

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Implementación de la metodología lean  
*manufacturing* para incrementar la  
productividad de una empresa metalmecánica  
de Arequipa, 2022**

Alvaro Adolfo Quiroz Cabana

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Karina Ponce Begazo  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 11 de Mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE AREQUIPA, 2022"

**Autores:**

1. Alvaro Adolfo Quiroz Cabana – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 10
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, doy gracias a Dios, que nos guía y nos da fuerzas para seguir adelante y hacer realidad nuestros sueños día a día, y a nuestros familiares. Me gustaría expresar mi gratitud a todos los que alguna vez han demostrado fe en nosotros, ya sea de manera explícita o implícita mediante su constante aliento y ayuda a lo largo del camino.

Gracias a la Universidad Continental, por brindarme el espacio necesario para formarme como Ingeniero Industrial, a sus docentes por impartir los conocimientos que hoy llevo conmigo.

EL AUTOR

## **DEDICATORIA**

A DIOS: Doy gracias a Dios por mi vida, por hacer posible que esté aquí, como una presencia constante, una caja de resonancia para mis ideas, una roca en momentos de debilidad y una fuente de conocimiento que me ha ayudado a superar los buenos y los malos momentos.

A MIS PADRES: Por luchar contra la adversidad, aconsejarme, apoyarme económica y espiritualmente, y darme la oportunidad de convertirme en profesional y dar un paso importante en una nueva etapa de mi vida, les estoy especialmente agradecido.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Pregunta general.....	2
1.2.2. Preguntas específicas.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Justificación Teórica.....	3
1.4.2. Justificación Practica.....	3
1.4.3. Justificación Metodológica.....	4
1.5. Importancia.....	4
1.6. Delimitación.....	5
1.6.1. Delimitación temporal.....	5
1.6.2. Delimitación espacial.....	5
1.7. Hipótesis.....	5
1.7.1. Hipótesis general.....	5
1.8. Descripción de Variables.....	6

1.9. Operacionalización de variables .....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.2. Antecedente Nacional .....	9
2.1.3. Antecedente Regional.....	10
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. Lean Manufacturing .....	11
2.2.2. Productividad .....	13
2.3. Definición de términos básicos .....	16
2.3.1. Costos .....	16
2.3.2. Eficacia .....	16
2.3.4. Lean.....	16
2.3.5. 5S .....	16
2.3.6. Materia Prima .....	16
2.3.7. Mano de Obra.....	17
2.3.8. Tiempo de ciclo.....	17
2.3.9. Takt time .....	17
2.3.10. Lead time .....	17
2.3.11. Porcentaje de Tiempo de Valor Agregado.....	17
CAPÍTULO III.....	18
METODOLOGÍA .....	18
3.1. Método y alcance .....	18
3.1.1. Método de investigación .....	18
3.1.2. Alcance de investigación .....	18
3.2. Diseño de investigación.....	18
3.3. Población y muestra .....	18
3.3.1. Población.....	18
3.3.2. Muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.4.1 Técnicas de recolección de datos .....	19

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5 Instrumentos de análisis de datos .....	20
CAPÍTULO IV .....	22
DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	22
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	22
4.1.1. Descripción de la empresa.....	22
4.1.2. Problemática.....	24
4.1.3. Identificar herramientas de la metodología Lean Manufacturing .....	27
Desarrollo de la evaluación actual de la empresa con el VSM.....	29
4.2. Validación económica.....	70
4.3. Impacto ambiental .....	84
4.4. Impacto social .....	85
4.5. Resultados .....	86
CONCLUSIONES .....	93
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS.....	99



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	7
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
Tabla 3. Productividad actual de la fabricación de una chaqueta.....	26
Tabla 4. Matriz cruzada para selección de herramienta.....	27
Tabla 5. Cálculo del tiempo de ciclo – Estado actual.....	30
Tabla 6. Cálculo %tiempo de valor agregado– Estado actual.....	30
Tabla 7. Cálculo del Lead Time – Estado actual.....	31
Tabla 8. Cálculo del tak time – Estado actual.....	31
Tabla 9. Análisis de flujo de proceso – Estado actual.....	32
Tabla 10. Productividad de la fabricación de una chaqueta - post implementación.....	34
Tabla 11. Cálculo del tiempo de ciclo – post implementación.....	35
Tabla 12. Cálculo del up time post implementación.....	36
Tabla 13. Cálculo del Lead Time – post implementación.....	36
Tabla 14. Cálculo del tak time – post implementación.....	37
Tabla 15. Análisis de flujo de proceso – post implementación.....	38
Tabla 16. Equipo 5´S.....	41
Tabla 17. Temas de capacitación 5S.....	41
Tabla 18. Cronograma de capacitación de 5s.....	42
Tabla 19. Cronograma de implementación 5´S.....	44
Tabla 20. Codificación 5´S.....	48
Tabla 21. Check list 5´S (Auditoría inicial).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 22. Calificación de Auditoría inicial 5´S.....	50
Tabla 23. Registro.....	57
Tabla 24. Formato de control de limpieza.....	63
Tabla 25. Formato de check list de evaluación 5´s.....	64
Tabla 26. Primera auditoría post-implementación de 5´S.....	66
Tabla 27. Segunda auditoría después de la implementación de 5´S.....	66
Tabla 28. Tercera auditoría después de la implementación de 5´S.....	67
Tabla 29. Cuarta auditoría después de la implementación de 5´S.....	67
Tabla 30. Quinta auditoría después de la implementación de 5´S.....	68
Tabla 31. Resumen de auditorías finales.....	68
Tabla 32. Gastos por estudios de tiempo.....	70
Tabla 33. Gastos en materiales para la toma de tiempos.....	71
Tabla 34. Gastos en Capacitación 5S.....	72
Tabla 35. Gastos en mano de obra y maquinaria.....	72
Tabla 36. Materiales para implementación 5S (Anual).....	73
Tabla 37. Costos de horas hombre en el diseño 5S.....	74
Tabla 38. Costos en capacitaciones mensuales.....	74
Tabla 39. Costos en capacitaciones mensuales.....	76
Tabla 40. Costos de horas hombre adicionales por reparación.....	77
Tabla 41. Presupuesto de la implementación de la mejora.....	78
Tabla 42. Costos por no incurrir en la propuesta 5S.....	81
Tabla 43. Flujo de caja neto.....	82

Tabla 44. Indicadores financieros.....	83
Tabla 45. Mejora de cumplimiento de puntaje 5s .....	86
Tabla 46. Mejora de indicadores .....	86
Tabla 47. Métricas de mejora .....	89
Tabla 48. Prueba de normalidad .....	89
Tabla 49. Análisis de la comparación entre la productividad de mano de obra pre y post test por medio de la prueba de wilcoxon .....	90
Tabla 50. Análisis de la comparación entre la productividad de mano de obra pre y post test por medio de la prueba t de student .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de operaciones .....	24
Figura 2. Diagrama Ishikawa. Extraído de la empresa metalmecánica .....	25
Figura 3. VSM del estado actual- Proceso de fabricación de 1 chaqueta .....	33
Figura 4. VSM del estado futuro- Proceso de fabricación de 1 chaqueta .....	39
Figura 5. Diseño de la implementación 5s .....	40
Figura 6. Resumen auditoría inicial 5´S .....	50
Figura 7. Falta de orden.....	51
Figura 8. Falta de organización.....	52
Figura 9. Falta de orden y limpieza .....	52
Figura 10. Material desorganizado.....	53
Figura 11. Material desorganizado 2.....	53
Figura 12. Flujograma de clasificación (Seiri).....	55
Figura 13. Tarjeta Roja .....	56
Figura 14. Clasificación de materiales .....	57
Figura 15. Clasificación de extintores .....	58
Figura 16. Clasificación de herramientas .....	58
Figura 17. Organización de materiales .....	60
Figura 18. Organización de materiales .....	61
Figura 19. Organización de materiales .....	61
Figura 20. Organización de materiales .....	62
Figura 21. Organización de materiales .....	62
Figura 22. Secuencia de actividades de limpieza.....	63
Figura 23. Resumen de auditoria .....	69
Figura 24. Pre y post tes del Takt Time .....	87
Figura 25. Pre y post tes del % de cumplimiento de 5S .....	87
Figura 26. Pre y post tes de la productividad de mano de obra.....	88
Figura 27. Pre y post tes de la productividad de materia prima.....	88

## RESUMEN

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto de la implementación del Lean Manufacturing en el aumento de la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa durante el año 2022. Esta investigación se enmarca como un estudio aplicado con un diseño preexperimental. La muestra seleccionada consiste en la producción total de chaquetas metálicas abarcando los periodos comprendidos entre enero y diciembre de 2022. Para recopilar información, se emplearon técnicas de observación directa y análisis de documentos.

Los resultados obtenidos indican un incremento significativo en la productividad tanto de la materia prima como de la mano de obra tras la implementación de las metodologías Lean Manufacturing, haciendo uso de herramientas como las 5S y el Value Stream Mapping. En particular, se logró una reducción del 8% en la cantidad total de horas-hombre utilizadas en la fabricación de chaquetas metálicas, incrementado la productividad de mano de obra de 0.27% a 0.34% y la productividad de materia prima de 75% a 80%. La viabilidad económica determinó que la implementación de la propuesta de mejora tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa, respaldado por indicadores financieros como un Valor Actual Neto de S/. 12,293.96, una Tasa Interna de Retorno mayor a la tasa de descuento y un Índice de Rentabilidad igual a 1.24.

### **Palabras claves:**

Filosofía 5s, VSM, productividad, eficiencia, eficacia, metalmecánica.

## **ABSTRACT**

The main objective of this study is to evaluate the impact of the implementation of Lean Manufacturing on the increase of productivity in the metal-mechanical company of Arequipa during the year 2022. This research is framed as an applied study with a pre-experimental design. The selected sample consists of the total production of metal jackets covering the periods between January and December 2022. Direct observation and document analysis techniques were used to collect information.

The results obtained indicate a significant increase in the productivity of both raw material and labor after the implementation of Lean Manufacturing methodologies, making use of tools such as 5S and Value Stream Mapping. In particular, an 8% reduction in the total number of man-hours used in the manufacture of metal jackets was achieved, increasing labor productivity from 0.27% to 0.34% and raw material productivity from 75% to 80%. The economic feasibility determined that the implementation of the improvement proposal has a positive impact on the company's profitability, supported by financial indicators such as a Net Present Value of S/. 12,293.96, an Internal Rate of Return greater than the discount rate and a Profitability Index equal to 1.24.

### **Key words:**

5s philosophy, VSM, productivity, efficiency, effectiveness, metalworking.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas metalmeccánicas de Arequipa, al igual que muchas otras empresas de todo el mundo, se enfrentan a dificultades y oportunidades debido a la globalización. La globalización ha abierto las puertas a una mayor competencia de empresas extranjeras que pueden ofrecer productos similares a precios competitivos. Estas empresas deben adaptarse y mejorar constantemente su productividad y eficiencia para mantenerse competitivas en el mercado global. En este sentido, la globalización también ofrece oportunidades para que las empresas metalmeccánicas de Arequipa expandan sus mercados más allá de las fronteras locales. Pueden buscar clientes y socios comerciales en otros países, lo que les brinda la posibilidad de crecimiento y diversificación.

En el capítulo I se desarrolla la realidad problemática, donde se mencionan el planteamiento y formulación del problema, cuyo objetivo es implementar el Lean Manufacturing para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica, ubicada en el departamento de Arequipa. Se menciona la importancia y la justificación.

El capítulo II se describe el marco teórico, en el que se definen estudios previos donde evidencian la utilización del Lean Manufacturing, con el propósito de mejorar procesos en cada una de las empresas donde fue aplicada. De esta manera, el estudio estará basado en el desarrollo de nuevos métodos, herramientas y mecanismos que pueden ser implementados en este sector en busca de la mejora continua, la optimización de los procesos y el incremento de la productividad frente a la producción de otras metalmeccánicas. Esta investigación alinea los fundamentos teóricos que servirán de guía para comerciantes, empresarios y demás interesados en mejorar la productividad.

En el Capítulo III se describe la metodología de la investigación, la cual se basa en el método científico, ya que se prevé la resolución de problemas con base en la observación. El tipo de estudio es aplicado porque aplica los conocimientos teóricos a una situación concreta. El nivel de investigación es descriptivo-explicativo porque emplea instrumentos estandarizados y se centra en determinar las causas de diversos fenómenos. Diseño de investigación será experimental con un enfoque preexperimental, debido que se analizará la investigación en un pre-test y post-test. La muestra está definida por los procesos que se desarrollan en la empresa metalmeccánica.

En el capítulo IV se describen e interpretan los resultados del análisis económico basado en un análisis coste-beneficio para determinar la viabilidad y rentabilidad de este estudio.

Por último, se presentan las recomendaciones y conclusiones para la resolución de los problemas identificados en cada nivel de la cadena de suministro de la organización mediante indicadores y sugerencias de mejora.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema

En el mundo, el entorno empresarial actual es tan competitivo y globalizado, con clientes cada vez más exigentes y variables en sus necesidades, lo que eleva sus expectativas sobre las compras nacionales e importadas en términos de calidad, coste y puntualidad, lo que exige procesos de producción flexibles y adaptables para que las empresas puedan sobrevivir en el mercado. Por su parte, la industria metalúrgica es esencial para el desarrollo de las economías, sobre todo en los países industrializados, ya que suministra bienes de equipo intermedios y finales a los sectores minero, automovilístico, petrolero, pesquero y agrícola. En su informe sobre la coyuntura industrial del mes de marzo de 2022, el Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) señaló que el sector metalmeccánico registró una ganancia de 5.1% en comparación con febrero del mismo año. De acuerdo con lo anterior, el crecimiento previsto en este sector tendrá una mayor influencia en la producción de productos metálicos para uso estructural, lo que obliga a todas las empresas involucradas a proporcionar bienes y servicios que satisfagan los criterios de calidad, preservando así la satisfacción de los clientes (Salazar, 2022).

A nivel nacional, existen alrededor de 167 mil empresas metalmeccánicas, los cuales están influyendo de manera directa para generar valor agregado del 14,6% del sector manufacturero y del 1,7% del PBI en la economía del Perú. Entre el 2015 y 2019, la industria creció a un ritmo de alrededor de 0,4% anual, pero la pandemia provocó una caída de 18%. Para el año 2021, la demanda de bienes metalmeccánicos se duplicó, al 2022 la revista andina actualiza esta cifra en un crecimiento de 21.6%, acompañada de una caída en las ventas externas de equipos y maquinarias generadores de energía (-38,1%), maquinaria, equipos industriales y sus componentes (-34,1%) (HLC Ingeniería y construcción, 2021).

A nivel regional, la actividad productiva de Arequipa creció un 12,8% en 2021, algo por detrás de la media nacional, como consecuencia de los incrementos trimestrales. Por su parte la región Arequipa concentra el 6.8% de participación del mercado nacional en el sector metalmeccánico, siendo el segundo lugar luego de Lima (Cámara de comercio e industria de Arequipa, 2022). En este sentido, una empresa que carezca de herramientas de mejora continua en función de su estructura empresarial, su estrategia comercial o su



salud financiera, se enfrentaría a desventajas competitivas en su sector. Del mismo modo, representa retrasos en la logística interna y externa, lo que impide a la organización ofrecer un nivel de servicio suficiente y eleva el riesgo financiero asociado a la operación empresarial en su conjunto (Quijada, 2018).

El presente estudio se desarrollará en una compañía del rubro metalmeccánico en la ciudad de Arequipa. Las instalaciones cuentan con un taller de fabricación y mantenimiento de equipos mineros, los cuales carecen de una persona encargada de la administración de recursos en la fabricación de los equipos, generándose incumplimientos en los requerimientos a tiempo. Por otro lado, existe sobre stock en insumos que se encuentran en el almacén, no hay un seguimiento en la ruta de los equipos que son usados por el mismo taller o son enviados hacia alguna unidad minera, existe aglomeración de equipos y el desorden interno. Además, el manejo de varios proyectos en el taller provoca que unos devoren los insumos de otros sin tener un orden de salida, dificultando el registro de la medición de recursos al final del proyecto y por consiguiente no se pueda realizar comparaciones con años anteriores. En este sentido, se propone la aplicación de la metodología Lean para contribuir con el incremento de la productividad.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿En qué medida la implementación del Lean Manufacturing aumentará la productividad en la empresa metalmeccánica de Arequipa en el año 2022?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuál es la situación inicial de la productividad en la empresa metalmeccánica de Arequipa en el año 2022?
- ¿Cuáles son las herramientas apropiadas de la metodología Lean Manufacturing para aplicar en la empresa metalmeccánica de Arequipa en el año 2022?
- ¿Cuál es la productividad luego de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmeccánica de Arequipa en el año 2022?
- ¿Cuál es impacto económico de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmeccánica de Arequipa en el año 2022?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar en qué medida la implementación del Lean Manufacturing aumenta la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la situación inicial de la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.
- Identificar las herramientas apropiadas de la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.
- Medir la productividad luego de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.
- Realizar la evaluación del impacto económico de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

Fernández (2020) fundamentó que un estudio es teóricamente justificable, ya que conecta con el propósito de avanzar en el conocimiento teórico. Este estudio se apoya en varias fuentes de investigación, como tesis, libros, revistas institucionales, noticias, informes y artículos originales, necesarios para examinar y desarrollar nuevos conocimientos. También pretende servir de modelo para inspirar o impulsar los esfuerzos de investigación sobre la implantación de la metodología Lean Manufacturing, la mejora continua y la influencia en la productividad para las empresas y organizaciones interesadas en aprender más sobre el tema.

#### **1.4.2. Justificación Práctica**

Ñaupas et al. (2018) destacó la importancia de la mejora y el hecho de que la justificación práctica ofrece el conocimiento de cómo funcionan realmente las cosas. La justificación práctica del estudio proviene de su objetivo declarado de aumentar la productividad de la empresa metalmecánica mediante la implantación de la metodología Lean Manufacturing,

con el fin posterior de dirigir un plan estructural y orientar a la entidad hacia la consecución de las metas propuestas, objetivos empresariales, mediante estrategias ya determinadas.

### **1.4.3. Justificación Metodológica**

El presente estudio, se justifica metodológicamente al desarrollar un enfoque metodológico, que se integre en la problemática coyuntural; donde observamos que los resultados que se obtenga luego de la implementación del Lean Manufacturing, tendrá un efecto inmediato en la eficacia de las empresas de todo el país. Además, se desarrollan instrumentos para recopilar información que contribuyan a la recogida e interpretación de datos con el fin de obtener conocimientos precisos y fiables mediante la realización de investigaciones basadas en hechos reales (Chukhrai et al., 2017).

### **1.5. Importancia**

Tanto el instrumento VSM (Value Stream Mapping) como la estrategia de las 5S se utilizan en las empresas para mejorar la productividad, eficiencia y eficacia. En las siguientes secciones, se exponen la importancia de cada uno de estos recursos:

El VSM es un método para representar y analizar con claridad los flujos de información y materiales que intervienen en la fabricación. Es ideal para encontrar formas de mejorar la productividad y la eficiencia y deshacerse de cosas que no son necesarias. A continuación, se enumeran algunas de las muchas ventajas del VSM: Es posible minimizar los cuellos de botella y mejorar el flujo de trabajo localizando los puntos específicos del proceso que están causando retrasos o ineficiencias con la ayuda de VSM. Dado que el VSM crea un mapa visual del flujo completo de materiales e información, es mucho más sencillo ver cómo están conectadas las numerosas fases y actividades, lo que a su vez hace mucho más fácil ver las áreas susceptibles de mejora y tomar decisiones bien informadas. La generación de valor para el cliente se prioriza mediante el análisis y la optimización del flujo de valor desde el punto de vista del cliente, lo que conduce a una mayor productividad y satisfacción por parte del cliente.

El enfoque 5S es una estrategia de gestión visual cuyo objetivo es fomentar un entorno empresarial más racionalizado y eficiente. Se compone de cinco principios: "Seiri" (ordenar), "Seiton" (clasificar), "Seiso" (limpiar), "Seiketsu" (estandarizar) y "Shitsuke" (conservar). La técnica de las 5S tiene varios efectos positivos. Los beneficios para la eficiencia y la productividad pueden atribuirse al énfasis de la metodología 5S en mantener un lugar de trabajo limpio y bien organizado. Encontrar las cosas más rápidamente mejora

la productividad al reducir las pérdidas de tiempo. Al mantener las cosas limpias y ordenadas en el lugar de trabajo, puede disminuir la probabilidad de que se produzcan lesiones y enfermedades en el trabajo. Además, la técnica de las 5S fomenta la detección y evitar que los peligros potenciales se conviertan en problemas. El concepto de las 5S se aplica con la participación de todos los miembros del equipo, lo que fomenta la cooperación, la comunicación y la responsabilidad compartida de mantener las cosas limpias y ordenadas.

## **1.6. Delimitación**

### **1.6.1. Delimitación temporal**

La investigación se realizó desde principios de 2022 específicamente desde el 10 de enero hasta el 5 de diciembre del mismo año. Se recopilaron datos para establecer un vínculo causal entre la implementación de los principios y técnicas de Lean Manufacturing en una empresa metalmecánica peruana. Durante este tiempo, se tomaron datos pertinentes para la adopción de Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica elegida, así como indicadores de productividad y eficiencia que permitan evaluar los resultados obtenidos.

### **1.6.2. Delimitación espacial**

Se realizará en la provincia de Arequipa, en el distrito de Cerro Colorado en A.V. Apima II, Mza K Lote. 8, Cerro Colorado 04014, es el objetivo de esta investigación de la industria metalmecánica. Tiene una población mayor que cualquier otra ciudad de Perú y cuenta con una importante actividad industrial, incluyendo una destacada presencia de empresas metalmecánicas. Se seleccionó una empresa metalmecánica representativa de diferentes sectores y tamaños en la ciudad de Arequipa. Se estudiarán aspectos como la identificación y eliminación de desperdicios, la mejora de los flujos de trabajo, la optimización de la utilización de recursos y la reducción de los tiempos de producción.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis general**

La implementación del Lean Manufacturing aumentará la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

- La implementación del lean Manufacturing aumentará la productividad de mano de obra en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022.
- La implementación del lean Manufacturing aumentará la productividad de materia prima en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

## **1.8. Descripción de Variables**

### **1.8.1 Variable independiente**

Lean Manufacturing: La fabricación ajustada es un método que mejora la eficiencia y el rendimiento mediante el uso de diversas herramientas de formas novedosas (Socconini, 2019).

### **1.8.2 Variable dependiente**

Productividad: El término "productividad" se refiere a la relación entre la producción y los insumos. Las unidades producidas, los componentes vendidos y los beneficios son medidas de la producción, mientras que el número de trabajadores, el tiempo total dedicado al trabajo, el número de máquinas, etc. son medidas de los insumos (Gutiérrez, 2016).

