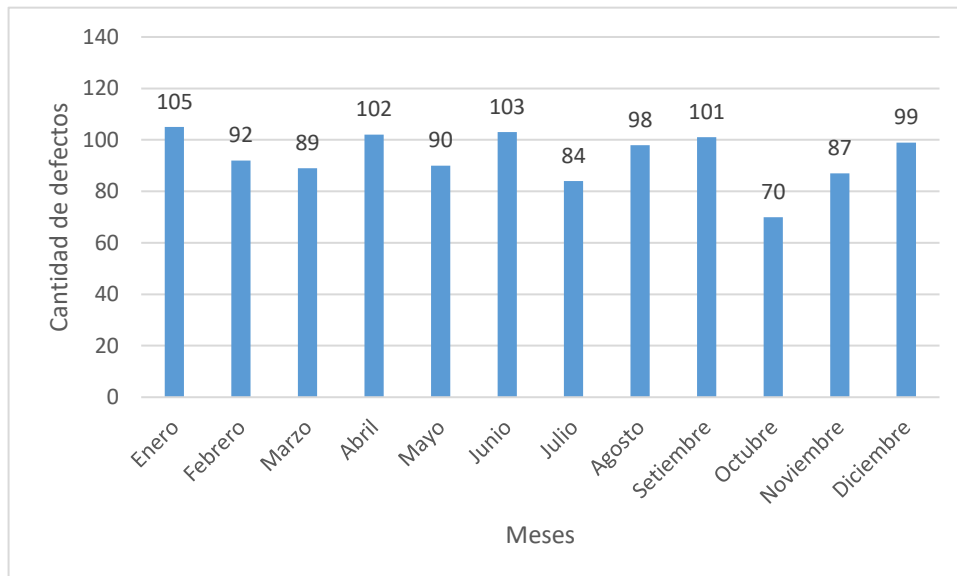
Cantidad de Unidades Defectuosas					Porcentaje de Productos Defectuosos					Porcentaje de Productos Eficientes				
Año	Mes	Sacos	Pantalones	Blusas	Año	Mes	Sacos	Pantalones	Blusas	Año	Mes	Sacos	Pantalones	Blusas
2022	Enero	158	65	39	2022	Enero	20.26%	9.86%	9.22%	2022	Enero	79.74%	90.14%	90.78%
2022	Febrero	248	63	35	2022	Febrero	26.16%	8.10%	8.39%	2022	Febrero	73.84%	91.90%	91.61%
2022	Marzo	307	60	37	2022	Marzo	23.62%	6.30%	8.08%	2022	Marzo	76.38%	93.70%	91.92%
2022	Abril	231	61	38	2022	Abril	12.35%	5.10%	8.07%	2022	Abril	87.65%	94.90%	91.93%
2022	Mayo	210	68	39	2022	Mayo	8.80%	3.06%	8.23%	2022	Mayo	91.20%	96.94%	91.77%
2022	Junio	224	64	38	2022	Junio	10.06%	3.69%	8.02%	2022	Junio	89.94%	96.31%	91.98%
2022	Julio	298	72	45	2022	Julio	10.39%	3.38%	9.18%	2022	Julio	89.61%	96.62%	90.82%
2022	Agosto	230	62	32	2022	Agosto	9.64%	3.71%	6.90%	2022	Agosto	90.36%	96.29%	93.10%
2022	Setiembre	215	69	25	2022	Setiembre	10.09%	4.37%	5.56%	2022	Setiembre	89.91%	95.63%	94.44%
2022	Octubre	228	65	31	2022	Octubre	9.25%	4.07%	6.87%	2022	Octubre	90.75%	95.93%	93.13%
2022	Noviembre	301	70	34	2022	Noviembre	11.41%	2.94%	7.05%	2022	Noviembre	88.59%	97.06%	92.95%
2022	Diciembre	217	63	27	2022	Diciembre	10.56%	4.34%	5.67%	2022	Diciembre	89.44%	95.66%	94.33%
TOTAL		2867	782	420	TOTAL		13.55%	4.91%	7.60%	TOTAL		86.45%	95.09%	92.40%



Anexo 4: Cantidad de productos no unidos correctamente 2022



Anexo 5: Cantidad de Defectos en la empresa en el año 2022



Anexo 6: Formula del MTTR y MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{N^{\circ} \text{Paradas}}$$

$$MTBF = \frac{192 - 5.58}{5.42} = 29.86 \text{ Hrs}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{N^{\circ} \text{Reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{5.58}{5.42} = 1.03 \text{ Hrs}$$