## 1.9. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Lean Manufacturing</b>	La fabricación ajustada es un método que utiliza un conjunto de herramientas que, utilizadas con imaginación, pueden aumentar la producción y la calidad de muchas maneras diferentes (Socconini, Luis 2019).	El Lean Manufacturing es un conjunto de métodos de fabricación ajustada mediante resolución innovadora de problemas, permite mejorar la calidad y la eficacia en varios sectores.	5S	$\%C = \frac{\# \text{ puntaje obtenido}}{\text{Puntaje total optimo}} \times 100$	Razón
			VSM	$\text{Tack time} = \frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo requerido}} \times 100$	

<b>Productividad</b>	<p>La productividad es el nivel de producción en relación con la entrada de recursos. Las unidades producidas, los componentes vendidos y los ingresos son ejemplos de producción, mientras que el número de empleados, el tiempo total de trabajo, la maquinaria utilizada, etc. son ejemplos de insumos (Gutiérrez 2016).</p>	<p>La productividad términos de materia prima y mano de obra es mejorar los resultados mediante el uso eficaz de los recursos.</p>	<p>Producti vidad de la mano de obra</p>	$\frac{N^{\circ} \text{ requerimeintos atendidos}}{\text{Horas hombre}} \times 100$	<p>Razón</p>
			<p>Producti vidad de la materia prima</p>	$\frac{N^{\circ} \text{ requerimientos atendidos}}{\text{Materia prima}} \times 100$	

Nota. Elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

.Mancilla (2021) tuvo como principal objetivo desarrollar una propuesta bajo los principios del Lean Manufacturing con el objetivo de reducir los retrasos en la fabricación y los problemas de control de calidad de los congeladores industriales de la empresa colombiana. El estudio utilizó un enfoque híbrido experimental-descriptivo-transdisciplinar. Se utilizaron métodos cualitativos y cuantitativos, como entrevistas, encuestas y análisis de bases de datos. Los resultados revelaron incoherencias en las estaciones de trabajo, la falta de capacitaciones, la falta de áreas demarcadas, la ausencia de zonas de almacenamiento, como los principales problemas que afectan la organización. Se seleccionó a las herramientas SMED y las 5 “S” como herramientas de mejora. Se concluyó que la investigación es viable en base al análisis económico realizado donde se podrá soportar el cálculo del valor presente para cada período, obteniendo una ganancia del 13% en cada uno, resultando en un valor total de \$ 46.297.865 después de seis meses. El análisis de este plan tendrá una influencia benéfica significativa en la productividad y competitividad futuras.

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.2. Antecedente Nacional**

Cuadros y Salinas (2020) tuvieron como objetivo principal, aplicar las técnicas del Lean Manufacturing en los procesos productivos de fabricación de cubos de hielo para incrementar la productividad. Este tipo de estudio se utilizó a nivel explicativo, transversal y el diseño fue experimental, ya que se examinó el efecto de las herramientas antes y después de su implantación. Para determinar qué obstaculizaba la producción, se utilizaron métodos de ingeniería tales como los análisis de los cinco porqués, diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto, esto para determinar qué problemas perjudicaban a la empresa. Por su parte, la población estuvo conformada por 2 líneas de producción, una para la producción de cubos de hielo y la otra por la producción de agua. La muestra corresponde al área de producción de los cubos de hielo, debido a que es el producto estrella y con mayor capacidad de producción. El estudio fue basado en 2 criterios relacionadas con la productividad: el tiempo del ciclo de producción, que se redujo en un 19,23%; los kilogramos rechazados, que se redujeron en un 93,81%; los kilogramos de cubitos de hielo rechazados, que se redujeron en un 19,23%; y las horas de avería de la máquina, que se



redujeron en un 85,04% para aumentar la productividad. La investigación encontró que el uso de la metodología Lean Manufacturing y la aplicación de los criterios 5'S y TPM aumentó la productividad en un 42,11%.

Albornoz y Machuca (2021) propusieron el objetivo declarado del estudio era determinar si la producción de ropa de cama podría aumentar adoptando prácticas de "fabricación ajustada". Se utilizaron mapas de flujo de valor, estudios de trabajo y simulaciones Arena para recopilar datos para la investigación, que luego se analizaron utilizando los criterios del enfoque Lean. Esta investigación utiliza un enfoque explicativo, cuantitativo y cuasi-experimental para evaluar el impacto de la aplicación de los principios de Lean Manufacturing en la productividad de una línea de producción de ropa de cama. Las instalaciones se reorganizaron para facilitar un flujo de producción más fluido, y se introdujeron nuevas prácticas, como las 5S y el autoservicio de mantenimiento de equipos, como consecuencia directa de la aplicación de los principios de la metodología lean. Por último, los datos demuestran que la productividad de la industria de fabricación de ropa de cama aumentó un 37% tras adoptar las prácticas de fabricación ajustada

### **2.1.3. Antecedente Regional**

Vilchez (2020) tuvo como propósito de estudio crear y aplicar el enfoque de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el sector manufacturero de Industrias APM S.R.L. El estudio es a nivel aplicado-descriptivo ya que no se alteran directamente las variables, sino que se han observado las circunstancias existentes para adquirir los datos necesarios que permitan identificar el comportamiento de dichas variables. Se organizaron los datos y se elaboraron dos diagramas de Ishikawa del proceso de los productos para cuantificar el consumo de materias primas en cada fase de la producción. Posteriormente, se implantaron las siguientes técnicas: 5S, Kanban, Line Balance, TPM (Total Productive Maintenance) y VSM (Value Stream Mapping) para optimizar los procesos y aumentar la productividad. Por su parte, el VSM fue empleado para promover la dirección de los procesos, donde se ilustra la diferencia en los periodos de producción (reducción de tiempo) con un Tiempo de Valor Añadido estimado de 327 minutos y un Tiempo sin Valor Añadido de 11 minutos. El costo de aplicación fue de S/. 59,827.50, el VAN es de S/. 70,664.75, la TIR es de 48% y B/C es de S/.1.18. En conclusión, las mejoras sugeridas conducirán en mejorías y resultarán en una ventaja competitiva para la organización.

Ocola (2022) tuvo como propósito principal investigar cómo el uso de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia del área de procesos de la organización AMI Servicios SAC en

Arequipa en el año 2021. El diseño elegido para la técnica es cuasi experimental, aplicado y cuantitativo. La población y la muestra estuvieron representadas por el número de pedidos registrados y procesados, durante once semanas que duró la investigación. Se recurrió a la observación y a la revisión de documentos para recopilar datos sobre los tres meses anteriores. Los especialistas verificaron los 5'S y los formularios de análisis de productividad que se emplearon. Toda la información obtenida antes y después de la aplicación se procesaron mediante el software SPSS v.25 y Excel 2018. Después de analizar los datos, se identificó una mejora en la productividad del 36% al 77%, por lo que se mejoró la productividad del área de procesos en AMI.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Lean Manufacturing**

Socconini (2019) lo define como el proceso continuo y metódico de encontrar y deshacerse de todo lo que es innecesario o superfluo para la actividad en cuestión. Equipos de personas bien organizadas y formadas llevan a cabo esta técnica de eliminación. Debemos reconocer que la fabricación ajustada es el impulso incesante para desarrollar empresas más eficaces, creativas y eficientes. El valor de la técnica reside en su capacidad para descubrir continuamente posibilidades ocultas de desarrollo en cualquier organización, ya que siempre habrá residuos. Se trata de construir un modo de vida en el que se reconozca que los residuos existen, encontrarlos y eliminarlos, siempre será tarea de quienes estén dispuestos a localizarlos y erradicarlos.

Por su parte Manzano y Gisbert (2016) mencionaron que en un contexto industrial, se refiere a la agilidad y la adaptabilidad. John Krafcik fue el primero en utilizar esta expresión para describir la fabricación ajustada, ya que observó que se necesitaban menos recursos que en la producción tradicional. La fabricación ajustada es una estrategia de gestión centrada en crear bienes y servicios en función de la demanda, garantizar la calidad de sus productos y hacerlo de la forma más rápida y económica posible.

Esta estrategia es importante, ya que concentra el flujo de valor en la forma de captar clientes. Este sistema tiene varias ventajas y puede garantizar la supervivencia de muchas empresas a medio y largo plazo. Los beneficios del pensamiento ajustado incluyen, entre otros, una mayor productividad, una mejor calidad, un aumento de las ventas y una mejora del valor de la empresa. Se trata de una cultura empresarial flexible y abierta a la mejora constante que implica entregar lo que se desea con la cantidad y la calidad ideales,

minimizando al mismo tiempo el despilfarro. En resumen, se subdividen en dos frases la perspectiva de la estrategia Lean Manufacturing sobre el conjunto de la organización, diríamos que se trata de una cultura de empresa flexible y abierta a la mejora continua, que implica conseguir lo que se desea con la cantidad y la calidad ideales y con la menor cantidad de residuos (Manzano y Gisbert, 2016).

## Herramientas

**Value Stream Mapping:** Se trata de una herramienta visual de Lean Manufacturing centrada en la visualización y comprensión de un proceso y en la detección de sus despilfarros con el fin de obtener una ventaja competitiva y prevenir las averías del proceso. Además, permite crear un lenguaje uniforme dentro de la organización para mejorar los procedimientos y la eficacia humana. Con el desarrollo de una cadena de valor, se puede determinar el orden de los procesos que tienen mayor influencia en el cliente, es decir, los de mayor valor (Villalobos et al., 2016).

**Diagrama Ishikawa:** Se utilizan después de que se haya reconocido un problema y se requiera investigar las razones subyacentes de la aberrante circunstancia. Cada problema, independientemente de su complejidad, está causado por elementos que contribuyen en diversos grados. Estos elementos pueden estar conectados entre sí y con el efecto investigado. Un diagrama de causa y efecto puede ayudarle a averiguar qué factores han contribuido a un problema. La principal ventaja es que ayuda a ver las muchas causas y consecuencias interconectadas, lo que a su vez facilita profundizar y averiguar la importancia de cada una de ellas (Villalobos, et al., 2016).

**5S:** Es una herramienta japonesa que se implantó por primera vez en los años 60; su principal objetivo es mejorar la organización y limpieza de una empresa, así como mejorar el ambiente de trabajo proporcionando seguridad y mejorando las condiciones de trabajo; dejando a un lado su función estética, su principal objetivo es la implantación de una nueva cultura de trabajo y posicionarse como líder empresarial. Clasificar, Ordenar, Limpiar, Normalizar y Disciplinar son las 5s (Sócola et al., 2020).

**Heijunka:** Es una técnica de fabricación ajustada que optimiza la logística y el orden de producción de una empresa. Es un término japonés cuyo significado en inglés es "transformación a nivel plano". Su objetivo principal es eliminar las disparidades en la carga de trabajo mediante una producción eficaz y coherente. Debe aplicarse utilizando un

conjunto de instrumentos que, combinados, hagan factible un flujo constante y nivelado basado en la demanda real (ESAN, 2019).

**Kanban:** Es una conocida estrategia de gestión de flujos de trabajo Lean para establecer, gestionar y optimizar los servicios de trabajo del conocimiento. Ayuda a visualizar el trabajo, maximizar la productividad y la mejora continua. Los tableros Kanban representan el trabajo, lo que le permite maximizar las entregas a través de muchos equipos y gestionar incluso los proyectos más complicados en un único entorno.

### **2.2.2. Productividad**

Dado que la productividad está vinculada a las acciones de los trabajadores, puede medirse en términos de esfuerzo humano más que de superioridad tecnológica. Para verlo de otro modo, la productividad es un indicador clave que debe comprobarse periódicamente para ver cómo le afectan los cambios (Juez, 2020).

Según Gutiérrez (2016), la productividad es una estadística de proceso que compara la producción con los insumos para calcular el rendimiento, o la cantidad de bienes y servicios producidos. Se necesitan ideas nuevas y variadas para acomodar la comprensión actual de la fabricación. En lugar de depender de una producción sin errores o de unos minutos diarios estrictamente regulados, la productividad debe basarse en aspectos como la flexibilidad, la creatividad, la creación de valor, el trabajo en equipo y la comunicación. Cuando se trata de aumentar la producción, es más importante dar prioridad a la creatividad, la adaptabilidad, la cooperación y la creación de valor que micro gestionar cada aspecto de la jornada laboral.

También evaluamos las conclusiones de (Juez, 2020), que distingue entre dos métodos de evaluación de la productividad: la productividad total y la productividad segmentada. La evaluación global de la productividad tiene en cuenta todos los factores que intervienen en la fabricación de algo o en el suministro de algo. Pero la productividad parcial sólo tiene en cuenta algunos de estos aspectos a la hora de obtener una cifra de producción global. A la hora de determinar la producción por unidad de insumo, este método sólo tiene en cuenta un subconjunto de los recursos utilizados.

## Expresiones de la productividad

**a) Productividad parcial y productividad total:** La producción total se divide por la productividad de un insumo para obtener la productividad parcial del sistema (input).

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

La productividad total es una medida para evaluar la capacidad de una empresa o economía para generar más producción a la luz de los recursos existentes. Se calcula la relación entre la producción y los insumos como la mano de obra, el capital y las materias primas. Por su parte, la productividad global tiene en cuenta todos los recursos (inputs) utilizados por el sistema, o la proporción entre la producción y el total de inputs (Carro y Gonzáles, 2018).

$$Productividad Total = \frac{Salida Total}{Entrada Total}$$

$$Productividad = \frac{Sericios y bienes producidos}{Mano de bra + Capital + Materia Prima + Otros}$$

**b) Productividad valorizada y productividad física:** La productividad física de un input es la relación entre la cantidad física del output del sistema y la cantidad de ese input necesaria para producir ese output, o la cantidad del input necesaria para producir el output, o la cantidad del output del sistema. Alternativamente, la cantidad de output por unidad de uno de los inputs. La producción puede expresarse en toneladas, metros, metros cuadrados y unidades, mientras que el insumo puede expresarse en horas-hombre, horas-máquina y kilovatios-hora, entre otras unidades. La productividad valorada es idéntica a la productividad estándar, salvo que la producción se monetiza. Los técnicos utilizan más a menudo la productividad física porque ofrece datos más precisos. Los economistas utilizan la productividad valorada en comparaciones macroeconómicas o cuando los cambios en los precios relativos requieren una consideración particular (Carro y Gonzáles, 2018).

**c) Productividad marginal y productividad promedio:** La productividad marginal se refiere al cambio adicional en la producción que se obtiene al aumentar una unidad adicional de un factor de producción específico, manteniendo constantes los demás factores de producción. Es una medida que evalúa el impacto adicional que tiene la utilización de un recurso adicional en la producción total de bienes o servicios. La productividad marginal puede ser positiva cuando el recurso adicional aumenta la producción, negativa cuando disminuye la producción o cero cuando no hay cambios en la producción al agregar una unidad adicional del factor de producción. Es un concepto

importante en la toma de decisiones empresariales y en la optimización de recursos (Carro y Gonzáles, 2018).

**d) Productividad neta y productividad bruta:** Examinar el concepto de productividad siempre lleva al reto de gestionar los insumos (fertilizantes, pesticidas, semillas, etc. en las empresas agrícolas y ganaderas, o componentes y servicios comprados en las empresas industriales). Es posible contabilizarlos como productos e insumos, o ignorarlos por completo. Así pues, el valor de la producción puede ser bruto o neto. La productividad bruta se define como la relación entre el valor de los insumos (o un conjunto de insumos), incluido el valor de cada insumo, y el valor de la producción (que incluye todos los insumos). La principal ventaja de utilizar este enfoque para calcular la productividad es que facilita la medición del índice. El valor de un insumo que queda después de eliminar el valor de otros insumos se conoce como su productividad neta. En el numerador y el denominador del índice faltan determinados valores. Esta medida de la eficiencia global también se conoce como índice de valor añadido (Carro y Gonzáles, 2018).

### **Factores de la productividad**

El autor Poma (2018) reconoce tres factores como vitales para aumentar la productividad: la mano de obra, que afecta a cerca del 10% del crecimiento anual; el capital, que aporta aproximadamente el 38% del crecimiento anual; y la ciencia de la gestión, que potencia casi el 52% de la ganancia anual.

- Mano de obra: Una mano de obra mejorada en términos de salud, educación y entusiasmo es la fuerza motriz de la contribución de la mano de obra a la producción. A menudo se ha atribuido al aumento de la calidad del empleo alrededor del 10% del crecimiento anual de la producción (Poma, 2018).
- Capital: Es de esperar un descenso de la producción cuando caen los gastos de capital por trabajador. Aunque la sustitución de capital por mano de obra podría reducir temporalmente el desempleo, la contrapartida es un menor crecimiento del PIB (Poma, 2018).
- La gestión: La gestión es tanto un factor como una fuente de crecimiento económico, ya que supervisa el uso más productivo de recursos escasos como la mano de obra humana y el capital material. La utilización de la tecnología y la aplicación de los conocimientos por parte de los directivos representan más de la mitad del aumento anual de la productividad (Poma, 2018).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Costos**

El término "coste" se refiere al valor monetario asignado al consumo de los "factores de producción" de un producto durante su fabricación (Sánchez, 2022).

### **2.3.2. Eficacia**

Para ser eficaz, uno debe dar sólo los pasos absolutamente imprescindibles para alcanzar su objetivo. El término "eficaz" no especifica cómo se alcanza el objetivo (López et al., 2021).

### **2.3.3. Eficiencia**

La capacidad de completar una tarea en el menor tiempo posible y con el menor número de recursos disponibles se denomina ingenio (López et al., 2021).

### **2.3.4. Lean**

Filosofía de gestión basada en las prácticas del Sistema de Producción Toyota. Lean pretende satisfacer las expectativas y necesidades del cliente con el mínimo de recursos, eliminando continuamente el despilfarro, las variaciones y la inflexibilidad (Socconini, 2019).

### **2.3.5. 5S**

Clasificación, Orden, Limpieza, Normalización y Disciplina son los cinco pilares en torno a los que se articula la metodología de las 5S (una herramienta de gestión japonesa). Al igual que otros enfoques de mejora, el de las 5S repercute en la gestión empresarial porque ayuda a prevenir las crisis y a preparar la gestión, y porque fomenta un lugar de trabajo optimista y productivo (Manzano y Gisbert, 2016).

### **2.3.6. Materia Prima**

Las materias primas son la base de toda industria y constituyen la espina dorsal de cualquier producto que, en última instancia, se vende al público a cambio de dinero (Socconini, 2019).

### **2.3.7. Mano de Obra**

El trabajo, en este contexto, se refiere al esfuerzo mental y físico de un empleado a cambio de una remuneración. Toda empresa depende de su personal para llevar a cabo sus actividades empresariales (Canales, 2020).

### **2.3.8. Tiempo de ciclo**

El tiempo de ciclo es la cantidad total de tiempo necesario para completar el procesamiento de un elemento individual, y se calcula como la suma de todos los tiempos de los procesos que componen un producto o servicio (Nievel, 2009, p. 561)

### **2.3.9. Takt time**

El Takt Time se define como la velocidad a la que cada proceso debe operar, asegurando que se ajuste a los requisitos o pedidos del cliente. Este concepto implica la sincronización precisa del ritmo de producción con el ritmo de las ventas, garantizando que la fabricación de productos se realice de manera eficiente y alineada con la demanda del mercado (Cabrera, s.f, p. 14).

### **2.3.10. Lead time**

El lead time se refiere al período de tiempo necesario para que una pieza o producto recorra toda su trayectoria a través de un proceso o cadena de valor, desde el punto de inicio hasta la conclusión. Es una medida que abarca el tiempo total que lleva producir un artículo, incluyendo todas las etapas y actividades involucradas en su fabricación (Cabrera, s.f, p. 13).

### **2.3.11. Porcentaje de Tiempo de Valor Agregado**

El % TVA, o porcentaje del tiempo de valor agregado, se refiere al tiempo dedicado específicamente a las horas de producción destinadas a transformar un producto de manera que sea percibido por el cliente como valioso y esté dispuesto a pagar por él (Cabrera, s.f, p. 13).



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance**

##### **3.1.1. Método de investigación**

El método utilizado es el método científico, ya que la ruta a seguir se basa en el desarrollo de una secuencia de operaciones y reglas predeterminadas que permiten la consecución de un resultado o meta. Se examinará y sistematizará un conjunto de incógnitas de carácter hipotético-deductivo mediante el pensamiento reflexivo.

Por su parte, Sánchez et al. (2018) explicaron que la técnica deductiva consiste en derivar razonamientos lógicos a partir de afirmaciones presentadas previamente; en síntesis, este método procede de la causa al efecto, de lo general a lo específico; es prospectivo y teórico; y demuestra su validez utilizando datos numéricos precisos.

##### **3.1.2. Alcance de investigación**

###### **3.1.2.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es aplicada, ya que hace uso de información ya conocida para efectuar un cambio en un contexto específico, a saber, la aplicación de los fundamentos y herramientas de la metodología Lean Manufacturing para impulsar la productividad en una empresa metalmeccánica (Sampieri y Fernández, 2014).

#### **3.2. Diseño de investigación**

Según Hernández y Mendoza (2018) un diseño preexperimental es el estudio de caso único, donde un grupo se somete a un tratamiento o condición, y posteriormente se evalúa para determinar cualquier efecto, sin contar con un grupo de control para realizar comparaciones. Debido a que se implementó el enfoque de Lean Manufacturing y se midieron los resultados en una organización industrial metalmeccánica, esta investigación contará con un diseño preexperimental.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **3.3.1. Población**

Hernández y Duana (2020) conceptualizaron a la población como la agrupación de fenómenos que se investigan, por lo que los componentes de la población comparten el atributo que se analiza y sirven como fundamento para los datos del estudio. Para el presente estudio, la población estará formada por la producción total de chaquetas

metálicas en la compañía metalmecánica, durante los periodos comprendidos entre enero del 2022 hasta diciembre del 2022.

### 3.3.2. Muestra

Condori (2020) identificó la muestra como una investigación de un subconjunto o segmento del cosmos o de la población. En el presente estudio, estará formada por la producción total de chaquetas metálicas en la compañía metalmecánica, durante los periodos comprendidos entre enero del 2022 hasta diciembre del 2022. Siendo una muestra censal, puesto que es igual a población. Se optó por ello, debido a que la producción aproximada por mes de una chaqueta metálica es de una unidad. Con el objetivo de trabajar con datos más confiables de los tiempos de producción, se optó por trabajar con la data de 12 meses.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se desarrolló un cuestionario como principal técnica de recolección de información, el cual fue validado por un ingeniero industrial. A continuación, se muestra los instrumentos, técnicas y su aplicación en la recolección de información para la investigación.

**Tabla 2.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	APLICACIÓN
Observación	Observación de campo experimental	de no Esta observación se desarrollará a las áreas de almacén y producción
Información documentada	Registro de información	de Se presentará un registro de información sobre los registros de producción.