Anexo 7: Diagrama de actividades de proceso de los 4 operarios Inicial

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO				
Diagrama N1 Hoja N1	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total: 13	10	0	1	0	2
Tiempo Total: 22.3 min	Operario N1				
DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO			Observaciones
Verificar que la plancha no este enchufado al toma corriente	0.8	●	→	▼	
Llenar tanque de agua de la plancha	1.2	■			
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	1	■			
Ajustar la temperatura de la plancha	1.6	■			
Extender el cuello y las solapas en la tabla	1.4	■			
Planchar cuello del saco	1.3	■			
Alinear las mangas en la tabla de planchar	1.1	■			
Planchar hombro del saco	1.8	■			
Planchar las mangas del saco	2.1	■			
Planchar parte delantera del saco	3.2	■			
Planchar parte posterior del saco	3.8	■			
Verificar detalles	2.5	■			
Colocar saco en la percha	0.5	■			
TOTAL	22.3				

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO				
Diagrama N1 Hoja N1	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total: 12	9	0	1	1	1
Tiempo Total: 22.9 min	Operario N3				
DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO			Observaciones
Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	1.9	●	→	▼	
Llenar tanque de agua de la plancha	2.1	■			
Ajustar la temperatura de la plancha	1.5	■			
Extender el cuello y las solapas en la tabla	0.9	■			
Planchar cuello del saco	1.3	■			
Planchar parte delantera del saco	3.9	■			
Planchar parte posterior del saco	3.6	■			
Alinear las mangas en la tabla de planchar	1.5	■			
Planchar hombro del saco	1.9	■			
Planchar las mangas del saco	2.1	■			
Dejar enfriar saco	1.5	■			
Colocar saco en la percha	0.7	■			
TOTAL	22.9				

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO				
Diagrama N1 Hoja N1	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total: 12	9	0	1	1	1
Tiempo Total: 23.1 min	Operario N2				
DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO			Observaciones
Llenar tanque de agua de la plancha	1.5	■			
Ajustar la temperatura de la plancha	1.7	■			
Planchar parte delantera del saco	3.6	■			
Planchar parte posterior del saco	3.3	■			
Alinear las mangas en la tabla de planchar	1.3	■			
Planchar hombro del saco	2.2	■			
Planchar las mangas del saco	2.2	■			
Extender el cuello y las solapas en la tabla	1.2	■			
Planchar cuello del saco	1.7	■			
Verificar detalles	2.5	■			
Dejar enfriar saco	1	■			
Colocar saco en la percha	0.9	■			
TOTAL	23.1				

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO				
Diagrama N1 Hoja N1	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total: 12	8	0	1	1	2
Tiempo Total: 23.9 min	Operario N4				
DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO			Observaciones
Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	1.6	●	→	▼	
Ajustar la temperatura de la plancha	1.7	■			
Extender el cuello y las solapas en la tabla	1.5	■			
Planchar cuello del saco	1.3	■			
Alinear las mangas en la tabla de planchar	1.5	■			
Planchar hombro del saco	2.3	■			
Planchar las mangas del saco	2.9	■			
Planchar parte delantera del saco	3.6	■			
Planchar parte posterior del saco	3.1	■			
Verificar detalles	2.9	■			
Dejar enfriar saco	1	■			
Colocar saco en la percha	0.5	■			
TOTAL	23.9				

Anexo 8: Listado de Herramientas

Lista de Utensilios / Herramientas		
Utensilio/Herramienta	Unidad	Modo de uso
Paño microfibra	20	Se utiliza un paño de microfibra para limpiar las superficies de sellado de la máquina fusionadora.
Líquido lubricante	5	Se utiliza para engrasar los componentes de la máquina fusionadora.
Alcohol Isopropílico	3	Se emplea este limpiador para desinfectar la maquinaria, eliminando los residuos y suciedad.
Brochas suaves	5	Se utiliza para quitar partículas de polvo y suciedad de las áreas con difícil acceso.

Anexo 9: Acta de Implementación del Mantenimiento Autónomo

FORMATO DE REGISTRO		
Código: GI-FR-001 Versión: 00	ACTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Fecha: 07/08/2023 Página: 1 de 1

1. RESPONSABLES DEL PROYECTO

- ✓ Técnico de mantenimiento
- ✓ Supervisor de mantenimiento

2. OBJETIVO

Proporcionar al personal las competencias necesarias para la implementar y mantener un programa de mantenimiento autónomo en la maquina fusionadora.

3. ALCANCE

Aplica a todo el personal de la maquina fusionadora.

4. TEMAS A TRATAR

- ✓ Conceptos básicos del mantenimiento autónomo.
- ✓ Beneficios del mantenimiento autónomo en el proceso del saco.
- ✓ Estructura de los componentes principales de la maquina fusionadora.
- ✓ Funcionamiento y principios de la operación de la maquina fusionadora.
- ✓ Inspecciones periódicas.
- ✓ Identificación de signos de desgaste y fallas comunes.
- ✓ Procedimiento adecuado de la limpieza de la maquinaria.
- ✓ Uso de productos de limpieza y lubricantes adecuados.
- ✓ Reparaciones menores que pueden ser realizadas por el operario.
- ✓ Identificación de cuando llamar al Técnico de Mantenimiento.
- ✓ Normas de seguridad para el uso de la maquinaria.



Técnico de Mantenimiento



Supervisor de Mantenimiento

Anexo 10: Calculo para la Estandarización del Trabajo.

v	0,6	0,75	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999	0,9995
1	0,325	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	127,321	318,289	636,578
2	0,289	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	14,089	22,328	31,600
3	0,277	0,765	1,838	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	10,214	12,924
4	0,271	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	7,173	8,610
5	0,267	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	5,894	6,869
6	0,265	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	4,317	5,208	5,959
7	0,263	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,029	4,785	5,408
8	0,262	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	3,833	4,501	5,041
9	0,261	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	3,690	4,297	4,781
10	0,260	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	3,581	4,144	4,587
11	0,260	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	3,497	4,025	4,437
12	0,259	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,428	3,930	4,318
13	0,259	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,372	3,852	4,221
14	0,258	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,326	3,787	4,140
15	0,258	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,286	3,733	4,073
16	0,258	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,252	3,686	4,015
17	0,257	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,222	3,646	3,965
18	0,257	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,197	3,610	3,922
19	0,257	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,174	3,579	3,883
20	0,257	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,153	3,552	3,850
21	0,257	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,135	3,527	3,819
22	0,256	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,119	3,505	3,792
23	0,256	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,104	3,485	3,768
24	0,256	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,091	3,467	3,745
25	0,256	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,078	3,450	3,725
26	0,256	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,067	3,435	3,707
27	0,256	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,057	3,421	3,689
28	0,256	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,047	3,408	3,674
29	0,256	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,038	3,396	3,660
30	0,256	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,030	3,385	3,646
40	0,255	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	2,971	3,307	3,551
60	0,254	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	2,915	3,232	3,460
120	0,254	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	2,860	3,160	3,373
∞	0,253	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	2,807	3,090	3,290

Anexo 11: Calculo para la Tiempo Normal

$$Tiempo Normal = Tiempo Observado \times (1 + Valorización)$$

Anexo 12: Calculo para el Tiempo Estándar

$$Tiempo Estandar = Tiempo Normal \times (1 + Suplemento)$$

Anexo 13: Tablas del Tiempo Estándar

Tiempo observado por actividad

N	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Tiempo Promedio	Error Absoluto	Error relativo	S																				
1	Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	0.26	0.18	0.37	0.1	0.1	0.1	0.25	0.17	0.29	0.14	0.27	0.15	0.12	0.28	0.1	0.3	0.35	0.1	0.27	0.1	0.2	0.084	0.4200	0.09336																				
2	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	0.1	0.12	0.09	0.1	0.11	0.12	0.1	0.1	0.09	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12	0.1	0.1	0.12	0.13	0.07	0.09	0.10	0.012	0.1171	0.01517																				
3	Llenar tanque de agua de la plancha	1.2	1.21	1.22	1.2	1.19	1.18	1.2	1.21	1.22	1.2	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.2	1.2	1.18	1.21	1.2	1.20	0.0101	0.0084	0.01348																				
4	Ajustar la temperatura de la plancha	0.15	0.14	0.13	0.16	0.15	0.15	0.16	0.13	0.14	0.16	0.15	0.14	0.13	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.0092	0.0628	0.01089																				
5	Extender el cuello y las solapas en la tabla	0.81	0.8	0.79	0.8	0.82	0.78	0.79	0.8	0.8	0.79	0.78	0.8	0.81	0.8	0.79	0.77	0.78	0.8	0.81	0.8	0.80	0.0098	0.0123	0.01231																				
6	Planchar cuello del saco	1.5	1.49	1.48	1.51	1.5	1.52	1.47	1.48	1.5	1.5	1.51	1.49	1.47	1.48	1.48	1.52	1.5	1.49	1.5	1.51	1.50	0.0125	0.0084	0.01504																				
7	Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.2	0.19	0.21	0.22	0.2	0.18	0.17	0.2	0.21	0.19	0.19	0.2	0.18	0.19	0.2	0.21	0.2	0.17	0.19	0.2	0.20	0.0105	0.0538	0.01318																				
8	Planchar hombro del saco	1.91	1.88	1.91	1.86	1.85	1.88	1.91	1.92	1.78	1.93	1.9	1.91	1.85	1.89	1.88	1.91	1.94	1.86	1.92	1.89	1.89	0.0272	0.0144	0.03655																				
9	Planchar las mangas del saco	2.12	2.11	2.08	2.09	2.1	2.11	2.13	2.07	2.12	2.11	2.1	2.12	2.06	2.09	2.11	2.08	2.1	2.09	2.1	2.12	2.10	0.01455	0.0069	0.01849																				
10	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.41	0.39	0.4	0.42	0.37	0.39	0.41	0.38	0.39	0.4	0.41	0.42	0.37	0.38	0.39	0.37	0.4	0.41	0.38	0.41	0.40	0.014	0.0354	0.01638																				
11	Planchar parte delantera del saco	2.91	2.9	2.89	2.88	2.91	2.92	2.9	2.87	2.9	2.85	2.93	2.9	2.86	2.94	2.87	2.89	2.91	2.92	2.87	2.89	2.90	0.01895	0.0065	0.02373																				
12	Planchar parte posterior del saco	2.82	2.8	2.79	2.81	2.83	2.78	2.79	2.81	2.8	2.79	2.78	2.81	2.8	2.83	2.81	2.82	2.79	2.78	2.8	2.8	2.80	0.0124	0.0044	0.01542																				
13	Verificar detalles	0.6	0.59	0.61	0.62	0.6	0.58	0.57	0.6	0.61	0.59	0.59	0.6	0.58	0.59	0.6	0.61	0.6	0.57	0.59	0.6	0.60	0.0105	0.0176	0.01318																				
14	Planchar imperfecciones	1.98	2	2.01	2.03	2.01	1.9	1.99	1.97	1.98	1.99	2.01	2	2.03	2.04	1.97	1.99	1.98	2.01	2.02	1.99	2.00	0.021	0.0105	0.03000																				
15	Dejar enfriar saco	1.99	2.01	2.01	1.98	1.99	1.97	2.04	2.03	2	2.01	1.99	1.98	1.97	1.99	2.01	2	1.98	1.99	2.01	2	1.98	1.99	0.0205	0.0103	0.02964																			
16	Colocar saco en la percha	0.31	0.3	0.29	0.28	0.3	0.31	0.29	0.28	0.3	0.31	0.32	0.3	0.29	0.28	0.29	0.3	0.31	0.3	0.28	0.29	0.30	0.00985	0.0332	0.01182																				
Tiempo Total Observado (min)																																													