*Nota.* Elaboración propia.

#### 3.4.1 Técnicas de recolección de datos

El término "técnicas de recogida de datos" se utiliza para describir los procesos y procedimientos que se ponen en marcha con el fin de reunir la información necesaria para un estudio o investigación. Mediante estos métodos se puede recopilar información fidedigna para utilizarla en el análisis y la deliberación. A continuación, se ofrecen algunas definiciones de métodos de recopilación de datos utilizados con frecuencia:

Observación: Los datos se recopilan a partir de la observación directa de individuos, acontecimientos o fenómenos. El investigador puede adoptar un papel activo o pasivo, conocido como "participante" o "no participante", respectivamente.

Información de documentos: Esta técnica involucra la recopilación y el análisis de datos a partir de documentos existentes, como informes, registros, archivos históricos o publicaciones. Los datos pueden obtenerse mediante la revisión y extracción de información relevante de estos documentos.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Las herramientas utilizadas para recabar información para un estudio se denominan "instrumentos de recogida de datos". La recopilación estructurada y sistemática de datos se consigue mediante el uso de diversos instrumentos, que pueden variar en función de la naturaleza de la información que se desee recabar. A continuación, se ofrecen algunas definiciones de métodos de recogida de datos utilizados con frecuencia:

Herramientas de observación: Estas herramientas se utilizan para recopilar datos a través de la observación directa de personas, eventos o fenómenos. Pueden incluir listas de verificación, escalas de calificación o sistemas de categorización que guían la recopilación de datos observacionales.

Registros de información: Los registros y formularios son instrumentos utilizados para recopilar datos de fuentes existentes o registros de eventos. Pueden incluir registros médicos, formularios de solicitud, registros de asistencia, registros financieros, entre otros.

### **3.5 Instrumentos de análisis de datos**

El término "herramientas de análisis de datos" engloba el hardware y el software utilizados en el proceso de la ciencia de datos, desde la recogida inicial de datos hasta su procesamiento, visualización e interpretación. Estos métodos y programas son esenciales para el estudio del análisis de datos y la toma de decisiones bien informadas en muchos campos y sectores diferentes.

A continuación, se ofrece un glosario de algunas de las herramientas más habituales en el análisis de datos:

Hojas de cálculo: Los datos tabulares pueden organizarse, calcularse y analizarse fácilmente con la ayuda de programas de hojas de cálculo como Microsoft Excel y Google Sheets. Están equipados con funciones básicas de gráficos y visualización, así como operaciones matemáticas y estadísticas.

Software de análisis estadístico: Estos son programas especializados diseñados para realizar análisis estadísticos en conjuntos de datos. Ejemplos populares incluyen SPSS y SAS. Estos programas proporcionan acceso a una amplia variedad de métodos estadísticos, desde el simple análisis descriptivo hasta modelos complejos como la regresión, el ANOVA y el análisis de series temporales.

Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Causa y Efecto): Además de las herramientas mencionadas anteriormente, en mi tesis también empleé el Diagrama de Ishikawa para abordar cuestiones relacionadas con la calidad y la mejora de procesos. Este diagrama me ayudó a identificar y visualizar las posibles causas de problemas específicos en el proceso de fabricación, permitiéndome abordar estas causas de manera sistemática y tomar decisiones basadas en datos sólidos.

Diagrama de Operación de Proceso (DOP): Asimismo, en el contexto de la optimización de procesos en una empresa metal-mecánica, utilicé el Diagrama de Operación de Proceso (DOP) para visualizar y comprender el flujo y las interacciones de las actividades en el proceso de fabricación. Esto fue fundamental para identificar áreas de mejora y diseñar estrategias efectivas para aumentar la eficiencia y la productividad en la planta de fabricación.

## **CAPÍTULO IV**

### **DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS**

#### **4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información**

##### **4.1.1. Descripción de la empresa**

###### **Visión**

"Ser una empresa especializada en mantenimiento e ingeniería en el mercado peruano, brindando seguridad y calidad que sean reconocidas por nuestros clientes, en beneficio de nuestra comunidad y nuestros accionistas."

###### **Misión**

"Brindar servicios que superen las expectativas de nuestros consumidores, asegurando calidad, eficiencia, responsabilidad y precios competitivos en un ambiente sano y seguro, velando además por la satisfacción y bienestar de nuestros colaboradores y accionistas."

###### **Política de calidad**

"Nuestra política es superar las expectativas de nuestros clientes mejorando perpetuamente la calidad de nuestros servicios, procesos y productos. Nuestro Sistema de Gestión de Calidad se basa en la premisa de que la calidad es un esfuerzo de equipo, en el que cada empleado es responsable de instituir la mejora de la calidad"

La empresa metalmecánica se ha comprometido consigo misma y con sus clientes a proporcionar productos y servicios de la máxima calidad en términos de seguridad, fiabilidad y puntualidad, manteniendo al mismo tiempo altos niveles de eficacia y eficiencia. Para cumplir con este compromiso contamos con personal cualificado, tecnología adecuada y un alto nivel de eficiencia y eficacia.

###### **Servicios**

- **Reparación estructural**

Se reparan estructuralmente componentes pesados, menores y auxiliares de equipos de minería de P&H, CAT, Komatsu, Bucyrus, Hitachi, Liebherr, John Deere, Hensley y Volvo.

- ✓ Palas (revisión)
- ✓ Tolvas sobre camión
- ✓ Perforadoras
- ✓ Excavadoras sobre orugas y sobre ruedas

- **Mantenimiento mecánico**

Montaje y desmontaje de componentes de equipos pesados de minas y plantas concentradoras mediante servicios de mantenimiento preventivo y correctivo.

- ✓ Excavadoras y camiones
- ✓ Refrentado y Mecanizado
- ✓ Equipos de trituración de la planta concentradora
- ✓ Cables de transporte

- **Ingeniería y construcción**

Aplicación de la ingeniería de detalle y de taller en la construcción de mega estructuras para diversos campos, incluidos proyectos, plantas concentradoras y minas.

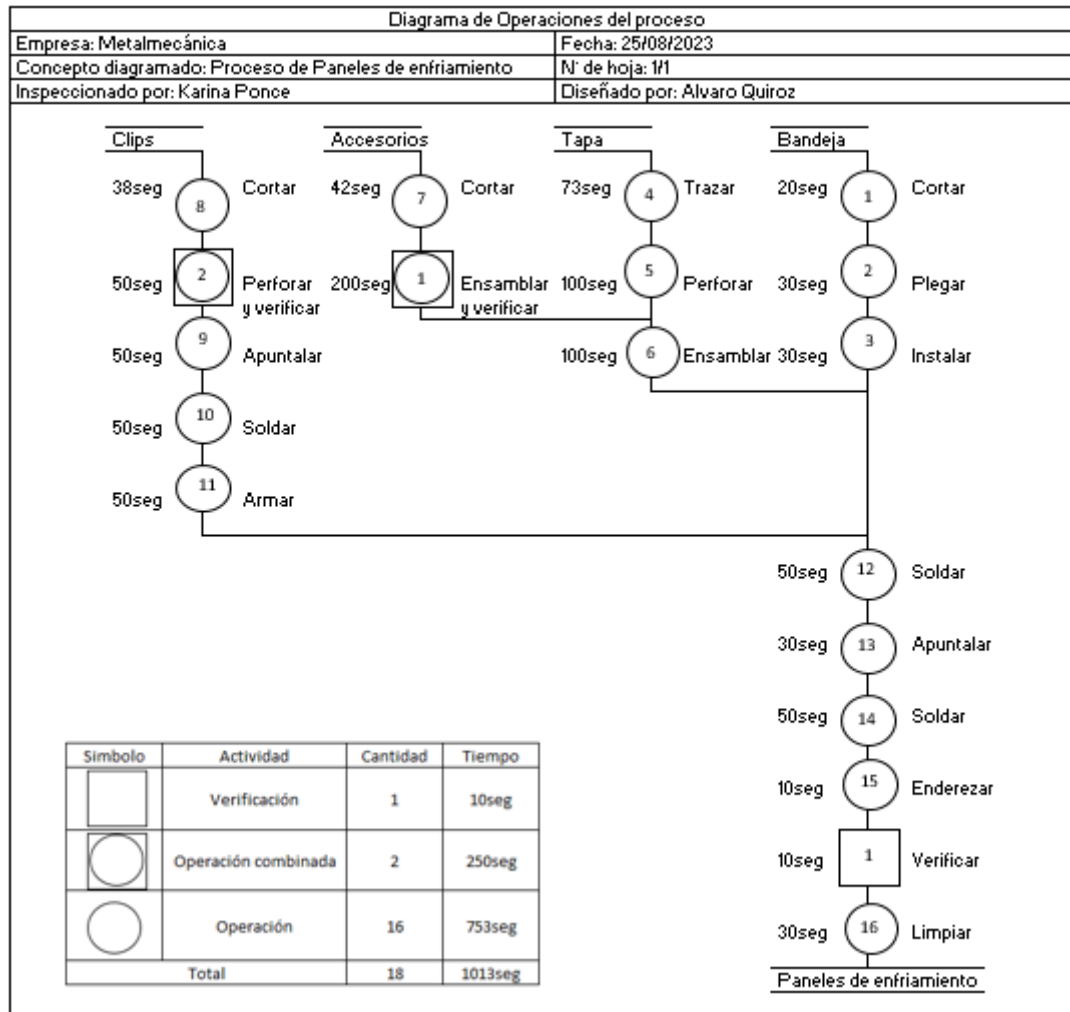
- ✓ Ingeniería de detalle
- ✓ Ingeniería de taller
- ✓ Desarrollo de mega estructuras
- ✓ Construcción y varios

- **Mercancía anti desgaste**

Equipos de mantenimiento de plantas concentradoras y minas diseñados con productos y soluciones anti desgaste para aumentar la durabilidad y la resistencia a la abrasión.

- ✓ Chapas y barras de 400 y 500 BHN
- ✓ Chapas bimetálicas
- ✓ Adórnese con botones y barras Chocky.
- ✓ Placas de Ni-Hard y carburo de cromo

- **Proceso productivo de chaquetas**



**Figura 1. Diagrama de operaciones**

#### 4.1.2. Problemática

Se empleó la guía de revisión documental para el estudio de los principales problemas en la producción de chaquetas metálicas en la empresa metalmecánica, durante los periodos comprendidos entre enero del 2022 hasta diciembre del 2022.

En la Figura 2 se evidencia los problemas principales identificados en las visitas a la organización y en base a las entrevistas a los jefes, supervisores, asistentes y operarios.

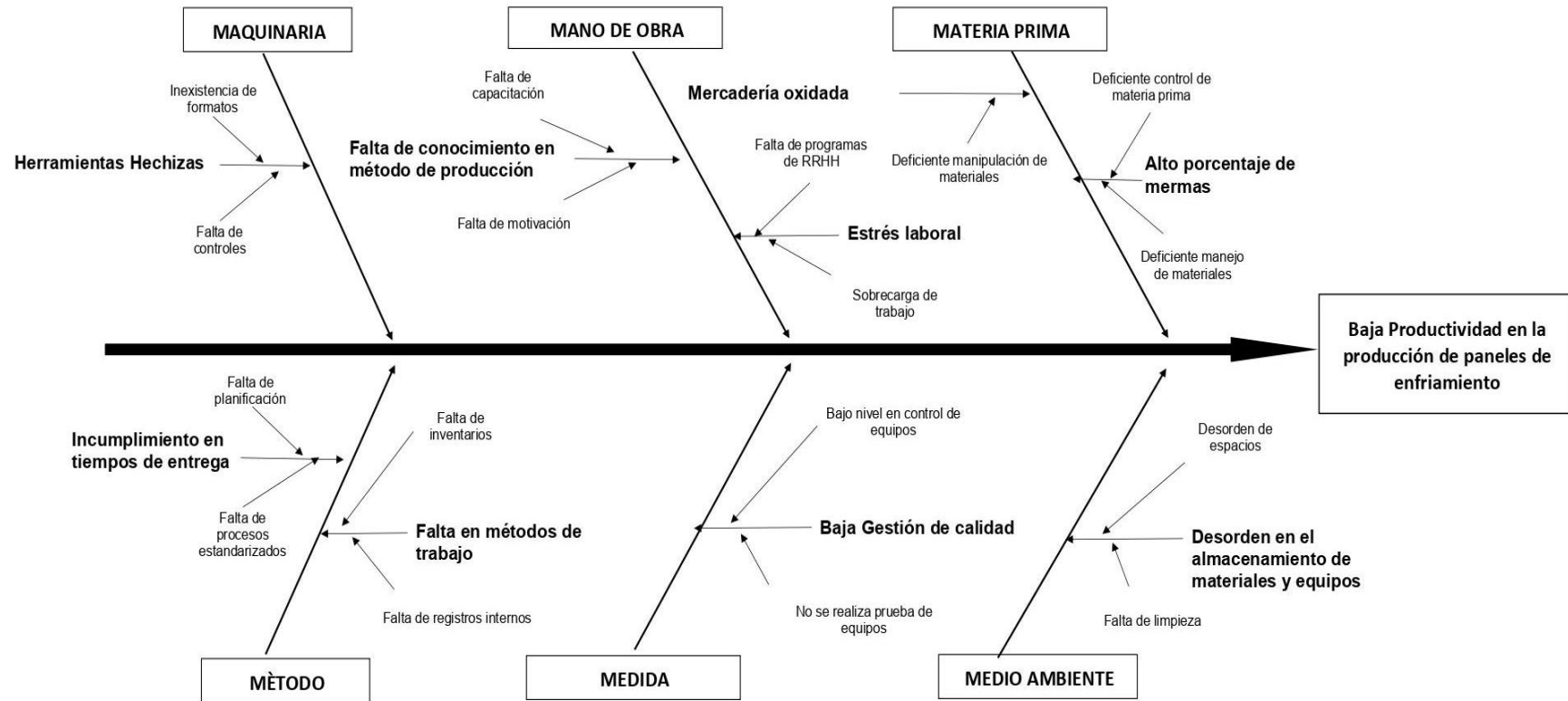


Figura 2. Diagrama Ishikawa. Extraído de la empresa metalmecánica



A continuación, se muestra el cálculo de la productividad de la mano de obra utilizada, no en función del producto final, que es la fabricación de una chaqueta metálica, sino en función del total de kilogramos procesados. Además, se presenta el número de horas-hombre necesarias para llevar a cabo cada uno de los tres procesos que componen la fabricación de una chaqueta metálica. Cabe resaltar que los datos fueron obtenidos del MRP de la empresa, el cual realiza un seguimiento tanto de las horas-hombre utilizadas para la fabricación de este producto, para realizar los pagos correspondientes, como de la cantidad de material que se utiliza en la fabricación de chaquetas metálicas. Los datos de la Tabla 3 representan los promedios obtenidos en un periodo de treinta días, según indica la población y muestra de la presente investigación.

**Tabla 3.** *Productividad actual de la fabricación de una chaqueta*

<b>Procesos</b>	<b>kg</b>	<b>Cantidad de horas</b>	<b>Cantidad de operarios</b>	<b>Cantidad de horas PMO (kg/h-h) totales</b>	
Habilitado de material de bandeja	1810	12	4	48	37.71
Pre ensamblado	1855	43	4	172	10.78
Ensamblado	1900	44	4	176	10.80
<b>TOTAL</b>	<b>5565</b>	<b>99</b>	<b>4</b>	<b>396</b>	<b>14.05</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 3 se observa que la productividad de mano obra en la construcción de una chaqueta es de 14.05 kg/h-h. Este dato se determina en función de la cantidad de operarios, horas trabajadas y los kilogramos producidos.

A continuación, se muestra el cálculo de la mano en obra en función al producto final.

$$Productividad = \frac{N^{\circ} \text{ de requerimientos atendidos}}{\text{Mano de obra}} * 100\%$$

$$Productividad = \frac{1 \text{ chaqueta}}{369 \text{ horas}} * 100 = 0.27\%$$

Se concluye que la productividad de mano de obra es igual a 0.27%.

### **Cálculo de la productividad de materia prima pre evaluación**

A continuación, se muestra el cálculo de la materia prima en función al producto final.

$$Productividad = \frac{N^{\circ} \text{ de requerimientos atendidos}}{\text{Materia prima}}$$

$$Productividad = \frac{1425}{1900 \text{ kg}} * 100\% = 75\%$$

La productividad de la materia prima es igual a 75%.

Con todos los datos actualizados tanto de mano de obra como de materia prima después de la adopción de la 5S, se volvió a calcular el tiempo de ciclo, %VA, lead time y, finalmente, el takt time.

### **4.1.3. Identificar herramientas de la metodología Lean Manufacturing**

En la tabla 4 se describe las herramientas y técnicas comúnmente utilizadas para solucionar problemáticas relacionadas en el área de almacén aplicando la metodología Lean Manufacturing (VSM, 5s, SMED, Poka yoke y Kanban).

**Tabla 4.** *Matriz cruzada para selección de herramienta*

<b>MATRIZ CRUZADA ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS</b>						
<b>Problemas identificados</b>	<b>Área de aplicación</b>	<b>de</b>	<b>Técnica o herramienta de solución</b>			
			<b>VSM</b>	<b>5S</b>	<b>SMED</b>	<b>POKAYOKE KANBAN</b>
1	Bajo nivel de control de equipos	de Almacén- de producción	X			

2	No existe Almacén de producción		X	X	X	
3	No existe Almacén de producción estandarizados	-	X	X	X	X
4	Falta de criterio para organización de productos	-		X		
5	Falta de orden y limpieza	-		X		
6	Falta de sectorización del área	-		X		
7	Falta de fichas de registros	-	X	X		X
8	Falta de análisis de información	-	X			
9	Productos en mal estado y caducados	-		X		
10	Falta de layout de distribución	-		X		
11	Falta de motivación en el área	-		X		
12	Falta de comunicación	-		X	X	

13	Falta de Almacén	-	X	X	X		
	Capacitación producción						
14	Sobrecarga de Almacén	-	X	X			
	trabajo producción						
15	Bloqueo del libre Almacén	-		X			
	tránsito producción						
<b>INCIDENCIAS</b>			<b>7</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En función a la Tabla 4, utilizando una matriz cruzada entre los problemas identificados y los instrumentos de Lean Manufacturing identificados, se procedió a seleccionar los instrumentos lean utilizando una puntuación basada en los criterios de los problemas a resolver. Siendo el VSM y las 5'S, los instrumentos de lean Manufacturing desarrollados como resultado de esta investigación.

### **Desarrollo de la evaluación actual de la empresa con el VSM**

Para el desarrollo y diseño de la herramienta más conocida como Flujo de Valor o también llamada Value Stream Mapping, se calcularon los datos fundamentales para el diseño de esta herramienta. Estos incluyen el tiempo de ciclo, %VA, lead time y, finalmente, el takt time.

En la Tabla 5 se determinó el tiempo de ciclo, el cual representa la suma de todos los tiempos de procesamiento de un elemento individual; en este caso, serían los tiempos de procesamiento de un kilogramo. Este tiempo de ciclo es de 763 segundos/kg.

**Tabla 5. Cálculo del tiempo de ciclo – Estado actual**

<b>Procesos</b>	<b>Total Kg</b>	<b>Total horas</b>	<b>Tiempo de ciclo (seg /kg)</b>
Habilitado de material	1810	48	95
Pre - Ensamblado	1855	172	334
Ensamblado	1900	176	333
<b>TIEMPO DE CICLO TOTAL</b>			<b>763</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 6, se realiza el cálculo del % VA o porcentaje del tiempo de valor agregado, que representa el tiempo dedicado a las horas de producción para transformar el producto de manera que el cliente esté dispuesto a pagar por él. Este porcentaje es del 85%, mientras que el 15% restante corresponde a tiempos improductivos, tales como transportes innecesarios, demoras y duplicidad de actividades, entre otros. Estos tiempos no productivos fueron identificados a partir de la información proporcionada por el jefe de producción, quien suministró el porcentaje promedio de tiempos de valor agregado. En términos prácticos, esto implica que, de las 396 horas hombre totales utilizadas en la fabricación de una chaqueta metálica, solo 336.6 horas representan el tiempo de valor agregado.

**Tabla 6. Cálculo % tiempo de valor agregado– Estado actual**

<b>CÁLCULO DEL % DEL TIEMPO DE VALOR AGREGADO</b>				
<b>Proceso</b>	<b>Horas totales</b>	<b>Porcentaje de Horas improductivas</b>	<b>Tiempo neto disponible</b>	<b>%TVA</b>
<b>Fabricación de una chaqueta</b>	396	15%	336.6	85%

*Nota.* Elaboración propia.

Así mismo, en la Tabla 7 se ha calculado el lead time, el cual refleja el tiempo requerido para que una pieza o producto complete su trayectoria a través de un proceso o cadena de valor, desde el inicio hasta la conclusión. En este contexto, el lead time del proceso de fabricación de una chaqueta se establece en 16.5 días.

**Tabla 7. Cálculo del Lead Time – Estado actual**

<b>CÁLCULO DEL LEAD TIME</b>		
<b>Procesos</b>	<b>Total horas</b>	<b>Total días</b>
Habilitado de material	48	2.0
Pre - Ensamblado	172	7.2
Ensamblado	176	7.3
<b>LEAD TIME</b>		<b>16.5</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Además, en la Tabla 8 se realizaron los cálculos necesarios para establecer el TAKT TIME, que representa la velocidad a la que cada proceso debe operar de acuerdo con los requisitos o pedidos del cliente. Esto implica la necesidad de sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de las ventas. El Takt time del proceso de fabricación de una chaqueta metálica, antes de la implementación, es de 322.11 segundos por kilogramo, indicando que, para cumplir con la entrega al cliente de manera oportuna, es necesario procesar un mínimo de 1 kg en 322.11 segundos. Este cálculo se fundamenta en la demanda diaria de procesamiento o producción, la cual es de 76 kg/día. Asimismo, resulta crucial consignar en esta tabla tanto el scrap como la hora improductiva, cifrados en el 25% y 70 minutos, respectivamente. El scrap representa el porcentaje de materia prima perdida en el proceso de fabricación, (25%) mientras que la hora improductiva constituye el tiempo no agregado de valor el cual es el 15%. En otras palabras, únicamente el 85% del tiempo total de producción se destina al desarrollo de actividades de valor agregado.

**Tabla 8. Cálculo del tak time – Estado actual**

<b>CÁLCULO DEL TAK TIME</b>		
Demanda total mensual	1900	Kg/mes
Demanda diaria (Requerimiento)	76	Kg/día
Días trabajados	25	días/mes
Día de trabajo	480	min/día
Hora improductiva	72	min/día
Tiempo neto disponible	408	min/día
Scrap (Mermas o desperdicio)	25%	%
<b>TAKT TIME (min)</b>	<b>5.4</b>	<b>min/kg</b>
<b>TAKT TIME (seg)</b>	<b>322.11</b>	<b>seg/kg</b>

*Nota.* Elaboración propia.