Cálculo de número de observaciones por actividad (t Student)

N	Actividad	Media	S	t	Er	N
1	Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	0.2	0.09336	2.093	0.4200	5.4111132
2	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	0.1025	0.01517	2.093	0.1171	7.0048755
3	Llenar tanque de agua de la plancha	1.1985	0.01348	2.093	0.0084	7.8089054
4	Ajustar la temperatura de la plancha	0.1465	0.01089	2.093	0.0628	6.1426497
5	Extender el cuello y las solapas en la tabla	0.796	0.01231	2.093	0.0123	6.9139334
6	Planchar cuello del saco	1.495	0.01504	2.093	0.0084	6.3450242
7	Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.195	0.01318	2.093	0.0538	6.9011298
8	Planchar hombro del saco	1.889	0.03655	2.093	0.0144	7.9093112
9	Planchar las mangas del saco	2.1005	0.01849	2.093	0.0069	7.0735597
10	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.395	0.01638	2.093	0.0354	5.9992776
11	Planchar parte delantera del saco	2.8955	0.02373	2.093	0.0065	6.8666864
12	Planchar parte posterior del saco	2.802	0.01542	2.093	0.0044	6.7776622
13	Verificar detalles	0.595	0.01318	2.093	0.0176	6.9011298
14	Planchar imperfecciones	1.995	0.03000	2.093	0.0105	8.9401
15	Dejar enfriar saco	1.9945	0.02964	2.093	0.0103	9.1593268
16	Colocar saco en la percha	0.2965	0.01182	2.093	0.0332	6.3092381
Tiempo Total Observado (min)						7.0289952

N= 7

Actv	1	2	3	4	5	6	7	To
1	0.37	0.1	0.17	0.1	0.18	0.1	0.17	0.17
2	0.09	0.11	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.1029
3	1.22	1.19	1.21	1.21	1.21	1.2	1.21	1.2071
4	0.13	0.15	0.13	0.15	0.14	0.16	0.13	0.1414
5	0.79	0.82	0.8	0.79	0.8	0.8	0.8	0.8
6	1.48	1.5	1.48	1.48	1.49	1.51	1.48	1.4886
7	0.21	0.2	0.2	0.2	0.19	0.22	0.2	0.2029
8	1.91	1.85	1.92	1.88	1.88	1.86	1.92	1.8886
9	2.08	2.1	2.07	2.11	2.11	2.09	2.07	2.09
10	0.4	0.37	0.38	0.39	0.39	0.42	0.38	0.39
11	2.89	2.91	2.87	2.87	2.9	2.88	2.87	2.8843
12	2.79	2.83	2.81	2.81	2.8	2.81	2.81	2.8086
13	0.61	0.6	0.6	0.6	0.59	0.62	0.6	0.6029
14	2.01	2.01	1.97	1.97	2	2.03	1.97	1.9943
15	2.01	1.99	2.03	1.9	2.01	1.98	2.03	1.9929
16	0.29	0.3	0.28	0.29	0.3	0.28	0.28	0.2886
								19.053

Cálculo de Tiempo estándar


N	Actividad	To	Habilidad	Esfuerzo	Condición	Consistenci	V	Tn	Monoto	Esfuerzo	Ruido	Parado	Sp	Ts
1	Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	0.17	0	0.04	-0.04	0.01	0.01	0.1717	3%	2%	1%	2%	8%	0.19
2	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	0.10	0.11	0.1	0.02	0.03	0.26	0.1296	2%	1%	1%	2%	6%	0.14
3	Llenar tanque de agua de la plancha	1.21	0.03	-0.04	0.04	0.01	0.04	1.2554	2%	3%	1%	2%	8%	1.36
4	Ajustar la temperatura de la plancha	0.14	0.13	0.12	0	0	0.25	0.1768	2%	2%	1%	2%	7%	0.19
5	Extender el cuello y las solapas en la tabla	0.80	0	-0.04	0.02	0.01	-0.01	0.792	3%	2%	1%	3%	9%	0.86
6	Planchar cuello del saco	1.49	0	0.02	0.02	0.01	0.05	1.563	4%	4%	1%	3%	12%	1.75
7	Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.20	0.11	0.1	0	0	0.21	0.2455	3%	2%	1%	2%	8%	0.27
8	Planchar hombro del saco	1.89	0.05	-0.04	0.04	0.03	0.08	2.0397	4%	5%	2%	3%	14%	2.33
9	Planchar las mangas del saco	2.09	0.03	0.02	0.02	0.01	0.08	2.2572	4%	5%	2%	3%	14%	2.57
10	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.39	0.15	0.13	0	0	0.28	0.4992	2%	2%	1%	2%	7%	0.53
11	Planchar parte delantera del saco	2.88	0.03	-0.04	0.02	0.01	0.02	2.942	4%	5%	1%	3%	13%	3.32
12	Planchar parte posterior del saco	2.81	-0.06	-0.05	0.02	0.01	-0.08	2.5839	4%	5%	2%	3%	14%	2.95
13	Verificar detalles	0.60	0.08	0.08	0.04	0.03	0.23	0.7415	3%	2%	2%	2%	9%	0.81
14	Planchar imperfecciones	1.99	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	2.2735	4%	5%	1%	3%	13%	2.57
15	Dejar enfriar saco	1.99	0.05	0.12	0	0	0.17	2.3316	2%	1%	2%	2%	7%	2.49
16	Colocar saco en la percha	0.29	0.13	0.12	0.04	0.03	0.32	0.3809	2%	2%	1%	2%	7%	0.41
Tiempo Total Observado (min)														22.73

Anexo 14. Nivel de Criticidad

Análisis del Procedimiento					
	Actividad	Impacto	Probabilidad de fallo	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
Operario	Verificar que la plancha este limpia y en buen estado	3	2	6	bajo
	Verificar que la plancha no este enchufada al toma corriente.	5	2	10	medio
	Llenar tanque de agua de la plancha	3	2	6	bajo
	Ajustar la temperatura de la plancha	5	4	20	alto
	Extender el cuello y las solapas en la tabla	3	1	3	bajo
	Planchar cuello del saco	4	2	8	bajo
	Alinear las mangas en la tabla de planchar	3	2	6	bajo
	Planchar hombro del saco	4	2	8	bajo
	Planchar las mangas del saco	4	2	8	bajo
	Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	3	2	6	bajo
	Planchar parte delantera del saco	5	2	10	medio
	Planchar parte posterior del saco	5	2	10	medio
	Verificar detalles	4	3	12	medio
	Planchar imperfecciones	4	3	12	medio
	Dejar enfriar saco	3	1	3	bajo
	Colocar saco en la percha	5	2	10	medio

Anexo 15. Manual de proceso de Planchado

Manual de uso y manejo **20**
Sistema de planchado **23**




Instrucciones de operación

Antes del primer uso, retire las etiquetas adhesivas de protección de la plancha industrial.