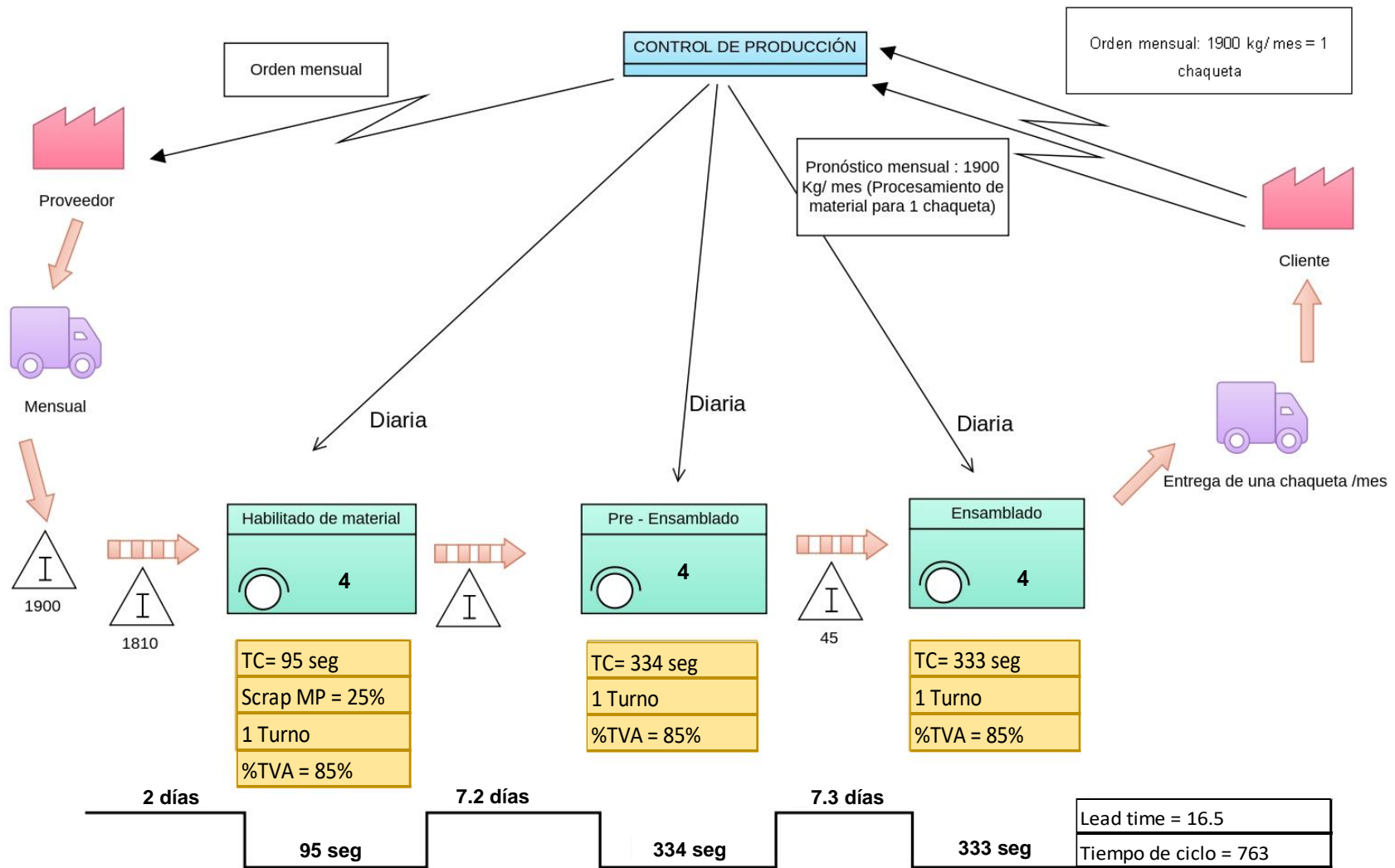
## Aplicación de VSM

A continuación, se presenta la tabla que contiene todos los datos necesarios para la ampliación y desarrollo del Value Stream Mapping. Esta tabla incluye el tiempo ciclo por cada kilogramo, la producción total de kilogramos en cada uno de los procesos, el scrap (porcentaje de materia prima desperdiciada) y el porcentaje de actividades de valor agregado (%VA).

**Tabla 9.** *Análisis de flujo de proceso – Estado actual*

<b>VSM ESTADO ACTUAL</b>	
Atributos generales del proceso	Demanda promedio: 76 kg/día Cantidad de tunos: 1 Disponibilidad: 9 horas por turno con 1 hora de descanso.
1 Habilitado de material de bandeja	Tiempo de ciclo = 95 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos al día =1 Hora de ingreso= 8:00 AM Scrap (Mermas o desperdicios) = 25% %TVA= 85%
2 Pre - Ensamblado	Tiempo de ciclo = 334 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos al día =1 Hora de ingreso= 8:00 AM %TVA= 85%
3 Ensamblado	Tiempo de ciclo = 333 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos al día =1 Hora de ingreso= 8:00 AM %TVA= 85%

*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 3.** VSM del estado actual- Proceso de fabricación de 1 chaqueta



## Resultados de la implementación de la metodología Lean Manufacturing

En la Tabla 10, se puede observar que, durante el proceso de habilitado de material de bandeja, se utilizan 1282.5 kilogramos de materia prima. Es esencial destacar que, aunque en la etapa de preensamblado se procesan 1327.5 kilogramos, no se añade esa cantidad de material. Simplemente, se toman los 1282.5 kilogramos ya procesados en el habilitado de material, y se le añaden 45 kg. Estos 45 kg son la cantidad que los operarios utilizan para realizar la soldadura de todas las piezas habilitadas. Este proceso es similar en la etapa de ensamblado, donde se procesan los 1327 kilogramos del preensamblado, pero solo se añaden 45 kilogramos adicionales de material nuevo para llevar a cabo el proceso final de soldadura.

**Tabla 10.** Productividad de la fabricación de una chaqueta - post implementación

Procesos	kg	Cantidad de horas	Cantidad de operarios	Cantidad de horas PMO (kg/h-h) totales
Habilitado de material de bandeja	1810	8	4	56.56
Pre ensamblado	1855	32	4	14.49
Ensamblado	1900	32	4	14.84
<b>TOTAL</b>	<b>5565</b>	<b>72</b>	<b>4</b>	<b>19.32</b>

Nota. Elaboración propia.

### Cálculo de la productividad de mano de obra post evaluación

A continuación, se muestra el cálculo de la mano en obra en función al producto final.

$$Productividad = \frac{N^{\circ} \text{ de requerimientos atendidos}}{\text{Mano de obra}} * 100\%$$

$$Productividad = \frac{1 \text{ chaqueta}}{288 \text{ horas}} * 100\% = 0.34\%$$

La productividad de mano de obra se incrementó a 0.34%

### **Cálculo de la productividad de materia prima post evaluación**

A continuación, se muestra el cálculo de la materia prima en función al producto final.

$$Productividad = \frac{N^{\circ} \text{ de requerimientos atendidos}}{Materia \text{ prima}} * 100\%$$

$$Productividad = \frac{1520 \text{ kg}}{1900 \text{ kg}} * 100\% = 80\%$$

La productividad de materia prima después de la implementación del Lean Manufacturing incrementó a 80%.

Con todos los datos actualizados tanto de mano de obra como de materia prima después de la adopción de la 5S, se volvió a calcular el tiempo de ciclo, %VA, lead time y, finalmente, el takt time.

En la Tabla 11, se aprecia que el tiempo total de procesamiento por kilogramo es de 555 segundos. Este resultado es el producto de la suma de los tres tiempos de ciclo de cada uno de los tres procesos individuales que conforman la fabricación de una chaqueta metálica.

**Tabla 11.** *Cálculo del tiempo de ciclo – post implementación*

<b>Procesos de fabricación de una chaqueta metálica</b>	<b>Total Kg</b>	<b>Total horas</b>	<b>Tiempo de ciclo (seg /kg)</b>
Habilitado de material	1810	32	64
Pre – Ensamblado	1855	128	248
Ensamblado	1900	128	243
<b>TIEMPO DE CICLO TOTAL</b>			<b>555</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Asimismo, en la Tabla 12 se puede observar que el porcentaje de valor agregado es del 92%. Esto significa que los tiempos que no agregaban valor a los procesos se redujeron de 15% a 8%. De acuerdo con la información proporcionada por el jefe de producción de la empresa, esta mejora en los tiempos se produjo al implementar la metodología 5S, que eliminó tiempos de actividades como transportes innecesarios y la duplicidad de actividades. Para ser más exactos, este porcentaje del 8% representa el tiempo de transporte innecesario que los operarios dedicaban a abastecerse de material, así como los tiempos empleados en

volver a cortar planchas para la fabricación de ciertas piezas. Estas piezas podrían haberse fabricado utilizando el scrap de otras piezas ya cortadas, las cuales tienen las dimensiones necesarias para ser reutilizadas.

**Tabla 12.** *Cálculo del up time post implementación*

<b>CÁLCULO DEL % DEL TIEMPO DE VALOR AGREGADO</b>				
<b>Proceso</b>	<b>Horas totales</b>	<b>Porcentaje de Tiempo</b>		<b>% VA</b>
		<b>Horas improductivas</b>	<b>neto disponible</b>	
<b>Fabricación de una chaqueta</b>	288	8%	265	92%

*Nota.* Elaboración propia.

De igual manera, en la Tabla 13 se llevó a cabo el cálculo del lead time después de la implementación de la metodología 5S, observándose una reducción de 16.5 días a 12 días.

**Tabla 13.** *Cálculo del Lead Time – post implementación*

<b>CÁLCULO DEL LEAD TIME</b>		
<b>Procesos</b>	<b>Total, horas</b>	<b>Total, días</b>
Habilitado de material	32	1.3
Pre – Ensamblado	128	5.33
Ensamblado	128	5.33
<b>LEAD TIME</b>		<b>12.0</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente, se calculó el TAKT TIME después de la implementación de las 5S, el cual es de 347.37 segundos por kilogramo.

**Tabla 14.** *Cálculo del tak time – post implementación*

<b>CÁLCULO DEL TAK TIME</b>		
Demanda total mensual	1900	Kg/mes
Demanda diaria (Requerimiento)	76	Kg/día
Días trabajados	25	días/mes
Día de trabajo	480	min/día
Hora improductiva	40	min/día
Tiempo neto disponible	440	min/día
Scrap (Mermas o desperdicio)	20%	%
<b>TAKT TIME (min)</b>	<b>5.8</b>	<b>min/kg</b>
<b>TAKT TIME (seg)</b>	<b>347.37</b>	<b>seg/kg</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Para diagramar el VSM del estado futuro. En este caso, se consignó los mismos datos del proceso operativo como tiempo el tiempo ciclo (T/C), cuántos trabajadores se asignan a cada puesto de trabajo, qué cantidad de producto se procesa en total, etc.

**Tabla 15.** *Análisis de flujo de proceso – post implementación*

<b>VSM ESTADO FUTURO</b>	
Atributos generales del proceso	Demanda promedio: 76 kg/día Cantidad de turnos: 1 Disponibilidad: 9 horas por turno con 1 hora de descanso.
1 Habilitado de material de bandeja	Tiempo de ciclo = 64 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos=1 Hora de ingreso 8:00 AM Scrap M.P (Mermas o desperdicios) =20% %TVA = 92%
2 Pre – Ensamblado	Tiempo de ciclo = 248 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos =1 Hora de ingreso= 8:00 AM %TVA = 92%
3 Ensamblado	Tiempo de ciclo = 243 segundos/kg Cantidad de operarios =4 Cantidad de turnos =1 Hora de ingreso = 8:00 AM %TVA = 92%

*Nota.* Elaboración propia.

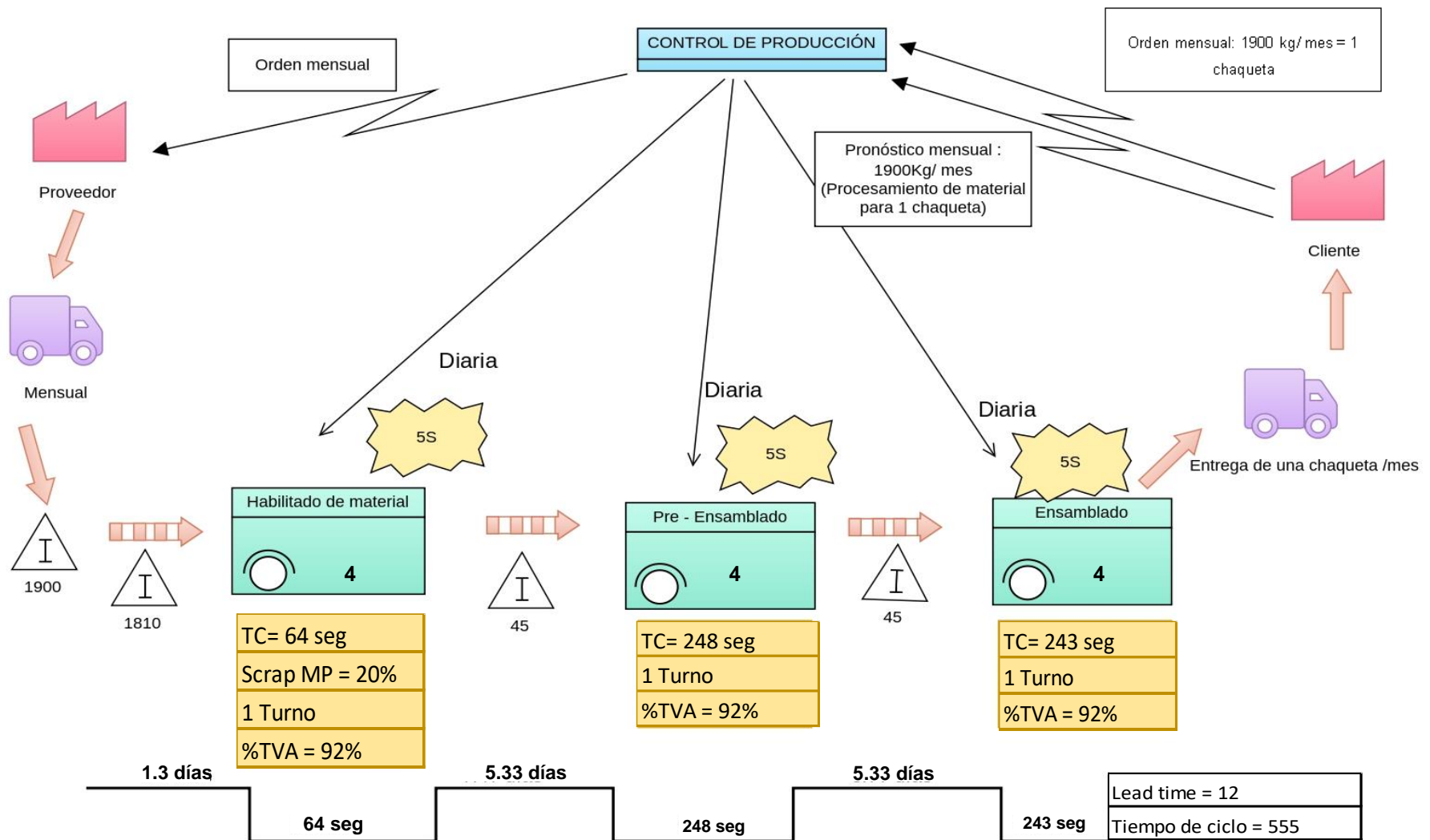
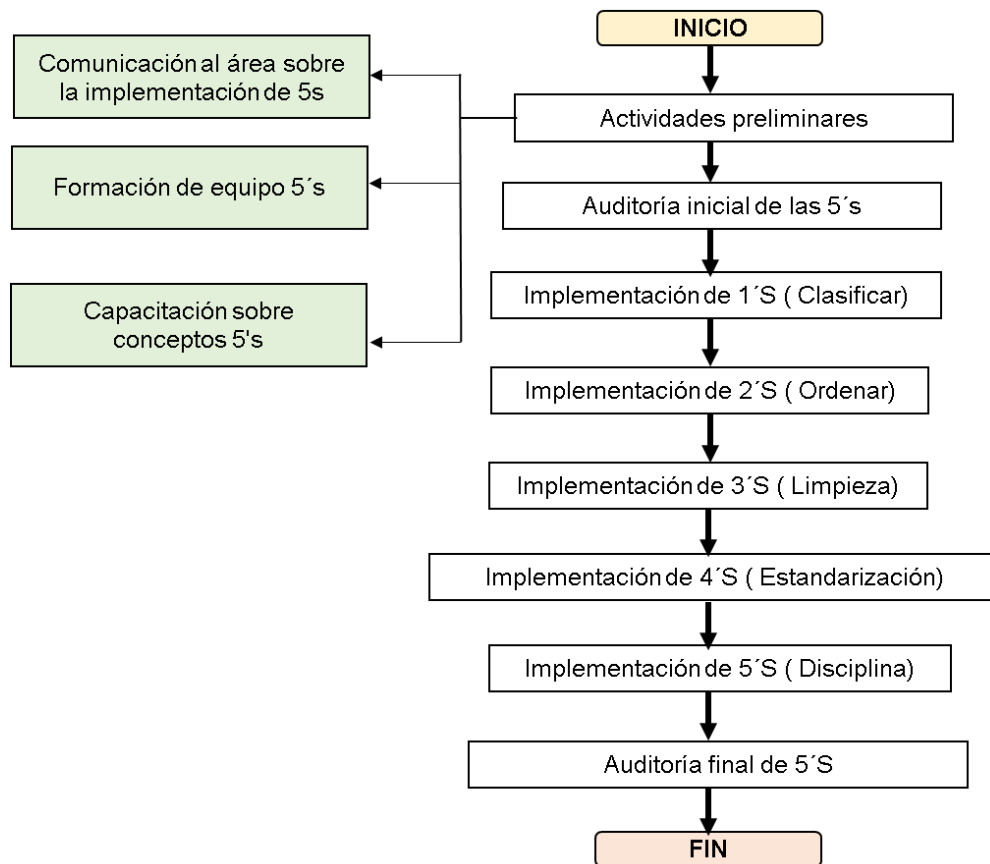


Figura 4. VSM del estado futuro- Proceso de fabricación de 1 chaqueta

## Implementación de las 5s

Esta herramienta de Lean Manufacturing será implementada en la empresa metalmecánica con la esperanza de contribuir a un lugar de trabajo más limpio y ordenado, a la existencia de controles visuales que agilicen el flujo de producción y a la estandarización del área por medio de registros para evaluar y analizar el proceso. Este es el plan que se seguirá para la implementación:



**Figura 5.** *Diseño de la implementación 5s*

### **Etapa 1: Acciones preliminares**

a. Comunicar la implantación de las 5'S al área y a la dirección general.

Es esencial comunicar la importancia de esta tecnología de fabricación ajustada a la alta dirección de la empresa para conseguir su aceptación y la consiguiente puesta a disposición de la infraestructura y los recursos necesarios para el éxito del proyecto de mejora. Luego, comunicarse con el área circundante al centro de acopio, donde la participación de los colaboradores es crucial.

b. Establecimiento del equipo 5'S.

El establecimiento de este equipo es esencial, ya que será responsable de administrar e implementar la herramienta de Lean Manufacturing. Por lo tanto, el cuadro adjunto ilustra la relación del equipo.

**Tabla 16. Equipo 5´S**

<b>EQUIPO 5´S</b>	
<b>Líder de Equipo</b>	Gerente General
<b>Líder de operaciones</b>	Jefe de área de producción
<b>Colaboradores</b>	Operarios del área de producción
<b>Facilitadores</b>	Álvaro Quiroz

*Nota.* Elaboración propia.

c. Capacitación 5´S

Los facilitadores se encargan de informar a todos los presentes en el centro de recogida sobre la historia de la metodología 5´S y de esbozar los objetivos de la iniciativa actual. A continuación, se crea el siguiente cronograma de capacitación en la tabla 18.

**Tabla 17. Temas de capacitación 5S**

<b>CAPACITACIONES EN LA EMPRESA METALMECÁNICA</b>		
<b>DIRIGIDO A</b>	<b>TEMAS</b>	<b>DURACIÓN</b>
Líderes 5S y Trabajadores	Origen y metodología 5S	1
Líderes 5S y Trabajadores	Beneficios 5S	1
Líderes 5S y Trabajadores	Definición Seiri-Clasificar	1
Líderes 5S y Trabajadores	¿Cómo realizar la clasificación?	1
Líderes 5S y Trabajadores	Ejemplos Seiri	2
Líderes 5S y Trabajadores	Definición Seiton - Organizar	1
Líderes 5S y Trabajadores	¿Cómo realizar una organización?	1
Líderes 5S y Trabajadores	Ejemplo Seiton	2
Líderes 5S y Trabajadores	Examen de los tres temarios	1.5
Líderes 5S y Trabajadores	Definición Seiso - Limpieza	1
Líderes 5S y Trabajadores	¿Cómo realizar una limpieza?	1



Líderes 5S y Trabajadores	Ejemplos Seiso	2
Líderes 5S y Trabajadores	Definición Seiketsu- Estandarizar	1
Líderes 5S y Trabajadores	¿Cómo realizar una estandarización?	1
Líderes 5S y Trabajadores	Ejemplos Seiketsu	2
Líderes 5S y Trabajadores	Herramientas de medición de resultados	1
Líderes 5S y Trabajadores	5S y mejora continua	1
Líderes 5S y Trabajadores	Cuestionarios de los tres temarios	1.5
Líderes 5S y Trabajadores	Esquema de implementación	1

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presentará el cronograma de capacitación de las 5s a los operarios y líderes de 5s.

**Tabla 18.** Cronograma de capacitación de 5s

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES 5S											
TEMAS		MES 1									
		Semana 1					Semana 2				
		Lu	Ma	Mie	Jue	Vie	Lu	Ma	Mie	Jue	Vie
1	Origen y metodología 5S	■									
2	Beneficios 5S	■									
3	Definición Seiri-Clasificar		■								
4	¿Cómo realizar la clasificación?			■							
5	Ejemplos Seiri				■						
6	Definición Seiton - Organizar				■						
7	¿Cómo realizar una organización?					■					
8	Ejemplo Seiton					■					
9	Examen de los tres temarios					■					
10	Definición Seiso - Limpieza						■				
11	¿Cómo realizar una limpieza?						■				
12	Ejemplos Seiso							■			
13	Definición Seiketsu- Estandarizar							■			
14	¿Cómo realizar una estandarización?								■		
15	Ejemplos Seiketsu								■		
16	Herramientas de medición de resultados								■		
17	5S y mejora continua									■	
18	Cuestionarios de los tres temarios									■	
19	Esquema de implementación									■	

*Nota.* Elaboración propia.