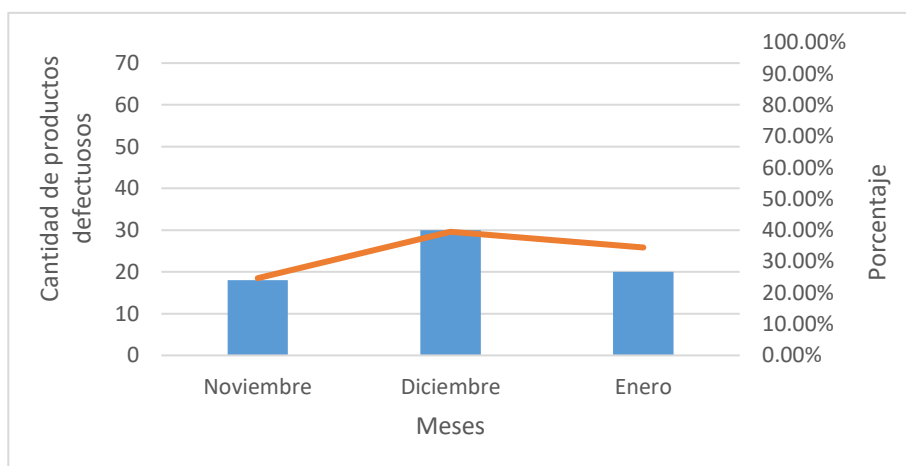
Al usar la plancha por primera vez, se notará una escasez de humo. Esto se debe al calentamiento inicial del equipo.

Seguir los siguientes pasos de cómo usar la plancha:

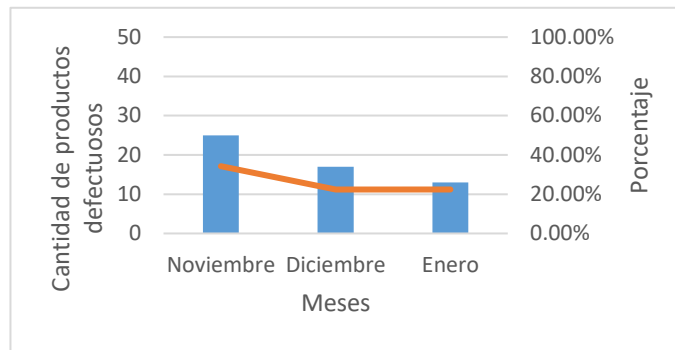
1. Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente mientras se llena el depósito de agua.
2. Verter agua en el tanque de la plancha.
3. Prender la plancha y ajustar a la temperatura optima (120 °C).
4. Planchar cuello del saco.
5. Alinear las mangas de la tabla de planchar.
6. Planchar hombro del saco.
7. Planchar las mangas del saco.
8. Acomodar prenda sobre la tabla de planchar.
9. Planchar hombro del saco.
10. Planchar parte delantera del saco.
11. Planchar parte posterior del saco.
12. Verificar detalles del saco.
13. Planchar imperfecciones.
14. Colocar saco en la percha.



Anexo 16: Cantidad de productos defectuosos en la máquina fusionadora



Anexo 17: Cantidad de productos defectuosos en la máquina botonera



Anexo 18: Diagrama de actividades de proceso de los 4 operarios final

Post Implementación

Operario 1

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO					
	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección	
Diagrama N1 Hoja N1	10	0	1	0	2	
Cantidad total: 13						
Tiempo Total: 20.55 min						
Operario N1						
DESCRIPCIÓN	T (min)	●	→	↓	■	Observaciones
Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente	0.15					
Llenar tanque de agua de la plancha	1.47					
Ajustar la temperatura de la plancha	0.21					
Planchar cuello del saco	1.92					
Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.29					
Planchar hombro del saco	2.61					
Planchar las mangas del saco	2.73					
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.58					
Planchar parte delantera del saco	3.5					
Planchar parte posterior del saco	3.18					
Verificar detalles	0.87					
Planchar imperfecciones	2.87					
Colocar saco en la percha	0.44					
TOTAL	20.82					

Operario 2

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO					
	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección	
Diagrama N1 Hoja N1	10	0	1	0	2	
Cantidad total: 13						
Tiempo Total: 20.55 min						
Operario N1						
DESCRIPCIÓN	T (min)	●	→	↓	■	Observaciones
Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente	0.15					
Llenar tanque de agua de la plancha	1.47					
Ajustar la temperatura de la plancha	0.21					
Planchar cuello del saco	1.92					
Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.25					
Planchar hombro del saco	2.53					
Planchar las mangas del saco	2.78					
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.58					
Planchar parte delantera del saco	3.5					
Planchar parte posterior del saco	3.18					
Verificar detalles	0.87					
Planchar imperfecciones	2.87					
Colocar saco en la percha	0.44					
TOTAL	20.75					

Operario 3

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO					
	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección	
Diagrama N1 Hoja N1	10	0	1	0	2	
Cantidad total: 13						
Tiempo Total: 20.55 min						
Operario N1						
DESCRIPCIÓN	T (min)	●	→	↓	■	Observaciones
Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente	0.15					
Llenar tanque de agua de la plancha	1.57					
Ajustar la temperatura de la plancha	0.21					
Planchar cuello del saco	1.92					
Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.29					
Planchar hombro del saco	2.62					
Planchar las mangas del saco	2.68					
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.52					
Planchar parte delantera del saco	3.4					
Planchar parte posterior del saco	3.18					
Verificar detalles	0.91					
Planchar imperfecciones	2.83					
Colocar saco en la percha	0.48					
TOTAL	20.76					

Operario 4

DAP	CICLO DE ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DEL PLANCHADO					
	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección	
Diagrama N1 Hoja N1	10	0	1	0	2	
Cantidad total: 13						
Tiempo Total: 20.55 min						
Operario N1						
DESCRIPCIÓN	T (min)	●	→	↓	■	Observaciones
Verificar que la plancha no este enchufado al tomacorriente	0.15					
Llenar tanque de agua de la plancha	1.42					
Ajustar la temperatura de la plancha	0.22					
Planchar cuello del saco	1.91					
Alinear las mangas en la tabla de planchar	0.25					
Planchar hombro del saco	2.61					
Planchar las mangas del saco	2.78					
Acomodar prenda sobre la tabla de planchar	0.58					
Planchar parte delantera del saco	3.5					
Planchar parte posterior del saco	3.18					
Verificar detalles	0.89					
Planchar imperfecciones	2.87					
Colocar saco en la percha	0.41					
TOTAL	20.77					

Anexo 19: Beneficio por ahorros

Ahorro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Beneficio por aumento de productos eficientes	S/8,200	S/9,600	S/10,900	S/16,370	S/21,770	S/20,020	S/27,010	S/22,680	S/20,220	S/23,430	S/24,840	S/19,340	S/224,380
Ahorro por reducción de penalizaciones y devoluciones	S/7,797	S/7,789	S/7,732	S/7,784	S/7,759	S/7,691	S/7,770	S/7,755	S/7,790	S/7,779	S/7,757	S/7,734	S/93,137
Ahorro en Contratación de personal adicional	S/2,176	S/2,034	S/2,138	S/2,048	S/2,030	S/2,123	S/2,057	S/2,140	S/2,022	S/2,118	S/2,095	S/2,106	S/25,087
Ahorro por optimización de materiales	S/1,423	S/1,316	S/1,532	S/1,378	S/1,447	S/1,245	S/1,282	S/1,274	S/1,257	S/1,313	S/1,456	S/1,397	S/16,320
Total													S/358,924

Anexo 20: Costos Fijos y Variables

Costos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Insumos	S/ 2,898.02	S/ 3,516.90	S/ 3,678.86	S/ 3,899.39	S/ 4,622.54	S/ 5,130.76	S/ 5,238.69	S/ 5,649.43	S/ 3,484.37	S/ 3,692.12	S/ 5,427.68	S/ 5,257.73	S/ 52,496.50
Agua	S/27	S/27	S/32	S/20	S/20	S/19	S/21	S/22	S/31	S/41	S/43	S/43	S/ 346.33
Mantenimiento	S/654	S/438	S/1,000	S/658	S/1,987	S/1,176	S/1,166	S/1,680	S/793	S/1,792	S/467	S/808	S/ 12,616.92
Costos Variables	S/3,579	S/3,982	S/4,711	S/4,578	S/6,629	S/6,325	S/6,425	S/7,351	S/4,309	S/5,525	S/5,937	S/6,108	S/65,460
Mano de obra	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00	S/90,000
Energía	S/464	S/417	S/452	S/671	S/668	S/658	S/737	S/663	S/665	S/668	S/835	S/846	S/7,743
Costos Fijos	S/7,964	S/7,917	S/7,952	S/8,171	S/8,168	S/8,158	S/8,237	S/8,163	S/8,165	S/8,168	S/8,335	S/8,346	S/97,743
													S/163,203