Cada charla sobre la metodología de las 5 s se realizaba por la mañana junto a la charla diaria de trabajo, se tomaba un tema distinto cada día y se recapitulaba la mejora hecha el día anterior, absolviendo problemas que se hayan presentado dicho día (en el Anexo 8 se pueden observar fotografías de las charlas de capacitación).

Tabla 19. Cronograma de implementación 5S

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA LEAN 5'S EN LA EMPRESA METALMECÁNICA															
CRONOGRAMA DE APLICACIÓN DE LAS 5S				AÑO											
CONTROL DE LA IMPLEMENTACIÓN				MES 1				MES 2				MES 3			
ITEM	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	DE	IMPLEMENTACIÓN	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Inicio de Aplicación de las 5s en el centro de acopio	de	Programado Ejecutado												
	Comunicación a las áreas de almacén y producción respecto a la implementación de las 5S														
	Conformación del equipo 5S														

	Capacitación y charlas sobre conceptos y definiciones de las 5s			
	Auditoría inicial de 5s sobre el estado del centro de acopio			
<b>2</b>	<b>SEIRI</b>	<b>Programado</b>		
	<b>(CLASIFICAR)</b>	<b>Ejecutado</b>		
	Identificación de los elementos de obsoletos y de descarte			
	Colocación de las tarjetas rojas			
<b>3</b>	<b>SEITON</b>	<b>Programado</b>		
	<b>(ORGANIZAR)</b>	<b>Ejecutado</b>		
	Organización de los espacios de acuerdo con el			

	área que corresponda								
	Orden de los extintores, mangueras, herramientas								
<b>4</b>	<b>SEISO - LIMPIAR</b>	<b>Programado</b>							
	Verificación de la limpieza en las áreas de producción y almacén	<b>Ejecutado</b>							
	Evaluación de las 3S iniciales								
<b>5</b>	<b>SEIKETSU - ESTANDARIZAR</b>	<b>Programado</b>							
	Establecer controles visuales en las áreas de	<b>Ejecutado</b>							

	almacén y producción			
<b>6</b>	<b>SHITSUKE</b> - <b>Programado</b> <b>DISCIPLINA</b> Ejecutado			
	Fomentar la disciplina y reconocimiento de los colaboradores			
	Auditoría final de las 5s			

Nota. Elaboración propia.

## Etapa 2: Auditoría inicial.

La auditoría 5'S original empleaba una lista de comprobación para determinar el grado de conformidad con cada paso de la herramienta lean 5'S. Además, los códigos de calificación se desarrollaron mediante un sistema basado en porcentajes (Ver Tabla 20).

**Tabla 20.** Codificación 5'S

CODIFICACIÓN 5'S		
Descripción	Porcentaje	Nota.
Muy malo	0%	
Malo	25%	
Promedio	50%	
Bueno	75%	
Excelente	100%	

Elaboración propia.

EVALUACIÓN 5S PLANTA DE FABRICACIÓN				5S-V01	
Área:	PRODUCCIÓN				
Líder					
Realizó	Álvaro Quiroz				
Fecha	27/02/2022	Valores asignados			
<b>ITEMS A EVALUAR</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>SELECCIONAR</b>					
<b>CLASIFICACION</b>					
1. ¿Existe chatarra, desperdicios, basura u objetos innecesarios en el piso?	1				
2. ¿Se identificó la existencia de materiales, equipos o herramientas innecesarias?	2				
3. ¿Se identificó material innecesario en los estantes y armarios?	3				
4. ¿Existen cables, manguera y objetos en áreas de circulación?	2				
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>8</b>				

<b>ORDENAR</b>	
1. ¿Los materiales, herramientas y equipos están en su lugar?	2
2. ¿Los materiales, armarios, equipos, herramientas se encuentran identificados?	2
3. ¿La materia prima a utilizar está correctamente ubicada?	1
4. ¿La ubicación de máquinas es óptima?	2
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>7</b>
<b>LIMPIAR</b>	
1. ¿El piso está libre de suciedad?	1
2. ¿El estado de techos, paredes y ventanas es el adecuado?	2
3. ¿Los armarios, estanterías, mesas y herramientas están limpios?	1
4. ¿Cómo es el grado de limpieza de los equipos?	2
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>6</b>
<b>ESTANDARIZAR</b>	
1. ¿Se aplican adecuadamente las primeras “3 S”?	1
2. ¿El estado de área es el adecuado?	2
3. ¿Existen mejoras?	1
4. ¿Se aplican controles visuales?	2
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>6</b>
<b>DISCIPLINA</b>	
1. ¿Se aplican adecuadamente las 4 primeras “S”?	2
2. ¿Se cumplen la normativa estipulada en el área?	2
3. ¿Se utiliza adecuadamente el uniforme de trabajo?	2
4. ¿Se desarrollan la programación de las actividades 5S?	1
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>7</b>

*Nota.* Elaboración propia.

El criterio bajo el cual se asignó un valor a cada pregunta se hizo teniendo en cuenta que 5 sería el caso más ideal y 1 el menos ideal. Es decir, en el caso de la selección, la identificación de materiales sería óptima siendo 5 el valor asignado a este respecto. De igual forma para el orden, limpieza, estandarización y disciplina los valores 5 en cada caso



representarían el orden correcto, el mejor método y forma de limpieza aplicada, los procesos y operaciones completamente definidos y la disciplina para continuar con estas aplicaciones.

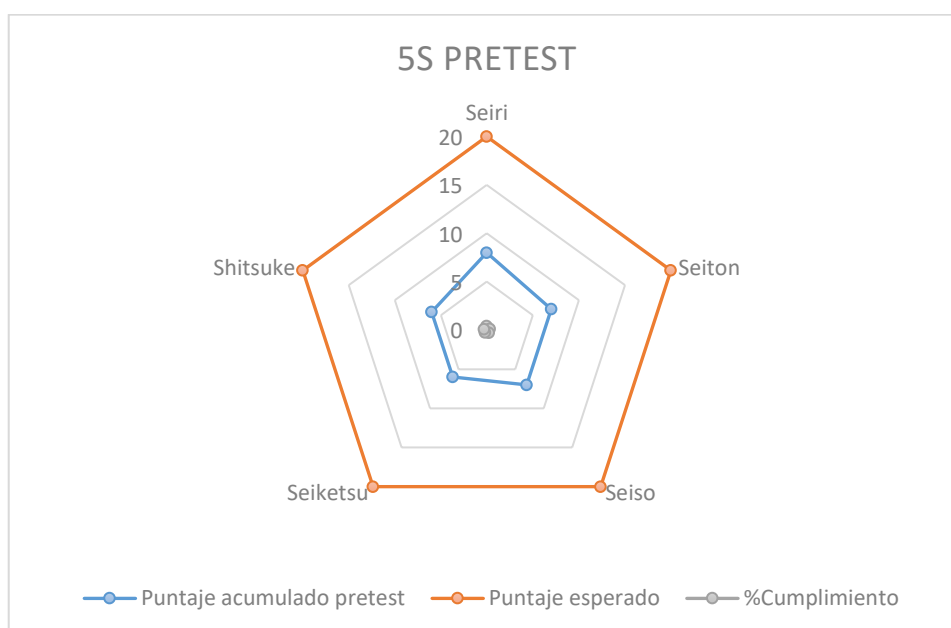
**Tabla 21.** Calificación de Auditoría inicial 5'S

Fase	Puntaje acumulado pre-test	Puntaje esperado	%Cumplimiento
Seiri	8	20	40%
Seiton	7	20	35%
Seiso	6	20	30%
Seiketsu	6	20	30%
Shitsuke	7	20	35%
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>100</b>	<b>34%</b>

Nota. Elaboración propia.

Como puede verse en el resultado de la primera auditoría, una puntuación de 34 sobre 100 posibles.

El resumen de la Tabla 22 se muestra a continuación en forma de gráfico radial, en el que cada segmento representa una puntuación de la primera etapa 5'S:



**Figura 6.** Resumen auditoría inicial 5'S

Se aconseja que la empresa empiece a trabajar en las tres primeras “S”, ya que son las actividades más significativas para crear una implantación sostenible del enfoque 5S y la organización carece de comprensión de la metodología 5S, como se ilustra en la figura 6.

Es difícil encontrar la mercancía que necesita el personal de taller, debido a que como se muestra en la figura 7, no hay criterios para ubicar los artículos y bienes que se colocan en la zona de almacén.



**Figura 7. Falta de orden**

En la Figura 7 se identifica que los materiales están almacenados sin respetar un criterio, están colocados unos sobre otros. Esto dificulta al personal operativo la localización de los artículos deseados y provoca retrasos.



**Figura 8.** *Falta de organización*

En la Figura 8 se identifica que hay material, herramientas, chatarra que están en desuso. Esto provoca que haya acumulación de materiales y suciedad, lo que genera que los espacios libres no estén siendo ocupados de manera óptima. Es así como, en la limpieza realizada al almacén de chatarra del taller se recuperaron listones de las mermas, los cuales se trasladaron al área de producción para crear clips reutilizando dicho material (se observa el armado y habilitado de clips en el anexo 9).



**Figura 9.** *Falta de orden y limpieza*

En la Figura 9 se identifica que los materiales están almacenados de manera inadecuada, sin seguir ningún criterio de orden, material obsoleto, también se observa que hay mucha suciedad.



**Figura 10.** *Material desorganizado.*

En la Figura 10 se identifica que los materiales están almacenados de manera inadecuada, se observa que los extintores están apilados sin tener un orden ni lugar determinado para el uso en caso de emergencias. Además, se observa que hay mucho polvo y suciedad en el área determinada.



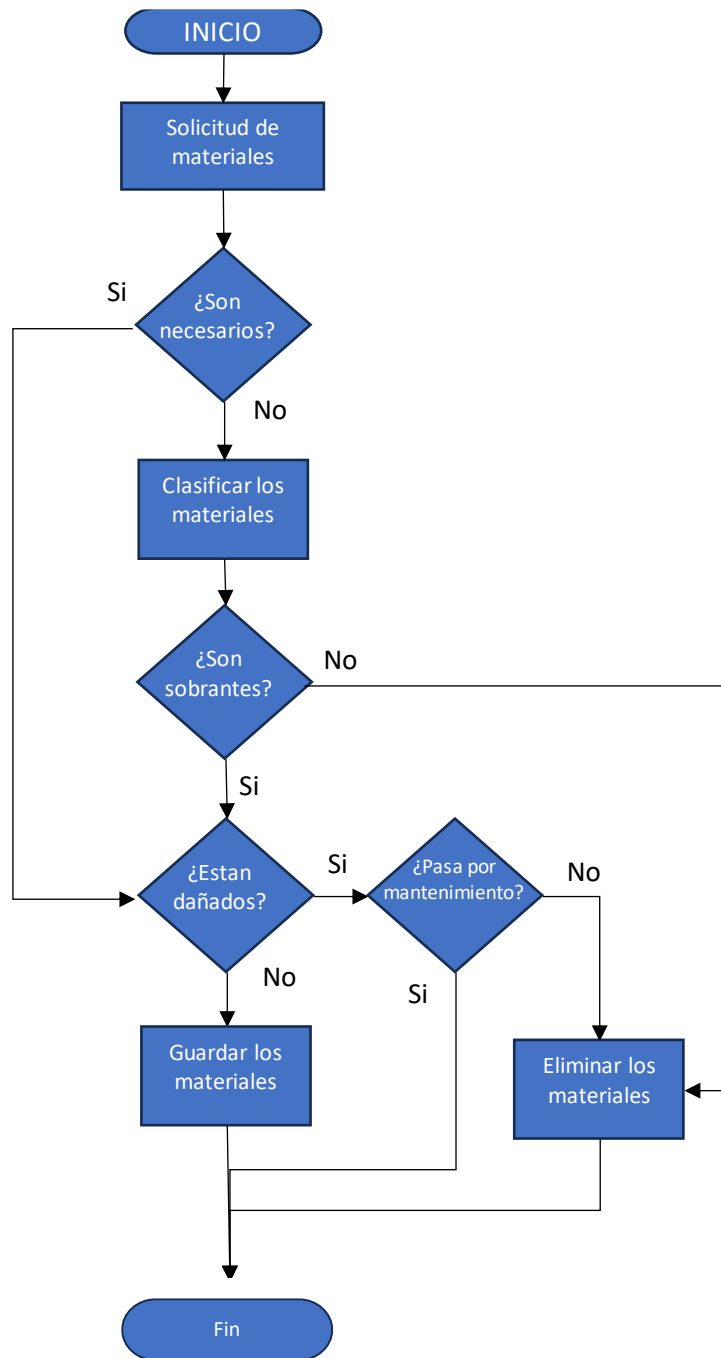
**Figura 11.** *Material desorganizado 2*

### **Etapas 3: Implementación de 5'S.**

#### **Implementación de 1'S-Seiri (Clasificar)**

Las imágenes previas del almacén de la empresa metalmecánica revelan varios aspectos contraproducentes para realizar el trabajo. Estos elementos deberían eliminarse porque no aportan valor añadido al trabajo y, en cambio, causan dificultades. Durante la observación, se identificaron los siguientes elementos: envases, contenedores, sillas, mangueras, maquinaria obsoleta, chatarras, bolsas de plástico, fierros, etc. Estos elementos ocupan espacio de almacén y no tienen ningún uso conocido.

- Se propone utilizar un “criterio de clasificación” porque el mayor impedimento para realizar la “Clasificación” es la ausencia de elementos superfluos bien definidos y explícitos. Se delimitaron los espacios dentro del área de producción y almacén donde se realizaron las implementaciones.
- Teniendo en cuenta la importancia, el uso, la frecuencia y la cantidad de los bienes y/o componentes, se definieron los criterios de clasificación del centro de recogida basándose en el principio de guardar lo esencial. Así pues, el uso, la frecuencia, la utilidad y la cantidad servirán como criterios de clasificación. Para ello se creó el siguiente diagrama que representa una cadena de acontecimientos:



**Figura 12.** *Flujograma de clasificación (Seiri).*

- Se diseñó una “tarjeta roja” (Ver figura 13), que es un formato tipo etiqueta que se empleó para separar los elementos necesarios, siendo una clasificación rápida de los elementos. Esta tarjeta es colocada y llenada por el encargado del centro de acopio o los operarios que están debidamente capacitados.



No. \_\_\_\_\_

**TARJETA ROJA**

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Area \_\_\_\_\_

Item \_\_\_\_\_

Cantidad \_\_\_\_\_

**ACCION SUGERIDA**

Agrupar en espacio separado

Eliminar

Reubicar

Reparar

Reciclar

Comentario \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha p/concluir acción \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

7 cm

15 cm

**Figura 13. Tarjeta Roja**

Los materiales para elaborar la tarjeta roja son:

- Cartulina color rojo
- Reglas
- Tijeras
- Perforador
- Ligas

La tarjeta roja se utiliza para indicar la presencia de residuos, contaminación, mercancías defectuosas, obsoletas o sobrantes. Cada producto o conjunto de artículos que comparten características está representado por una tarjeta distinta, que se muestra de forma destacada.

Las acciones emprendidas en el apartado anterior se registran y documentan íntegramente (véase el cuadro 19). Es decir, el responsable del almacén y del área de producción es el encargado de emitir los juicios finales sobre las medidas a realizar tras elaborar una lista de los productos categorizados según la colocación de las tarjetas rojas.

**Tabla 22. Registro**

REGISTRO DE CLASIFICACIÓN							
Área						Fecha	
Responsables							
Ítem	Elemento	Cantidad	Estado	Ubicación	Motivo del retiro	Sugerencia	Decisión

*Nota.* Elaboración Propia

En la Figura 14 se identifica la separación y clasificación de las que los materiales que estaban almacenados de manera inadecuada.



**Figura 14. Clasificación de materiales**



La Figura 15 identifica la clasificación de los extintores de acuerdo con la fecha de vencimiento, tipo de extintor y tamaño.



**Figura 15.** *Clasificación de extintores*

La Figura 16 identifica la clasificación de los materiales y herramientas que se encontraban desorganizados en las áreas de evaluación.



**Figura 16.** *Clasificación de herramientas*

## **Implementación de 2°S-Seiton (Ordenar)**

En esta etapa se realizarán los siguientes pasos:

- **Analizar y definir el sitio de colocación.**

Esta actividad tiene como objetivo optimizar el espacio especificando el área requerida por cada máquina para reubicar y acomodar los elementos esenciales del sistema de producción. Por lo tanto, consideraremos la disponibilidad de espacio, el uso, la relevancia del proceso, la cantidad y el seccionamiento de herramientas y maquinaria para tareas específicas o secuenciales.

- **Decidir la forma de colocación.**

Para determinar la forma de colocación es necesario considerar el método de operación más práctico y funcional, describir los nombres de cada máquina o herramienta mediante códigos o números fácilmente identificables, utilizar el inventario más adecuado, ubicar las herramientas según criterios de eficiencia y seguridad, y colocar cada elemento o máquina según su actividad o utilidad.

- **Rotular el sitio de localización.**

Este instrumento permite identificar rápidamente los elementos o maquinaria necesarios, reduciendo así el tiempo de búsqueda; por lo tanto, debe ser claro y legible. En este caso utilizaremos identificadores de emplazamiento, ya que nos permitirán identificar fácilmente la ubicación de cada instrumento o elemento.

- **Delimitación de espacios.**

Por último, se delimitará cada zona de trabajo para facilitar el acceso, así como todos los pasillos y espacios que requieran mayor visibilidad para la transmisión de productos acabados o materiales.

Tras implantar 1°S(Clasificación), las áreas de almacén y producción lograron una mayor productividad diaria, lo que se tradujo en la disponibilidad de espacio adicional. La segunda "S" indica la etapa de "clasificación". Se realizaron las siguientes acciones

- Disposición de un espacio para reubicar los productos y/o elementos previamente clasificados.
- Demarcar las áreas disponibles.
- Codificación y división de las áreas de trabajo por colores.

Las Figura 17 identifica el orden de los materiales, donde se especifica la delimitación de espacios, se decidió los lugares y forma de colocación.



**Figura 17. Organización de materiales**

### **Implementación de 3´S-Seiso.**

En esta tercera implementación, el objetivo principal es de implementar el proceso de limpieza como parte fundamental de las tareas diarias en el centro de labores. Esto, con el fin obtener un mayor grado de seguridad en el área de acopio evitando accidentes laborales, también, como actividad de mantenimiento preventivo de las herramientas, equipos, entre otros; utilizados en el centro de acopio. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

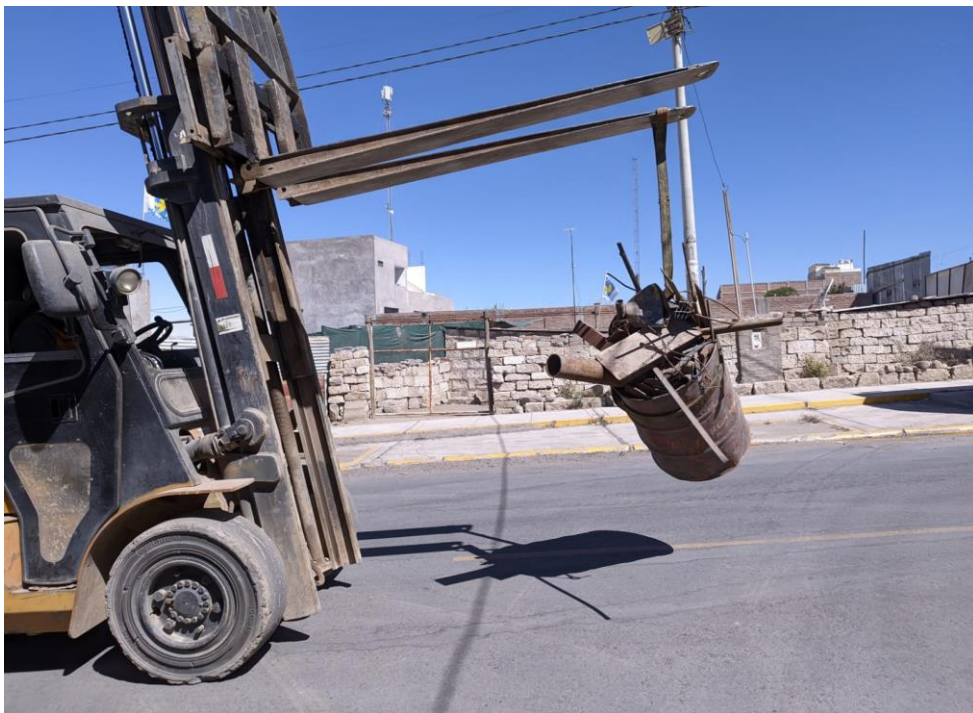
- Planeación de tareas de limpieza en las áreas, designando responsables de esta actividad.
- Determinación de estrategias para ejecución de la limpieza del área.

La Figura 18 y 19 identifican la limpieza del área de producción, donde se observa que los camiones están retirando los residuos, chatarra, material inutilizado, etc.





**Figura 18.** Organización de materiales



**Figura 19.** Organización de materiales

La Figura 20 muestra que el área de producción se encuentra habilitado, limpio y con mayor espacio para que puedan ser utilizados.



**Figura 20.** Organización de materiales

La Figura 21 muestra que el área de producción se encuentra habilitado, limpio y con mayor espacio para que puedan ser usados por el taller, pintado y habilitado de material para los proyectos



**Figura 21.** Organización de materiales



Además, para el desarrollo de la limpieza se optó por seguir la secuencia de actividades mostradas en la Figura 22.



**Figura 22.** *Secuencia de actividades de limpieza*

En la Figura 24 se identifica que el formato de control de limpieza presenta a la persona responsable, la fecha el área y la conformidad de las tareas realizadas.

**Tabla 23.** *Formato de control de limpieza*

CONTROL DE LIMPIEZA				
Responsable:				
Fecha de inicio:		Hora de inicio:		
Fecha de fin:		Hora de fin:		
	CONFORMIDAD			
Actividad	No cumple	Sí cumple	Observaciones	
Equipos y herramientas adecuadas.				
Maquinás adecuadas.				
Máquinas ubicadas en su lugar y correctamente.				
Área de trabajo limpia				
Área delimitada para desechos				
Pasillos libres				
Utilización de EPPS				
Piezas terminadas en orden				
Revisión realizada por:				
Responsable:			Firma	

*Nota.* Elaboración propia.