Anexo 21: Amortización

Mes	Balance Inicial	Interés	Amortización	CUOTA	Balance Final
0					152,385.00
1	152,385.00	1750.502321	1,778.25	S/ 3,528.76	150,606.75
2	150,606.75	1730.074855	1,798.68	S/ 3,528.76	148,808.06
3	148,808.06	1709.412732	1,819.34	S/ 3,528.76	146,988.72
4	146,988.72	1688.513255	1,840.24	S/ 3,528.76	145,148.47
5	145,148.47	1667.373698	1,861.38	S/ 3,528.76	143,287.09
6	143,287.09	1645.991304	1,882.77	S/ 3,528.76	141,404.32
7	141,404.32	1624.363282	1,904.39	S/ 3,528.76	139,499.93
8	139,499.93	1602.486811	1,926.27	S/ 3,528.76	137,573.66
9	137,573.66	1580.359036	1,948.40	S/ 3,528.76	135,625.26
10	135,625.26	1557.977073	1,970.78	S/ 3,528.76	133,654.48
11	133,654.48	1535.337999	1,993.42	S/ 3,528.76	131,661.06
12	131,661.06	1512.438862	2,016.32	S/ 3,528.76	129,644.74
13	129,644.74	1489.276674	2,039.48	S/ 3,528.76	127,605.26
14	127,605.26	1465.848413	2,062.91	S/ 3,528.76	125,542.35
15	125,542.35	1442.151024	2,086.61	S/ 3,528.76	123,455.75
16	123,455.75	1418.181414	2,110.58	S/ 3,528.76	121,345.17
17	121,345.17	1393.936456	2,134.82	S/ 3,528.76	119,210.35
18	119,210.35	1369.412988	2,159.34	S/ 3,528.76	117,051.01
19	117,051.01	1344.607809	2,184.15	S/ 3,528.76	114,866.86
20	114,866.86	1319.517685	2,209.24	S/ 3,528.76	112,657.62
21	112,657.62	1294.139341	2,234.62	S/ 3,528.76	110,423.00
22	110,423.00	1268.469466	2,260.29	S/ 3,528.76	108,162.71
23	108,162.71	1242.504712	2,286.25	S/ 3,528.76	105,876.46
24	105,876.46	1216.241692	2,312.52	S/ 3,528.76	103,563.95
25	103,563.95	1189.676979	2,339.08	S/ 3,528.76	101,224.86
26	101,224.86	1162.807107	2,365.95	S/ 3,528.76	98,858.91
27	98,858.91	1135.628571	2,393.13	S/ 3,528.76	96,465.79
28	96,465.79	1108.137825	2,420.62	S/ 3,528.76	94,045.17
29	94,045.17	1080.331283	2,448.43	S/ 3,528.76	91,596.74
30	91,596.74	1052.205317	2,476.55	S/ 3,528.76	89,120.19
31	89,120.19	1023.756258	2,505.00	S/ 3,528.76	86,615.19
32	86,615.19	994.9803942	2,533.78	S/ 3,528.76	84,081.41

33	84,081.41	965.8739713	2,562.88	S/ 3,528.76	81,518.53
34	81,518.53	936.4331923	2,592.32	S/ 3,528.76	78,926.20
35	78,926.20	906.6542163	2,622.10	S/ 3,528.76	76,304.10
36	76,304.10	876.5331583	2,652.22	S/ 3,528.76	73,651.88
37	73,651.88	846.0660886	2,682.69	S/ 3,528.76	70,969.19
38	70,969.19	815.2490326	2,713.51	S/ 3,528.76	68,255.68
39	68,255.68	784.0779697	2,744.68	S/ 3,528.76	65,511.00
40	65,511.00	752.5488335	2,776.21	S/ 3,528.76	62,734.79
41	62,734.79	720.6575105	2,808.10	S/ 3,528.76	59,926.69
42	59,926.69	688.3998401	2,840.36	S/ 3,528.76	57,086.33
43	57,086.33	655.7716141	2,872.99	S/ 3,528.76	54,213.35
44	54,213.35	622.7685757	2,905.99	S/ 3,528.76	51,307.36
45	51,307.36	589.3864194	2,939.37	S/ 3,528.76	48,367.99
46	48,367.99	555.6207899	2,973.14	S/ 3,528.76	45,394.85
47	45,394.85	521.4672823	3,007.29	S/ 3,528.76	42,387.56
48	42,387.56	486.9214409	3,041.84	S/ 3,528.76	39,345.73
49	39,345.73	451.9787587	3,076.78	S/ 3,528.76	36,268.95
50	36,268.95	416.6346771	3,112.12	S/ 3,528.76	33,156.82
51	33,156.82	380.8845851	3,147.87	S/ 3,528.76	30,008.95
52	30,008.95	344.7238187	3,184.03	S/ 3,528.76	26,824.92
53	26,824.92	308.1476604	3,220.61	S/ 3,528.76	23,604.31
54	23,604.31	271.1513383	3,257.61	S/ 3,528.76	20,346.70
55	20,346.70	233.7300259	3,295.03	S/ 3,528.76	17,051.68
56	17,051.68	195.8788412	3,332.88	S/ 3,528.76	13,718.80
57	13,718.80	157.592846	3,371.16	S/ 3,528.76	10,347.63
58	10,347.63	118.8670456	3,409.89	S/ 3,528.76	6,937.74
59	6,937.74	79.69638775	3,449.06	S/ 3,528.76	3,488.68
60	3,488.68	40.0757622	3,488.68	S/ 3,528.76	0.00

Anexo 22: Calculo del Impacto agregado

$$\text{Impacto Agregado} = \sum_{i=1}^n I_i$$

donde:

- I_i es el valor de impacto en cada interacción i entre las actividades y los factores ambientales en la matriz.
- n es el número total de interacciones evaluadas en la matriz de Leopold.

Anexo 23: Calculo del Riesgo

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad (P)} \times \text{Consecuencia (C)}$$