### Implementación de 4'S-Seiketsu.

Luego de la implementación de las etapas anteriores, correspondientes a las 3'S previas. En esta cuarta etapa, en relación de la 4'S (Estandarizar), lo que se buscó es realizar una evaluación del cumplimiento de las actividades de clasificación correcta de los productos y/o elementos, conservar un orden determinado, estandarizar los procesos. En otras palabras, la finalidad que se buscó en esta etapa es de mantener el cumplimiento de las 3'S anteriores, asimismo, involucrando al personal en los procesos de mejora. Para lograr esto se realizaron las siguientes actividades:

- Definir los periodos de evaluación.
- Definir los responsables de las evaluaciones
- Aplicar la evaluación de desempeño de las 3'S anteriores, mediante la aplicación del formato tipo check list, como se muestra en la Tabla 21.
- Recolectar información.
- Elaboración de medidas de prevención.
- Identificación de puntos de mejora.

**Tabla 24.** *Formato de check list de evaluación 5's*

<b>Empresa:</b>	<b>Área:</b>	<b>Evaluación</b>
<b>Lista de chequeo</b>	Puntuación adquirida	<b>Fecha</b>
<b>5S</b>	Punto de revisión	<b>Puntuación</b>
		<b>0 1 2 3 4 5</b>
<b>SEIRI</b>	1. Clasificación de materiales	
	2. Criterios de clasificación.	
	3. Tratamiento de elementos	
	<b>Puntaje</b>	
<b>SEITON</b>	1. Elementos ordenados	
	2. Productos en ubicaciones definidas	
	3. Áreas delimitadas	
	<b>Puntaje</b>	
<b>SEISO</b>	1. Responsables de limpieza	
	2. Inspección y limpieza	
	3. Limpieza diaria	
	<b>Puntaje</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 25 se observan las puntuaciones del formato de check list 5's, para tal caso la puntuación por cada punto de revisión se dará respecto a que tan bien se cumpla cada "S", es decir, la mayor puntuación se calificaría con 5 y la menor con 0.

### **Implementación de 5'S-Shitsuke.**

En esta etapa de implementación, se evalúa el compromiso, la responsabilidad de los trabajadores involucrados en el centro de acopio con el desarrollo de implementación de herramienta lean manufacturing 5'S. Asimismo, se busca impulsar la autodisciplina.

Esta fase pretende inculcar prácticas de desarrollo a los empleados de la organización. Las cuatro primeras "S" se deteriorarán rápidamente si no se lleva a cabo esta fase. Para ello, propone principios para alcanzar los objetivos.

a) Establecer normas y valores para los colaboradores:

- Integridad
- Puntualidad
- Respeto
- Uso adecuado de los materiales y herramientas

b) Establecer una comunicación de colaboración eficaz

Para continuar con la metodología, debe existir una comunicación eficaz dentro de la organización que permita encontrar los posibles problemas.

c) Emplear carteles

Los objetivos de la empresa, los instrumentos que emplea y los métodos que utiliza para alcanzar dichos objetivos establecen una cultura entre sus empleados.

d) Publicación de fotografías históricas y contemporáneas

Las fotografías se exponen para animar a los trabajadores a mantener un entorno de trabajo impecable y organizado, ya que, si se mantienen las cuatro primeras "S", se logrará un mayor índice de productividad de la mano de obra, se reducirá la fatiga de los trabajadores y esto se traducirá en un incremento de kilos producidos, lo que incrementará los ingresos de la empresa.

El propietario será el encargado de evaluar y poner en práctica esta fase, con la ayuda del colaborador del almacén y del equipo de investigación.



#### Etapa 4: Auditoría final 5´S

**Tabla 25.** Primera auditoría post-implementación de 5´S

AUDITORIA FINAL 5S S1 (01/07/22)				
Fase	Puntaje acumulado postest	Puntaje esperado	%Cumplimiento	Diferencia
Seiri	15	20	75%	▲ 35%
Seiton	16	20	80%	▲ 45%
Seiso	15	20	75%	▲ 45%
Seiketsu	14	20	70%	▲ 40%
Shitsuke	14	20	70%	▲ 35%
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>100</b>	<b>74%</b>	<b>▲ 40%</b>

Nota. Elaboración propia.

#### Interpretación:

En esta primera auditoría post-implementación 5 “S”, a través de la aplicación del Checklist se observa evidente mejora con un aumento de 88 puntos en relación con la auditoría inicial de 5 “S”. La auditoría fue realizada el día 01/07/23.

**Tabla 26.** Segunda auditoría después de la implementación de 5´S

Nota. Elaboración propia

#### Interpretación:

En esta segunda auditoría post-implementación 5 “S”, se observa una leve mejora con respecto a la anterior auditoría de 5 “S”. La auditoría fue realizada el día 08/07/22

**Tabla 27.** Tercera auditoría después de la implementación de 5'S

<b>AUDITORÍA FINAL 5S S:3 (15/08/22)</b>				
<b>Fase</b>	<b>Puntaje acumulado posttest</b>	<b>Puntaje esperado</b>	<b>%Cumplimiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Seiri</b>	16	20	80%	▲40%
<b>Seiton</b>	15	20	75%	▲40%
<b>Seiso</b>	17	20	85%	▲55%
<b>Seiketsu</b>	16	20	80%	▲50%
<b>Shitsuke</b>	15	20	75%	▲40%
<b>Total</b>	79	100	79%	▲45%

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:**

En esta tercera auditoría post-implementación 5 "S", se observa una mejora de 2 puntos con respecto a la anterior auditoría de 5 "S". La auditoría fue realizada el día 15/07/22.

**Tabla 28.** Cuarta auditoría después de la implementación de 5'S

<b>AUDITORÍA FINAL 5S S:4 (22/07/2022)</b>				
<b>Fase</b>	<b>Puntaje acumulado posttest</b>	<b>Puntaje esperado</b>	<b>%Cumplimiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Seiri</b>	16	20	80%	▲40%
<b>Seiton</b>	17	20	85%	▲50%
<b>Seiso</b>	17	20	85%	▲55%
<b>Seiketsu</b>	16	20	80%	▲50%
<b>Shitsuke</b>	17	20	85%	▲50%
<b>Total</b>	83	100	83%	▲49%

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:**

En esta cuarta auditoría post-implementación 5 "S", el puntaje obtenido del 68 checklist 5'S, se va incrementando hasta llegar a 150 puntos de cumplimiento. La auditoría fue realizada el día 22/07/22.

**Tabla 29.** Quinta auditoría después de la implementación de 5'S

<b>AUDITORÍA FINAL 5S S:5 (29/07/22)</b>				
<b>Fase</b>	<b>Puntaje acumulado postest</b>	<b>Puntaje esperado</b>	<b>%Cumplimiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Seiri</b>	16	20	80%	▲40%
<b>Seiton</b>	17	20	85%	▲50%
<b>Seiso</b>	16	20	80%	▲50%
<b>Seiketsu</b>	16	20	80%	▲50%
<b>Shitsuke</b>	17	20	85%	▲50%
<b>Total</b>	82	100	82%	▲48%

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:**

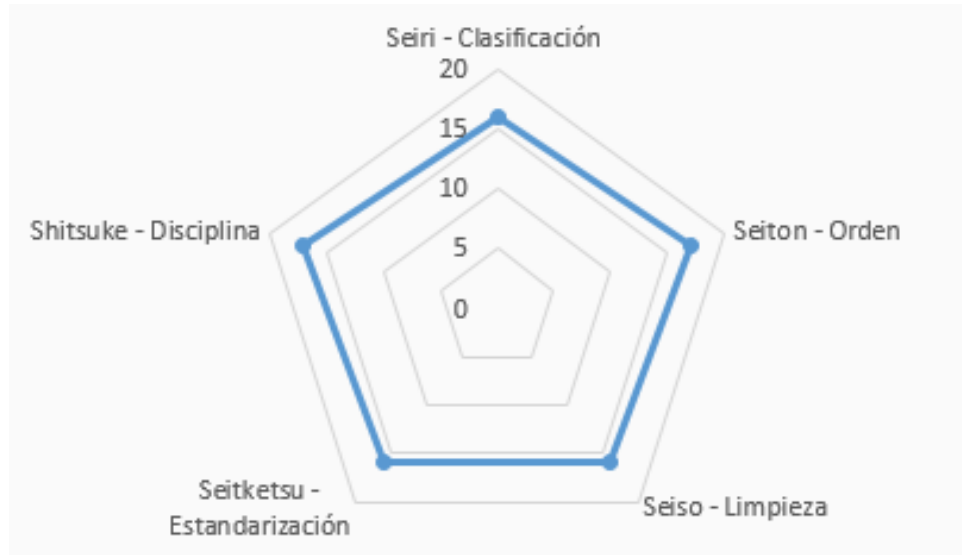
La mejor puntuación posible es 100, sin embargo, la última auditoría de las 5S revela que ha obtenido 82 sobre 100. La auditoría fue realizada el día 29/07/22.

**Tabla 30.** Resumen de auditorías finales

<b>PUNTAJE OBTENIDO</b>						
	Auditoría 1	Auditoría 2	Auditoría 3	Auditoría 4	Auditoría 5	PUNTAJE ESPERADO
<b>Seiri</b>	-	15	16	16	16	20
<b>Clasificación</b>						
<b>Seiton – Orden</b>	16	16	15	17	17	20
<b>Seiso – Limpieza</b>	15	17	17	17	16	20
<b>Seiketsu</b>	-	14	15	16	16	20
<b>Estandarización</b>						
<b>Shitsuke</b>	-	14	14	15	17	20
<b>Disciplina</b>						
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>83</b>	<b>82</b>	<b>100</b>

Nota. Elaboración propia.

La última auditoría muestra un total de 82 puntos de un total de 100 puntos que es el puntaje total óptimo. A continuación, en el gráfico radial se muestra el resumen de la tabla mostrada con respecto a la calificación obtenida en la etapa de auditoría final de 5'S.



**Figura 23.** Resumen de auditoría

## 4.2. Validación económica

Para la validación económica de la implementación planteada, se evaluaron los costos y gastos totales asociado con la realización de la tesis. Se llevó a cabo la toma de tiempos, con una dedicación de 40 horas mensuales a un costo de S/25 por hora, generando así un gasto mensual de S/1,000. Además, se contempla el alquiler de un cronómetro, también con una asignación de 40 horas mensuales, pero a un costo de S/16 por hora, resultando en un gasto adicional de S/640. Sumando ambos componentes, el total mensual de los gastos relacionados con la gestión del tiempo asciende a S/1,640.

**Tabla 31.** *Gastos por estudios de tiempo*

<b>Temas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Duración (horas)</b>	<b>Costo hora</b>	<b>S/.</b>	<b>Total mensual S/.</b>
Gastos en profesional para la toma de tiempos	1	40	25	1000	
Alquiler de cronómetro	1	40	16	640	
	<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>1.640,00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 33 proporciona un desglose detallado de los costos asociados con los implementos necesarios para llevar a cabo la toma de tiempos. En primer lugar, se incluye el gasto en materiales específicos, como el papel, que se mide en ciento. Se adquiere una unidad a un costo de S/35 por ciento, siendo este el costo total anual. Asimismo, se contabilizan los lapiceros, adquiridos en una cantidad de tres unidades a un costo unitario de S/1.5 , generando un gasto adicional de S/4.5 al año. Sumando ambos elementos, el total anual de los gastos en materiales para la toma de tiempos asciende a S/39.50.

**Tabla 32.** *Gastos en materiales para la toma de tiempos*

<b>Implementos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total anual S/.</b>
Gastos en materiales para la toma de tiempos: Papel	ciento	1	35	35
Gastos en materiales para la toma de tiempos: Lapiceros	unidad	3	1,5	4,5
	<b>Total</b>		<b>S/ 1,50</b>	<b>S/ 39,50</b>

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 34 presenta los gastos asociados con las capacitaciones 5S, centrándose en los recursos necesarios para llevar a cabo estas sesiones de formación. En primer lugar, se contabilizan los lapiceros utilizados para la evaluación, adquiridos en una cantidad de 80 unidades a un costo unitario de S/1.5, lo que resulta en un gasto de S/120. Asimismo, se incluye el costo asociado con la impresión de exámenes de evaluación, con la obtención de 160 unidades a un costo unitario de S/0.5, generando un gasto adicional de S/80. Sumando estos elementos, el total anual de los gastos en capacitaciones 5S asciende a S/200

**Tabla 33. Gastos en Capacitación 5S**

<b>Gastos en capacitaciones 5S</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Duración (días)</b>	<b>Costo unitario S/.</b>	<b>Total anual S/.</b>
Lapiceros para evaluación	unidad	80	0	1,5	120
Impresión de exámenes de evaluación	unidad	160	0	0,5	80
<b>Total</b>					<b>S/. 200</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 35 se pueden observar los costos asociados a los gastos de mano de obra y maquinaria necesarios para llevar a cabo las actividades operativas para la implementación de la metodología 5S. El costo de desarrollo operativo de las 5S (clasificación, organización y limpieza) es el pago de las horas hombre utilizadas para la organización en dos áreas específicas: el almacén de taller y el almacén de chatarra. Para la organización de estas dos áreas se necesitaron 8 semanas. Además, también para este proceso se requiere maquinaria para facilitar el transporte de materiales, por eso se tomó en cuenta el costo de maquinaria y el costo de combustible. El tiempo del que se dispondrá para la utilización de la maquinaria es de una semana en total, ya que se requerirán aproximadamente 2 horas diarias de máquina durante las 8 semanas de trabajo. Si realizamos el cálculo de las horas totales de trabajo en las 8 semanas, obtendremos 48 horas, lo que equivale a una semana.

**Tabla 34. Gastos en mano de obra y maquinaria**

<b>Maquinaria</b>	<b>Semanas</b>	<b>Costo /semana</b>	<b>Total, anual</b>
Combustible de maquinaria (Clasificación, Organización, Limpieza)	1	200	200
Costo de maquinaria Desarrollo operativo de las 5S	1	2496	2496
(Clasificación, Organización, Limpieza)	8	256.25	2050
<b>Total</b>			<b>S/.4,746.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

La adquisición de diversos materiales esenciales para la implementación del método 5S, destinado a promover la organización y eficiencia en el entorno de trabajo se detallan en la tabla 36. En primer lugar, se incluye la compra de 10 unidades de cajas para organización a un costo unitario de S/15, generando un gasto total de S/150 para el año. Asimismo, se destina una unidad de cinta de seguridad a un costo de S/20, resultando en un gasto de S/20. Además, se contabilizan 12 paquetes de tarjetas de colores, cada uno a un costo de S/20, generando un gasto de S/240. También se adquieren 7 unidades de tachos de basura a un costo unitario de S/22, generando un gasto de S/154. La compra de 4 unidades de trapos de limpieza a un costo unitario de S/3.5 resulta en un gasto adicional de S/14. Finalmente, se incorporan al presupuesto 2 cajas de micas, cada una a un costo de S/8.5, generando un gasto de S/17. Sumando todos estos elementos, el total anual de los materiales 5S asciende a S/595.

**Tabla 35. Materiales para implementación 5S (Anual)**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario S/.</b>	<b>Total anual S/.</b>
Materiales 5S: Cajas para organización	und	10	15	150.00
Materiales 5S: Cinta de seguridad	und	1	20	20.00
Materiales 5S: Tarjetas de colores	paquete	12	20	240.00
Materiales 5S: Tachos de basura	und	7	22	154.00
Materiales 5S: Trapos de limpieza	und	4	3,5	14.00
Materiales 5S: Micas	caja	2	8,5	17.00
<b>Total</b>				<b>S/ 595,00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 37 se observan los costos asociados con el diseño de diversos elementos esenciales para la implementación efectiva del método 5S. En este sentido, se asignó un costo de S/50 para el diseño del formato del control de limpieza, la planificación de actividades de limpieza, el registro de clasificación y la tarjeta roja, cada uno por separado. Cada uno de estos elementos contribuye con S/50 al gasto total anual de S/400. Además, se incluye el diseño de dos cronogramas: uno para la implementación de las 5S y otro para la capacitación 5S, ambos con un costo de S/50 cada uno, generando un gasto adicional



de S/100. Sumando todos estos elementos, el costo total anual para el diseño de los diferentes componentes necesarios para la implementación efectiva del método 5S asciende a S/400. Es importante mencionar que la evaluación 5S se realizará cada 3 meses.

**Tabla 36.** Costos de horas hombre en el diseño 5S

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad horas</b>	<b>Costo S/.</b>	<b>Total anual S/.</b>
Diseño del formato del control de limpieza	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Diseño de la planificación de actividades de limpieza	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Diseño del registro de clasificación	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Diseño de la tarjeta roja	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Diseño del cronograma de implementación de las 5S	2	S/ 50,00	S/ 100,00
Diseño del cronograma de capacitación 5S	2	S/ 50,00	S/ 100,00
<b>Total</b>			<b>S/ 400,00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 38 describe los costos asociados con el tiempo de capacitación dedicado a diferentes temas relacionados con el método 5S. Cada sesión de capacitación tiene una duración de 1 a 2 horas, con un costo unitario de S/50 por hora. En total, se llevan a cabo 21 sesiones de capacitación, con un costo de S/50 por hora de capacitación, sumando un total de S/1,300 para el año. Los temas de capacitación abarcan una amplia variedad, desde la presentación de las 5S hasta la implementación y cuestionarios de evaluación.

**Tabla 37.** Costos en capacitaciones mensuales

<b>Temas</b>	<b>Duración (horas)</b>	<b>Costo S/./hora</b>	<b>Total anual S/.</b>
Gastos en tiempos de capacitación 1: Presentación de las 5S	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 2: Origen y metodología 5S	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 3: Beneficios 5S	1	S/ 50,00	S/ 50,00

---

Gastos en tiempos de capacitación 4: Definición Seiri-Clasificar	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 5: ¿Cómo realizar la clasificación?	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 6: Ejemplos Seiri	2	S/ 50,00	S/ 100,00
Gastos en tiempos de capacitación 7: Definición Seiton – Organizar	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 8: ¿Cómo realizar una organización?	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 9: Ejemplo Seiton	2	S/ 50,00	S/ 100,00
Gastos en tiempos de capacitación 10: Examen de los tres temarios	1,5	S/ 50,00	S/ 75,00
Gastos en tiempos de capacitación 11: Definición Seiso – Limpieza	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 12: ¿Cómo realizar una limpieza?	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 13: Ejemplos Seiso	2	S/ 50,00	S/ 100,00
Gastos en tiempos de capacitación 14: Definición Seiketsu- Estandarizar	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 15: ¿Cómo realizar una estandarización?	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 16: Ejemplos Seiketsu	2	S/ 50,00	S/ 100,00
Gastos en tiempos de capacitación 17: Herramientas de medición de resultados	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 18: 5S y mejora continua	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 19: Cuestionarios de los tres temarios	1,5	S/ 50,00	S/ 75,00
Gastos en tiempos de capacitación 20: Esquema de implementación	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Gastos en tiempos de capacitación 21: Despedida	1	S/ 50,00	S/ 50,00

---

<b>Total</b>	<b>S/ 1.300,00</b>
--------------	--------------------

*Nota.* Elaboración propia.

De la misma forma, la tabla 39 presenta el detalle de los costos asociados con la consultoría en Value Stream Mapping (VSM), el cual será el enfoque clave para mejorar la eficiencia operativa. En primer lugar, se asigna un costo de S/30 por hora para la consultoría de un profesional con experiencia en VSM, con una dedicación de 20 horas, generando un gasto de S/600 al año. Además, se incluyen los costos de logística asociados con el consultor VSM, alcanzando los S/400. Sumando ambos componentes, el costo total de la consultoría en VSM asciende a S/1,000.

**Tabla 38.** Costos en capacitaciones mensuales

Temas	Cantidad	Duración (horas)	Costo S/ /hora	Total anual S/.
Costo de consultor con experiencia en VSM	1	20	30	600
Costos de logística del consultor VSM				400
<b>Total</b>				<b>S/ 1.000,00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Se realizó un análisis detallado de los costos ahorrados en el proceso de habilitado de una chaqueta, desglosando los tiempos pre y post test. Este análisis se desarrolló en la tabla 36, donde se observa el que habilitado del material tiene una reducción 16 horas hombre, el pre ensamblado una disminución de 44 horas y el ensamblado una reducción de 48 horas. En total las horas hombre ahorradas son de 108 horas. El costo total que la empresa ahorra por la reducción de estas horas en la fabricación de una chaqueta metálica es de S/ 2,268. Caber resaltar que el costo total ahorrado asume el papel de ingresos en este análisis financiero. El cual va ha servir para desarrollar el flujo de caja neto.

**Tabla 39.** Costos de horas hombre adicionales por reparación

Procesos de la fabricación de una chaqueta metálica	Tiempo pre test (horas)	Tiempo post test (horas)	Reducción total de horas hombre	Costo/hora hombre	Total, ahorrado por chaqueta
Habilitado de material de bandeja	48	32	16.0	21.0	336.0
Pre- ensamblado	172	128	44.0	21.0	924.0
Ensamblado	176	128	48.0	21.0	1008.0
<b>Total</b>					<b>S/. 2268.0</b>

Nota. Elaboración propia.

Los costos proyectados para el mes cero del proceso de implementación y mejora se observan en la tabla 41. De esta forma, se incluyen gastos asociados con la toma de tiempos, materiales para la organización, capacitaciones 5S, diseño de herramientas específicas, consultoría con experiencia en Value Stream Mapping (VSM), y las horas hombre dedicadas a la organización de almacenes y horas máquina. Estos costos abarcaron desde la contratación de profesionales para la toma de tiempos hasta la adquisición de materiales hasta la compra de cajas, cintas y tarjetas de colores para la organización eficiente del espacio de trabajo. Las capacitaciones 5S y la consultoría en VSM reflejan un compromiso con la mejora continua y la eficiencia operativa. Asimismo, se consideran los costos de diseño y la logística asociados con la consultoría externa. En total, los costos para el desarrollo de la mejora ascienden a S/ 9,921, proporcionando una visión integral de la inversión inicial necesaria para implementar la propuesta en la empresa en estudio.

**Tabla 40.** Flujo de caja de egresos

<b>COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO</b>	<b>MES 0</b>	<b>ME S 1</b>	<b>ME S 2</b>	<b>ME S 3</b>	<b>ME S 4</b>	<b>ME S 5</b>	<b>ME S 6</b>	<b>ME S 7</b>	<b>ME S 8</b>	<b>ME S 9</b>	<b>MES 10</b>	<b>MES 11</b>	<b>MES 12</b>
Gastos en profesionales para la toma de tiempos	1,000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Alquiler de cronómetro	640	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en materiales para la toma de tiempos: Papel	35	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en materiales para la toma de tiempos: Lapiceros	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en capacitaciones 5S: Lapiceros para evaluación	120	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en capacitaciones 5S: Impresión de exámenes de evaluación	80	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Cajas para organización	150	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Cinta de seguridad	20	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Tarjetas de colores	240	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Tachos de basura	154	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Trapos de limpieza	14	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Materiales 5S: Micas	17	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Diseño del formato del control de limpieza	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Diseño de la planificación de actividades de limpieza	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Diseño del registro de clasificación	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Diseño de la tarjeta roja	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Diseño del cronograma de implementación de las 5S	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Diseño del cronograma de capacitación 5S	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 1: Presentación de las 5S	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 2: Origen y metodología 5S	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 3: Beneficios 5S	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 4: Definición Seiri-Clasificar	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 5: ¿Cómo realizar la clasificación?	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 6: Ejemplos Seiri	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 7: Definición Seiton - Organizar	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 8: ¿Cómo realizar una organización?	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 9: Ejemplo Seiton	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 10: Examen de los tres temarios	75	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 11: Definición Seiso - Limpieza	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 12: ¿Cómo realizar una limpieza?	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 13: Ejemplos Seiso	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Gastos en tiempos de capacitación 14: Definición Seiketsu- Estandarizar	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 15: ¿Cómo realizar una estandarización?	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 16: Ejemplos Seiketsu	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 17: Herramientas de medición de resultados	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 18: 5S y mejora continua	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 19: Cuestionarios de los tres temarios	75	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 20: Esquema de implementación	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gastos en tiempos de capacitación 21: Despedida	50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Costo de consultor con experiencia en VSM	600	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Costos de logística del consultor VSM	400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Combustible de maquinaria (Clasificación, Organización, Limpieza)	200	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Costo de maquinaria	2,496												
Desarrollo operativo de las 5S (Clasificación, Organización, Limpieza)	2,050	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>TOTAL, DE COSTOS</b>	<b>9,921</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 41.** Flujo de caja de ingresos

<b>COSTO POR HH ADICIONALES</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>	<b>MES 9</b>	<b>MES 10</b>	<b>MES 11</b>	<b>MES 12</b>
Habilitado de material de bandeja	336	336	336	336	336	336	336	336	336	336	336	336
Pre- ensamblado	924	924	924	924	924	924	924	924	924	924	924	924
Ensamblado	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
<b>TOTAL, DE COSTOS</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>	<b>S/.2,268</b>

Nota. Elaboración propia.

La tabla 42 muestra los costos ahorrados en horas hombre en la fabricación de una chaqueta metálica, en un horizonte de doce meses, esta tabla representa es el flujo de caja de ingresos después de la implementación del diseño de mejora.



**Tabla 42.** Flujo de caja neto

	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>FLUJO</b>														
<b>DE CAJA</b>	-9,921	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	<b>TASA</b> 15%
<b>NETO</b>														

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 43 refleja el flujo de caja neto mensual para un período de doce meses, comenzando con un valor inicial de -S/9,925 en el mes cero por la inversión realizada. A partir del mes 1, se observa un cambio hacia valores positivos, con un flujo de caja neto constante de S/2,268 en cada uno de los meses subsiguientes. Este cambio positivo indica que, a partir del mes 1, la empresa experimenta un flujo de efectivo neto positivo mensual, lo cual sugiere una recuperación y un rendimiento financiero favorable a medida que avanza la implementación del proceso de mejora. Es importante destacar el flujo de caja neto es el resultado de la diferencia del flujo de caja de los ingresos menos el flujo de caja de los egresos.

El flujo de caja neto, junto con la tasa de interés del 15%, se emplea para calcular los indicadores financieros. Esta tasa de interés constituye el costo de capital (COK), reflejando el rendimiento esperado del capital invertido en la implementación de la mejora propuesta.

**Tabla 43. Indicadores financieros**

<b>Indicador</b>	<b>Cantidad</b>
VAN	S/. 12,293.96
TIR	20%
IR	S/. 1.24

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 44 proporciona métricas claves de evaluación financiera para el proyecto, destacando la rentabilidad y viabilidad económica del mismo. El Valor Actual Neto (VAN) asciende a S/. 12,293.96, lo que indica un valor neto positivo de los flujos de efectivo descontados a una tasa de interés específica. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 20%, superando la tasa de descuento utilizada en la evaluación. Esto sugiere que el proyecto tiene un rendimiento financiero sólido y que es probablemente una inversión favorable. Además, la Tasa Interna de Retorno supera la Tasa Mínima de Aceptación o Tasa de Descuento, reforzando la viabilidad del proyecto. El índice de rentabilidad (IR) se sitúa en S/1.24, lo que significa que, por cada unidad monetaria invertida, se espera obtener un retorno adicional de S/ 1.24. Estas métricas indican que la implementación de la mejora propuesta es viable económicamente para la empresa en estudio.

En cuanto a los costos e inversión necesaria para llevar a cabo la implementación, la empresa absorbió dicho coste como un centro de costo más dentro de sí misma bajo el nombre de “implementación de taller Arequipa” cuya finalidad fue tener un registro de todos los gastos correspondientes a las actividades y movimientos que se conllevan en relación a la implementación de la metodología lean además de poder tener un antecedente para su posterior aplicación en las diversas unidades de la empresa como en sus talleres más grandes ubicados en Espinar, Cuajone y Challhuahuacho en los que se realizan actividades como la reparación de tolvas y cucharones.

### **4.3. Impacto ambiental**

La implantación de la metodología de las 5S en una empresa metalúrgica puede tener un impacto medioambiental positivo en varios aspectos. A continuación, se indican cinco formas en las que esta metodología puede contribuir a la sostenibilidad medioambiental:

1. Reducción de residuos: La metodología 5S promueve la eliminación de elementos innecesarios y la organización eficiente de los recursos. Esto ayuda a reducir el desperdicio de materiales en la empresa metalúrgica, lo que a su vez reduce la generación de residuos. Mediante la aplicación de prácticas adecuadas de gestión de residuos, como el reciclaje y la reutilización, se puede minimizar el impacto medioambiental asociado a la producción y el funcionamiento de la empresa.

2. Uso eficiente de los recursos: La metodología de las 5S también se centra en el uso eficiente de los recursos, como las materias primas, la energía y el agua. Al organizar el espacio de trabajo de forma eficiente, se reduce la necesidad de movimientos innecesarios y se optimiza el consumo de recursos. Esto puede dar lugar a una disminución significativa del consumo de energía y agua, así como a una reducción de la extracción de materias primas, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales.

3. Mejora de la gestión medioambiental: La implantación de la metodología 5S implica el establecimiento de normas y procedimientos claros para mantener el orden y la limpieza en la empresa. Esto incluye la identificación y el control de sustancias peligrosas, la manipulación adecuada de productos químicos y el cumplimiento de la normativa medioambiental. Al mejorar la gestión medioambiental, la empresa metalúrgica puede prevenir la contaminación y los impactos negativos sobre el entorno natural.

4. Promover la concienciación medioambiental: Al adoptar la metodología de las 5S, se fomenta una cultura de responsabilidad medioambiental entre los empleados. Mediante la formación y la participación en la aplicación de las 5S, se genera conciencia de la importancia de cuidar el medio ambiente. Esto puede dar lugar a cambios de comportamiento individuales y colectivos, tanto dentro como fuera del entorno laboral, que promuevan prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

5. Cumplimiento de la normativa medioambiental: La implantación de la metodología 5S puede ayudar a la empresa metalúrgica a cumplir con las normas y reglamentos medioambientales vigentes. Al establecer un entorno de trabajo ordenado y limpio, facilita la identificación y el seguimiento de requisitos medioambientales específicos. Esto reduce

el riesgo de sanciones y multas por incumplimiento y garantiza el cumplimiento de las obligaciones legales relacionadas con la protección del medio ambiente.

#### **4.4. Impacto social**

Varios ámbitos de la sociedad podrían beneficiarse enormemente de que una empresa metalúrgica adoptara el concepto de las 5S. He aquí cuatro características destacadas que ponen de relieve los beneficios potenciales de la metodología para el progreso y la prosperidad de la sociedad:

En primer lugar, la técnica de las 5S pretende mejorar las condiciones de trabajo haciendo hincapié en la limpieza y el orden en el lugar de trabajo. Su aplicación crea un lugar de trabajo más seguro y organizado, que a su vez protege a los empleados de posibles daños. Como resultado, disminuyen tanto el absentismo como los accidentes laborales, y aumenta la calidad de vida de los trabajadores.

En segundo lugar, la técnica de las 5S mejora la eficiencia operativa racionalizando los procedimientos y eliminando pasos superfluos. La empresa metalúrgica puede realizar sus operaciones con mayor fluidez, lo que aumenta la producción y facilita el cumplimiento de los plazos de entrega. Esto permite a la empresa ampliar su plantilla e impulsar la economía regional.

En tercer lugar, desarrollar la experiencia y trabajar en equipo son dos ventajas clave de la adopción de la técnica de las 5S. Es más probable que los empleados trabajen juntos y cooperen cuando las funciones están definidas y comunicadas. Los trabajadores que se tomen la molestia de aprender a gestionar mejor su tiempo encontrarán más fácilmente un empleo remunerado.

En cuarto lugar, la reputación y el perfil público de la empresa metalúrgica pueden mejorar si se aplican con éxito en ella los métodos de las 5S. La impresión de profesionalidad y calidad la transmite una empresa bien organizada, limpia y que funciona sin problemas. Como consecuencia, puede aumentar la confianza de clientes y proveedores, así como el interés de posibles empleados y nuevos socios comerciales.

En conclusión, una empresa metalúrgica que adopte la técnica de las 5S puede marcar una diferencia positiva en el mundo. Además de mejorar las condiciones de trabajo y la eficiencia operativa, también ayuda a los empleados a aprender nuevas habilidades, disminuye la influencia negativa de la empresa en el medio ambiente y mejora la reputación

de la marca. Todos estos factores son importantes para promover la felicidad de los trabajadores, nuevas oportunidades de empleo y el crecimiento económico.

## 4.5. Resultados

### 4.5.1 Resultado de indicadores

**Tabla 44.** *Mejora de cumplimiento de puntaje 5s*

Fase	Actual	Auditoria 1	Auditoria 2	Auditoria 3	Auditoria 4	Auditoria 5	Incremento de cumplimiento
Seiri	40%	75%	80%	80%	80%	80%	40%
Seiton	35%	80%	80%	75%	85%	85%	50%
Seiso	30%	75%	85%	85%	85%	80%	50%
Seiketsu	30%	70%	75%	80%	80%	80%	50%
Shitsuke	35%	70%	70%	75%	85%	85%	50%
TOTAL	34%	74%	78%	79%	83%	82%	48%

*Nota.* Elaboración propia.

Se puede observar que el cumplimiento de cada fase de la 5S se ha incrementado en 48% desde la actual que partió en un 34%.

**Tabla 45.** *Mejora de indicadores*

Indicadores	Pre test	Post Test
Productividad Mano de Obra	0.27%	0.34%
Productividad de materia prima	75%	80%
Takt Time	5.4 min/ kg	5.8 min / kg
% cumplimiento de las 5S	34%	82%

*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.5.2 Análisis descriptivo comparativo

A continuación, se muestran los gráficos comparativos de los resultados pre y post test de los indicadores de la variable independiente: Lean Manufacturing.

En la figura 24 se puede observar que el takt time de la fabricación de una chaqueta metálica incrementa de 5.4 min/kg a 5.8 min/kg, luego de la implementación de las 5S y el uso del VSM como herramienta de diagnóstico.

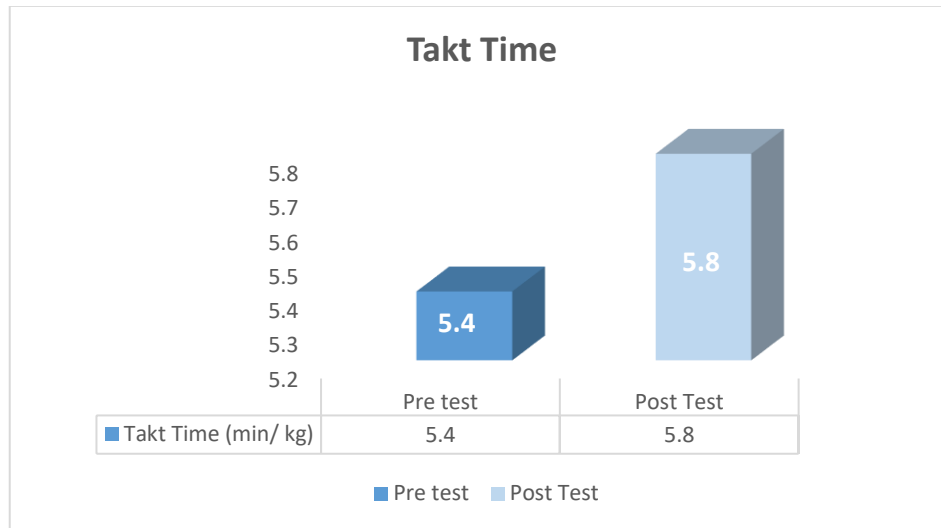


Figura 24. Pre y post tes del Takt Time

En la figura 25 se puede observar que el porcentaje de cumplimiento de la metodología 5S ha mejorado, pasando del 34% en la última auditoría al 82% de cumplimiento.

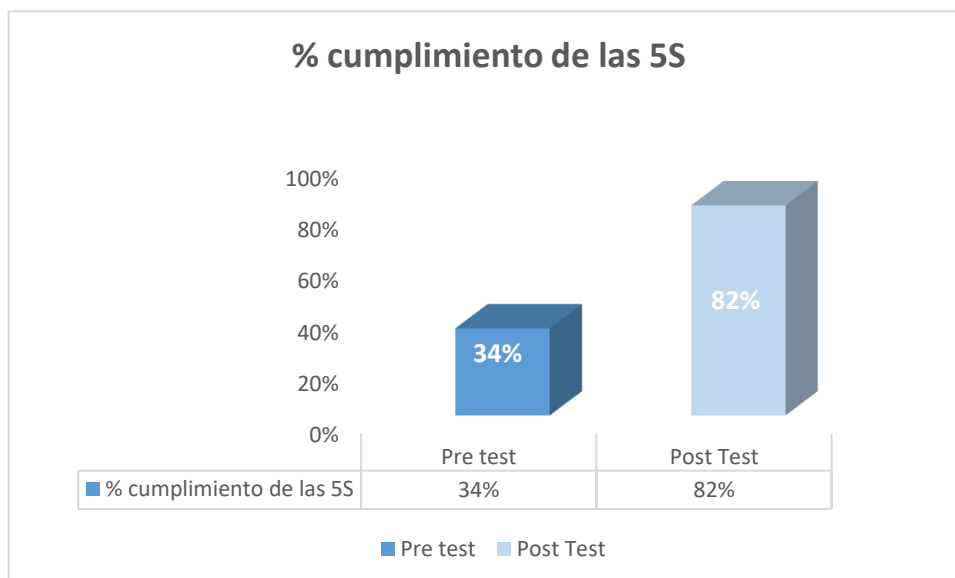
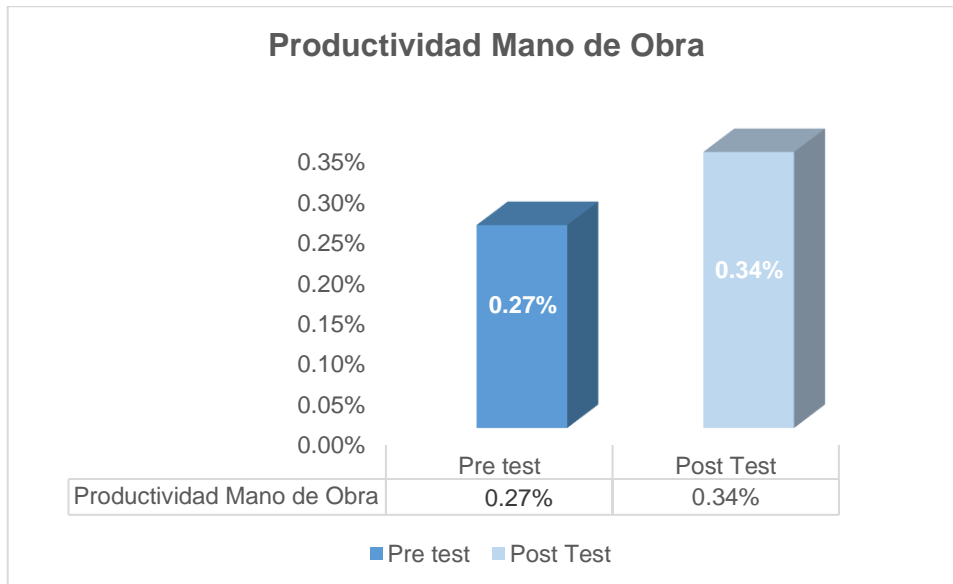


Figura 25. Pre y post tes del % de cumplimiento de 5S

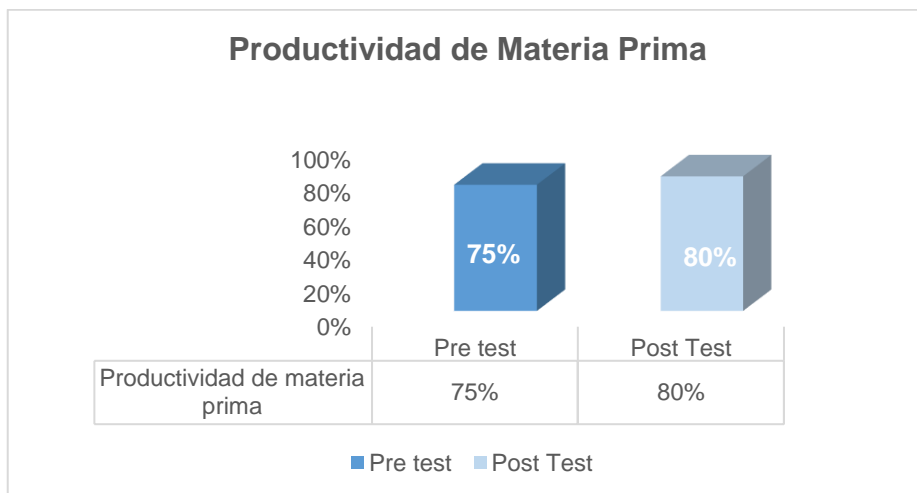
A continuación, se muestran los gráficos comparativos de los resultados pre y post test de los indicadores de la variable dependiente: Productividad.

En la figura 26 se puede observar que la productividad de la mano de obra aumentó del 0.25% al 0.34% luego de la implementación de las 5S y el uso del VSM como herramienta de diagnóstico.



**Figura 26.** Pre y post tes de la productividad de mano de obra

La productividad de la materia prima incrementó del 75% al 80% luego de la implementación de las 5S y el uso del VSM como herramienta de mejora.



**Figura 27.** Pre y post tes de la productividad de materia prima

## Métricas de mejora

**Tabla 46.** Métricas de mejora

HERRAMIENTA	INDICADOR	AUTOR	Pretest	Postest	META
5s	PMO	Canales (2020)	14 kg/h-h	19 kg/h-h	>1.40 kg/h-h
5s	Cumplimiento de 5s	Mancilla et al., (2021)	34%	82%	>80%
5s	Takt time	Ocaña et al., (2022)	6.8 min/kg	8.6 min/kg	>5min

*Nota.* Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 47, que los indicadores de PMO, cumplimiento de 5s y takt time cumplen con su meta. En el caso de PMO, pasa de 14 a 19 kg/h-h y supera el PMO de la meta que es 1.40 kg/h-h (Canales, 2020). Se observa que el cumplimiento de 5s supera el 80% propuesto por Mancilla et al. (2021), el cual el pretest fue de 34% e incremento en el postest hasta 82%. Finalmente, el takt time pasa 6.8 min/kg a 8.6 min/kg.

### 4.5.3 Análisis inferencial

**Tabla 47.** Prueba de normalidad

Variable	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Productividad de Mano de Obra Pre - test	0.768	5	0.044
Productividad de Mano de Obra Post - test	0.963	5	0.826
Productividad de Materia Prima Pre - test	0.894	5	0.377
Productividad de Materia Prima Post - test	0.867	5	0.254

*Nota.* gl=grados libertad; p>.05\*



Para el análisis de normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, dado que se está utilizando una estructura de 5 meses, se puede observar en la variable "Productividad Laboral Pre-test" que los resultados no cumplen con una distribución normal ( $p < .05$ ). Esta situación sugiere que no es adecuado utilizar pruebas estadísticas paramétricas, como la prueba t de Student, que suponen que los datos siguen una distribución normal. Además, deberían emplearse pruebas no paramétricas, como la prueba U de Mann-Whitney o la prueba de Wilcoxon, que no sugieren normalidad en los datos. Por lo que, en este caso se usará la prueba de Wilcoxon debido a que las muestras son relacionadas.

Por el contrario, en la prueba de Shapiro-Wilk, las otras tres variables examinadas: "Productividad de la mano de obra después de la prueba", "Productividad de las materias primas antes de la prueba" y "Después de la prueba", arrojaron valores p superiores a .05. Según esto, los datos se ajustan efectivamente a una distribución normal. En estos casos, las pruebas paramétricas, como la prueba t de Student, son adecuadas y eficaces para comparar medias en conjuntos de datos que siguen una distribución normal.

### Prueba de hipótesis de la productividad de mano de obra

$H_i$  = La implementación del lean Manufacturing aumenta la productividad de mano de obra en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

$H_0$  = La implementación del lean Manufacturing no aumenta la productividad de mano de obra en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

### Regla de decisión:

Si significancia  $\geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )

Si significancia  $< 0.05$ , no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna ( $H_i$ ).

**Tabla 48.** Análisis de la comparación entre la productividad de mano de obra pre y post test por medio de la prueba de wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	p
Productividad de Mano de Obra Pre-test y Post-test	Rangos negativos	5	0	0	-2,023	0.043
	Rangos positivos		3	15		

Nota. Elaboración propia.

La prueba de Wilcoxon ha revelado un valor p de 0.043, lo que es menor que el umbral convencional de 0.05 para la significancia estadística. Esto indica que hay una diferencia estadísticamente significativa en la productividad de mano de obra antes y después de la implementación del Lean Manufacturing. Dado que el valor Z es negativo y la suma de rangos se asocia con los rangos negativos, esto sugiere que la productividad de mano de obra disminuyó después de la implementación del Lean Manufacturing.

Esto significa que, en base a estos resultados, se rechazaría la hipótesis nula (H0) que afirmaba que la implementación del Lean Manufacturing no aumenta la productividad de mano de obra, y se aceptaría la hipótesis alternativa (Hi). Sin embargo, es importante notar que, aunque estadísticamente significativa, la dirección del cambio es contraria a la hipótesis alternativa: en lugar de un aumento, hubo una disminución en la productividad de mano de obra después de implementar Lean Manufacturing.

### **Prueba de hipótesis de la productividad de materia prima**

Hi= La implementación del lean Manufacturing aumenta la productividad de materia prima en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022.

H0= La implementación del lean Manufacturing no aumenta la productividad de materia prima en la empresa de metalmecánica de Arequipa en el año 2022

**Tabla 49.** *Análisis de la comparación entre la productividad de mano de obra pre y post test por medio de la prueba t de student*

<b>Comparación de variables</b>	<b>M</b>	<b>DE</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig</b>
Productividad de Materia Prima Pre-test y Post-test	0.74	0.011	143.58	4	0

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 50, se encontró que la diferencia media en la productividad de la materia prima fue de 0.74, lo cual indica que, en promedio, hubo un aumento en la productividad tras la implementación del Lean Manufacturing. Este aumento es significativo, considerando la desviación estándar registrada de solo 0.011, lo que sugiere que las variaciones en la productividad entre las mediciones antes y después de la implementación fueron mínimas y consistentes.

Un aspecto crítico de estos resultados es el valor t, que se situó en 143.580, este valor altamente positivo es indicativo de una diferencia estadísticamente significativa entre las productividades antes y después de la implementación del Lean Manufacturing, la significancia de estos resultados fue de .000, demostrando así el impacto positivo la implementación de esta metodología.

## CONCLUSIONES

En conclusión:

- La implementación del Lean Manufacturing incrementó la productividad de la empresa metalmeccánica de Arequipa, utilizando herramientas como las 5S y el Value Stream Mapping. Estas herramientas permitieron reducir un 8% de la cantidad total de horas-hombre utilizadas en la fabricación de una chaqueta metálica, así como un 5% de la cantidad total de materia prima utilizada en el proceso.
- Ante de la implementación de la metodología Lean Manufacturing, se determinó que el total de horas hombre utilizados para la fabricación de una chaqueta metálica es de 396 horas. Permittiendo determinar que la productividad de mano de obra es de 0.27% y la productividad de materia prima es de 75%.
- Las herramientas seleccionadas del Lean Manufacturing para ser implementadas en la empresa de Metalameccánica de Arequipa fueron dos: la primera es una herramienta de diagnóstico, el Value Stream Mapping, y la segunda es la herramienta de mejora, La 5S.
- Después de la implementación, se determinó que la aplicación de las 5S y el Value Stream Mapping impactó de forma positiva tanto en la reducción del scrap de Materia prima en un 5%, como en la cantidad de horas-hombre (288 h-h). Esto evidencia una clara disminución de los recursos utilizados. Como resultado, la productividad de mano de obra se incrementó a 0.34%, y la productividad de materia prima a 80%.
- La evaluación económica de la implementación propuesta revela una perspectiva financiera positiva, debido a que, los indicadores financieros respaldan la viabilidad del proyecto, con VAN de S/. 12,293.96 y una TIR del 20%. Estos valores indican un retorno positivo de la inversión y un rendimiento financiero atractivo. Sumado a ello, el Índice de Rentabilidad de 1.24 refuerza aún más la solidez económica del proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que el representante de la empresa utilice la técnica de las 5S en el lugar de trabajo para fomentar una cultura de orden y limpieza para aumentar así el rendimiento de los empleados.
2. Para comparar los resultados antes y después de aplicar la técnica, se aconseja que el representante de la empresa caracterice y establezca los procesos junto con ello realizar un efectivo manejo de indicadores.
3. Se recomienda al propietario que imparta formación sobre la técnica de las 5S para destacar su importancia y las ventajas que aportará a la organización además de lograr inspirar dedicación por parte de los trabajadores.
4. Un representante de la empresa tiene que vigilar cómo se pone en práctica la técnica de las 5S para que la empresa pueda responder de forma proactiva en el ahorro de dinero y obtener los resultados deseados sin recortar gastos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORNOZ, F. y MACHUCA BRIAN, 2021. *Herramientas Lean Manufacturing Para Incrementar La Productividad En La Línea De Ropa De Cama De Una Empresa Textil* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9ff6d654-7c1a-40b4-b0d6-fc0998e0cec8/content>.
- CABRERA, R. s.f. Análisis de la Cadena de Valor.s.l
- CAMARA DE COMERCIO E INDUSTRIA DE AREQUIPA, 2022. Indicadores económicos. S.l.:
- CANALES, G., 2020. Diseño de un modelo de planificación de la mano de obra directa para la gestión de producción de empresas farmacéuticas. *Industrial Data*, vol. 22, no. 2, pp. 65-84. ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v22i2.17391.
- CARRO, R. y GONZÁLES, D., 2018. *Administración Operaciones de la productividad y competitividad*. S.l.: s.n.
- CHUKHRAI, N., KULYNIK, I. y HLIANTSEVA, O., 2017. Methodological approaches to justification of improvement measures for using components of industrial enterprises potential. *Marketing and Management of Innovations*, no. 2, pp. 233-247. ISSN 22184511. DOI 10.21272/mmi.2017.2-22.
- CONDORI, P., 2020. Universo , población y muestra Porfirio Condori Ojeda. *Curso taller* [en línea], Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>.
- CUADROS, K. y SALINAS, L., 2020. *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cubos de hielo en una empresa de alimentos* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3875#.Y0gO2BM5\\_BA.mendeley](https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3875#.Y0gO2BM5_BA.mendeley).
- ESAN, 2019. Heijunka. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/heijunka-las-herramientas-para-implementar-esta-metodologia-en-una-empresa>.
- FERNÁNDEZ, V., 2020. Tipos de justificación en la investigación científica. [en línea], vol. 4, no. 3, pp. 65-76. Disponible en: <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>.

- GUTIÉRREZ, P., 2016. *Calidad Total y Productividad*. S.l.: s.n. ISBN 9786071503152.
- HERNÁNDEZ, S. y DUANA, D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea], vol. 9, no. 17, pp. 51-53. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678%0A%0A>.
- HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C.P., 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta*. S.l.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5.
- HLC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN, 2021. Recuperación de la industria metalmecánica. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.hlcsac.com/noticias/recuperacion-de-la-industria-metalmeccanica/>.
- JUEZ, J., 2020. *Productividad Extrema: Como Ser Más Eficiente, Producir Más, y Mejor*. S.l.: s.n.
- LÓPEZ, J., URIBE, J. y AGUDELO, S., 2021. Factores clave en la evaluación de la productividad: estudio de caso. *Revista CEA*, vol. 7, no. 15, pp. e1800. ISSN 2390-0725. DOI 10.22430/24223182.1800.
- MANCILLA, R., 2021. *Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing en el ensamble y fabricación de neveras industriales en la organización Imbera Colombia*. S.l.: s.n.
- MANZANO, M. y GISBERT, V., 2016. Lean Manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 5, no. 4, pp. 16-26. DOI 10.17993/3ctecno. 2016.v5n4e20.16-26.
- NIEBEL, B., y FREIVALDS, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos y Estándares y diseño del trabajo*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- ÑAUPAS, H., PAITÁN, M., DUEÑAS, J. y VILELA, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.
- OCAÑA, F., 2022. *Plan de mejoramiento de la productividad a través de herramientas lean manufacturing para la disminución de desperdicios en el proceso de empaclado y*

*almacenamiento de la empresa Mascorona y Soleg Cia. Ltda. S.l.: s.n.*

OCOLA, N., 2022. *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de procesos de la empresa AMI Servicios SAC, Arequipa* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

POMA, H., 2018. *Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) en las cámaras frigoríficas para mejorar la productividad de la empresa Newrest Inflight S.A.C., Callao 2017*. S.l.: s.n.

QUIJADA, J., 2018. *Operaciones y procesos de producción* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q3XIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=En+consecuencia,+una+empresa+que+carezca+de+un+sistema+logístico+adecuado+en+función+de+su+estructura+empresarial,+su+estrategia+comercial+o+su+salud+financiera+se+enfrentaría+a+desv.>

SALAZAR, J., 2022. Coyuntura Industrial. *Sociedad Nacional de Industrias*, pp. 1-89.

SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.

SANCHÉZ, J., 2022. Costo operativo. [en línea], Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/costos-operativos.html>.

SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJÍA, K., 2018. *Manual de Términos en Investigación científica, Tecnología y humanística* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>.

SOCCONINI, L., 2019. *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. Marge book. S.l.: s.n.

SOCCONINI, L., 2019. *Lean Company. Más allá de la manufactura*. S.l.: Marge Book. ISBN 9788417313982.

SÓCOLA, A, MEDINA, A. y OLAYA, L., 2020. Las 5s, Herramienta innovadora para mejorar la productividad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas* [en línea], pp. 41-47. Disponible en: <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/307/332>.



VILCHEZ, A., 2020. *Diseño e implementación de la metodología Lean Manufacturing para aumentar la productividad en la organización APM SRL*. S.l.: s.n.

VILLALOBOS, I., PALAVECINO, M. y JARA, P., 2016. «Mejora de Procesos Productivos mediante Lean Manufacturing». *Universia Business Review* [en línea], vol. 14, no. 2, pp. 263-277. ISSN 0718-3305. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052014000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052014000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Dimensiones	Metodología
¿En qué medida la implementación del Lean Manufacturing aumentará la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022?	Determinar en qué medida la implementación del Lean Manufacturing aumenta la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.	La implementación del Lean Manufacturing aumentará la productividad en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.	<b>VI: Lean manufacturing</b>	$\%C = \frac{\# \text{ puntaje obtenido}}{\text{Puntaje total optimo}}$ $Tack \ time = \frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo requerido}} \times$	5S  VSM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método científico: Descriptivo y de medición estadística.</li> <li>Tipo de investigación: Aplicada</li> <li>Diseño de la investigación: Pre - experimental.</li> <li>Población: Producción total de chaquetas metálicas en la compañía metalmecánica, durante los periodos comprendidos entre enero del 2022 hasta diciembre del 2022</li> <li>Tipo de muestra: Censal</li> </ul>
• ¿Cuál es la situación inicial de la productividad en la empresa metalmecánica	• Analizar la situación inicial de la productividad en la empresa metalmecánica		<b>VD: Productividad</b>	$\frac{N^{\circ} \text{ solicitudes registradas}}{\text{Horas hombre}}$	Productividad de la mano de obra	

<p>de Arequipa en el año 2022?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las herramientas apropiadas de la metodología Lean Manufacturing para aplicar en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022?</li> <li>• ¿Cuál es la productividad luego de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing</li> </ul>	<p>de Arequipa en el año 2022.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las herramientas apropiadas de la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.</li> <li>• Medir la productividad luego de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica</li> </ul>			<p><i>N° requerimientos at</i></p> <hr/> <p><i>Horas hombre</i></p>	<p>Produc tividad de la materi a prima</p>	
---	---	--	--	---	--	--

<p>en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022?</p> <p>• ¿Cuál es el impacto económico de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022?</p>	<p>de Arequipa en el año 2022.</p> <p>• Realizar la evaluación del impacto económico de la implementación del modelo en base a la metodología Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica de Arequipa en el año 2022.</p>					
---	--	--	--	--	--	--

Anexo 2: Formato de Control de Combustible

<b>CONTROL DE COMBUSTIBLE</b>									
<b>EMPRESA: METCOM M&amp;S E.I.R.L.</b>									
<b>EQUIPO :</b>		<b>MONTACARGA CATERPILLAR</b>			<b>AÑO :</b>		<b>2022</b>		
<b>PLACA O SERIE:</b>		<b>AU2165</b>			<b>TIPO PROPIO / ALQUILER</b>		<b>PROPIO AREQUIPA</b>		
<b>N°</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>HOROMETRO INICIO</b>	<b>HOROMETRO FINAL</b>	<b>FECHA FACT. TERMINO</b>	<b>NUMERO COMPROB.</b>	<b>MONT O S/.</b>	<b>CANT. GALONES</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>OBSERVACION</b>
1	12/01/2022			03/01/2022	F12R-00016577	S/200,00	15,29	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
2	03/01/2022			10/02/2022	F11R-00029296	S/200,00	15,44	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
3	03/02/2022			03/02/2022	F11R-00029296	S/150,00	15,44	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
4	10/02/2022			10/02/2022	F11R-00029566	S/150,00	15,59	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
5	19/02/2022			19/02/2022	F12R-00017317	S/150,00	15,87	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE

									MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
6	10/03/2022			10/03/2022	F11R-00030699	S/200,00	16,35	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
7	16/03/2022			16/03/2022	F12R-00017825	S/100,00	16,05	DIEGO VILCA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
8	28/03/2022			28/03/2022	F022-00023564	S/150,00	16,9	JIMMY MARQUEZ	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
9	12/07/2022			12/07/2022		S/150,00	16,9	ANDERSON ESPINOZA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
10	07/09/2022			07/09/2022	F003-00001030	S/200,00	17,99	Oscar dueñas	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
11	12/09/2022			12/09/2022	f11r-00042617	S/200,00	17,89	BRANCO BRAVO	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
12	16/09/2022			16/09/2022	F11R00042982	S/200,00	17,89	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE

									MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
13	09/29/2022			09/29/2022	F11R-00044029	S/200,00	18,15	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
14	10/01/2022			10/01/2022	F12R-00025486	S/200,00	19,35	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
15	17/10/2022			17/10/2022	F11R-00045768	S/200,00	19,29	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
16	04/11/2022			11/04/2022	F12R-0027180	S/200,00	19,29	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
17	18/11/2022			18/11/2022	F11R-48577	S/200,00	19,19	JESUS ESPINIZA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
18	25/11/2022			25/11/2022	F11R-00049147	S/200,00	19,19	ANDERSON ESPINOZA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS


19	29/11/2022			29/11/2022	F12R-00028359	S/200,00	19,19	ANDERSON ESPINOZA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	17/12/2022			17/12/2022	F12R-29120	S/200,00	19,19	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	23/12/2022			23/12/2022	F12R-29373	S/200,00	19,19	BRANCO BRAVO	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	03/01/2023			03/01/2023	F11R-52237	S/400,00	19,19	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	12/01/2023			12/01/2023	F002-8861	S/200,00	18,89	MILTON ROLDAN	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	22/02/2023			22/02/2023	F002-8862	S/200,00	18,89	MILTON ROLDAN	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	13/02/2023			13/02/2023	F12R-31087	S/200,00	18,39	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS



20	28/01/2023			28/01/2023	F12-30469	S/200,00	18,39	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS
20	18/01/2023			18/01/2023	F12T - 30214	S/200,00	18,35	ANDRE OCSA	CARGUIO Y DESCARGUIO DE MATERIALES, CAJAS LLEGADAS DE ALMACEN, PLANCHAS



Anexo 4: Formato de Verificación de Máquina


 <b>TALLER DE ENSAMBLES AREQUIPA</b>		<b>FORMATO DE VERIFICACION DE MAQUINA DE SOLDAR</b>						
<b>Nombre del equipo</b>		ALIMENTADOR LINCON			<b>Fecha de ingreso</b>	25/08/2022	<b>Fecha de mantenimiento</b>	20/09/2022
<b>Codigo</b>		U1190304048			<b>Lugar de llegada</b>	Toquepala	<b>Tecnico a cargo</b>	Oscar Dueñas
<b>Reporte del operario</b>		<b>Estado</b>				<b>Observacion</b>	<b>Mantenimiento</b>	
		Bueno	Malo	No existe	No palica			
Conectores		x						
Cable a tierra		x						
Conector de control			x			Se levantaron las observaciones		
Seguro de rodillos		x						
Rodillos		x						
Guiador de alambre		x						
Seguro de alambre		x						
Antorcha			x			Se levantaron las observaciones		
Pruebas funcionales		x						
Estado de carcasa		x						
Pruebas funcionales del equipo		x						
<b>Reporte tecnico</b>		<b>Estado</b>				<b>Observacion</b>	<b>Mantenimiento</b>	
		Bueno	Malo	No existe	No palica			
Estado de Selenoide		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		
Estado de contactor		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		
Estado de filtro de corriente		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		
Estado de motor empuje de rodillo		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		
Estado de contactos		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		
Mantenimiento preventivo y predigtivo general		x				Se realizo el mantenimeinto preventivo del componente		

Anexo 5: Cuadro de Mapeo de equipos METCOM

**Mapeo de equipos METCOM**

	<b>Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>ubicación</b>	<b>Fecha de llegada</b>	<b>Fecha de salida</b>	<b>ubicación</b>	<b>Fecha</b>
1	Alimentador Lincon LN 25	<b>U1200203781</b>	Las Bambas	07/09/22			
2	Alimentador Lincon LN 25	U1190505605	Las Bambas	07/09/22			
3	Alimentador Lincon LN 25	U1140108244	Las Bambas	07/09/22			
4	Alimentador Lincon LN 25	MET-22570-1	Las Bambas	07/09/22			
5	Alimentador Lincon LN 25	U1160906832	Las Bambas	07/09/22			
6	Alimentador Lincon LN 25	U1100104553	Las Bambas	07/09/22			
7	Máquina de soldar DC 600 Lincon	U1030613456	Las Bambas	07/09/22			
8	Máquina de soldar DC 600 Lincon	U1050805230	Las Bambas	07/09/22			
9	Máquina de soldar DC 600 Lincon	U1110308436	Las Bambas	07/09/22			
10	Inversora miller	U1050909034	Las Bambas	07/09/22			
11	Inversora miller	U1070506486	Las Bambas	07/09/22			
12	Alimentador Lincon LN 25	U1110811631	Arequipa	24/09/2022			
13	Alimentador Lincon LN 25	U1101210844	Arequipa	24/09/2022			
14	Alimentador Lincon LN 25	U1110409647	Arequipa	24/09/2022			
15	Alimentador Lincon LN 25	U1110408914	Arequipa	24/09/2022			
16	Alimentador Lincon LN 25	U1140107399	Arequipa	24/09/2022			
17	Alimentador Lincon LN 25	U1101208272	Arequipa	24/09/2022			
18	Alimentador Lincon LN 25	U1110500820	Arequipa	24/09/2022			
19	Alimentador Lincon LN 25	U1071010568	Espinar	07/09/2022			
20	Alimentador Lincon LN 25	U1160107455	Espinar	07/09/2022			

Anexo 6: Formato de Entrega de EPPS

		ENTREGA DE EPPS					AREA	PAGINA	1 de 1																			
RAZON SOCIAL		METCOM		RUC		DOMICILIO		ACTIVIDAD																				
DATOS DEL TRABAJADOR		20498100245		Apima II La Alborada Mz. K Lt. 8 Yura, Arequipa - Perú		VERSION		001																				
APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR		Israel almendrades			CARGO		soldador		LUGAR DE TRABAJO																			
DNI					TURNO (DIA/NOCHE)				MES																			
ITEM	FECHA DE ENTREGA	TRABAJO (FRENTE DE TRABAJO - TAREA)	GUANTES DE CAÑA LARGA	CARETA FACIAL ALTO IMPACTO CLARO	FILTRO 2097	TRAJE DE CUERO	CLIP	VISOR	FILTROS 2097	FILTROS 6003	RETENEDORES	ALMOHADILLA	GUANTES ANTICORTE	GUANTES DE CUERO	GUANTES DE NITRILO	GUANTES QUIRURGICOS	LENTE CLAROS	LENTE OSCUROS	SOBRELENTE CLAROS	SOBRELENTE OSCUROS	CARETA FACIAL ALTO IMPACTO OSCURO	TAPONES DE OIDO	TVEK	BARBIQUEJO	OTROS	FIRMA		
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												
26																												
27																												

Anexo 7: Tarjetas de Clasificación de Artículos

			
<b>EQUIPO</b>		<b>EQUIPO</b>	
<b>INOPERATIVO</b>		<b>INOPERATIVO</b>	
Fecha: _____ Descripción: _____ Motivo: _____	Observaciones		

			
<b>EQUIPO</b>		<b>EQUIPO</b>	
<b>OPERATIVO</b>		<b>OPERATIVO</b>	
Fecha: _____ nombre: _____ Cargo: _____ Motivo: _____	Observaciones		

Anexo 8: Charlas de capacitación





Anexo 9: Armado y habilitado de Clips





Anexo 10: Costo de materiales y/o recursos para el armado de chaquetas

PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316L E=1/2" (1500x6000)	Material	S/ 59,787.40
PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316L E=1/2" (1200x2400)	Material	S/ 19,131.97
BRIDA SLIP ON DE ACERO INOXIDABLE 316L B16.5 X 150 LBS. RF Ø 1"	Material	S/ 14.41
BRIDA SLIP ON DE ACERO INOXIDABLE 316L B16.5 X 150 LBS. RF Ø 1 1/2"	Material	S/ 21.61
BRIDA SLIP ON DE ACERO INOXIDABLE 316L B6.5 X 150 LBS. RF Ø 2"	Material	S/ 27.97
MEDIA COPLA SIMPLE Ø 1 1/2" (HALF COUPLING) DE ACERO INOXIDABLE 316L ASME B16.11 X 3000 LBS ROSCA	Material	S/ 13.90
TAPON MACHO CABEZA HEXAGONAL Ø 1 1/2" (HEX HEAD PLUG) DE ACERO INOXIDABLE 316L ASME B16.11 X 6000	Material	S/ 13.56
ALAMBRE TUBULAR INOXIDABLE SHIELD BRIGHT 316L 1.6MM (12.5KG) - ESAB	Material	S/ 30.00
DISCOS ABRASIVOS PARA DESBASTE - ACERO INOXIDABLE 7" x 7 x 22,23	Material	S/ 12.00
DIOXIDO DE CARBONO	Material	S/ 915.00
SS DE PLEGADO EN PLANCHA	Material	S/ 550.00
ELECTRODO 125 AMP HYPER THERM	Material	S/ 210.00
NOZZLE HYPER THERM	Material	S/ 110.00
SS ROSCADO TUBO NPT 1 1/2 AMBOS EXTREMOS	Material	S/ 135.00
TUBO REDONDO DE ACERO INOXIDABLE 1 1/2" X 1.5 MM X 6 METROS	Material	S/ 106.40
DISCOS DE CORTE - ACERO INOXIDABLE 9 x 7 x 22,23	Material	S/ 12.00
BROCA CONICA COBALTADA HSS DE 22 MM	Material	S/ 109.00
SOLDINOX X 20KG	Material	S/ 207.00

Anexo 11: Tiempo de duración para la elaboración de chaquetas por operación

<b>Nombre</b>	<b>Duración</b>
INICIO	16.5 días
Habilitado de material	3.13 días
Cortado de clips	3 días
Cortado de lamina	1 día
Cortado de tubo	1 día
Cortado de ángulo	1 día
Pre ensamblado	9.13 días
Trazado de lamina	0.5 días
Soldeo de clips	3.13 días
Rolado de lamina	0.5 días
Perforado de clips	5 días
Soldeo de tubos a bridas	0.5 días
Habilitado de tapa	2 días
Soldeo de bridas a tapa	0.5 días
Armado de clips	2 días
Ensamblado	9.63 días

Instalado de accesorios a tapa	3 días
Limpiado	2 días
Instalado de tapas superior y laterales	1 día
Instalado de clips	3 días
Limpiado	0.5 días
Soldeo de orden de compra	0.5 días
Enderezado	3 días
Prueba de vacío	1 día
Limpiado	1 día
<b>FIN</b>	0 días