



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Propuesta de implementación de Lean manufacturing para optimizar la
productividad en una empresa metalmecánica**

Tesis presentada por:

Huamani Lopez, Estrella Milagros

ORCID: 0000-0000-4252-2546

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Dr. Pacheco Oviedo, Abraham Arturo

ORCID: 0000-0001-9449-0116

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 11 de Marzo del 2025

Dictamen: 010147-C-EPII-2025

Visto el borrador del expediente 010147, presentado por:

2016204342 - HUAMANI LOPEZ ESTRELLA MILAGROS

Titulado:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA OPTIMIZAR LA
PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

**29639923 - URDAY LUNA FERLY ELMER
DICTAMINADOR**



**29701586 - DIAZ SARAVIA JEAN CARLO
DICTAMINADOR**



**40697050 - NIETO PEÑA VANESSA GLADYS
DICTAMINADOR**



Propuesta de implementación de Lean manufacturing para optimizar la productividad en una empresa metalmecánica

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

www.coursehero.com

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unicartagena.edu.co:8080

Fuente de Internet

1%

4

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

1library.co

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

1%

8

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

10

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

11

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

1%

12

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1%

Dedicatoria

A DIOS y a Jesús Nazareno.

A mis padres, Roberto y Dora por su invaluable esfuerzo y por ser mi ancla de vida. Este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Esta tesis es un atributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes. Gracias por ser los mejores padres del mundo

A mi familia, por su ejemplo de resiliencia.

A la niña que soñó y comenzó este camino.



Agradecimientos

A la Universidad Católica de Santa María y mis docentes, por la formación integral.

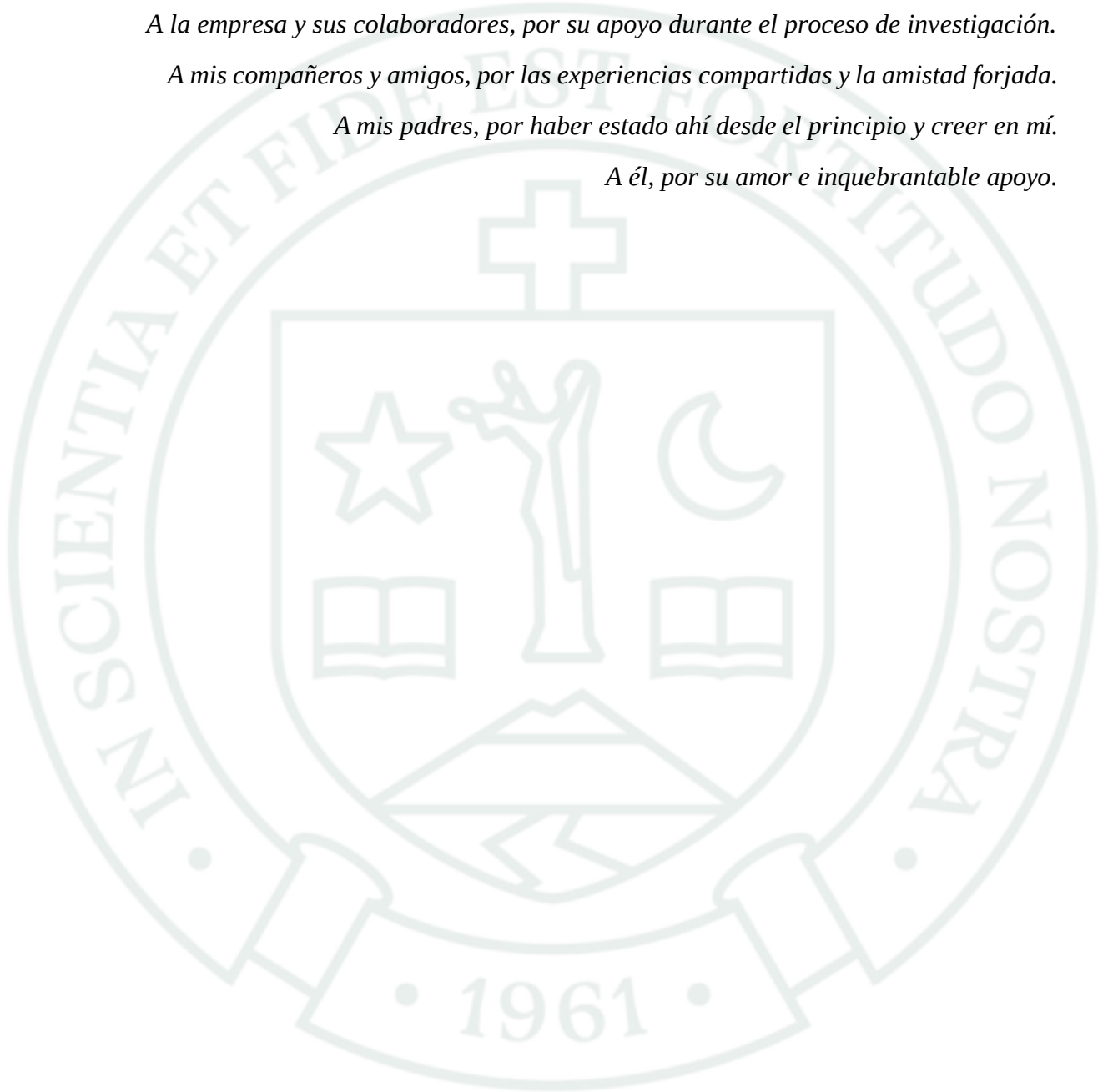
A mi asesor, por su guía fundamental para lograr los objetivos planteados en este trabajo.

A la empresa y sus colaboradores, por su apoyo durante el proceso de investigación.

A mis compañeros y amigos, por las experiencias compartidas y la amistad forjada.

A mis padres, por haber estado ahí desde el principio y creer en mí.

A él, por su amor e inquebrantable apoyo.



RESUMEN

El tema de investigación se centra en la propuesta de implementación de Lean Manufacturing para optimizar la productividad en una empresa metalmecánica. A través de un enfoque detallado, se abordan distintas técnicas lean, incluyendo 5S, Poka Yoke y Mantenimiento Autónomo, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y la calidad del producto.

El estudio se fundamenta en un análisis teórico exhaustivo que abarca desde los antecedentes del problema hasta las bases conceptuales de Lean Manufacturing, incluyendo sus principios, herramientas y aplicaciones específicas.

La metodología de investigación se describe detalladamente, desde el diseño de investigación hasta las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos. Los resultados obtenidos se presentan en función de la aplicación de las técnicas lean, destacando los hallazgos específicos para cada una de ellas. Finalmente, se realiza un análisis financiero que evalúa los costos de implementación de las técnicas lean y su impacto en términos de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

A partir de estos análisis, se extraen conclusiones que destacan la viabilidad y los beneficios potenciales de la implementación de Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica.

Palabras claves: Lean, optimización, productividad

ABSTRACT

The research topic focuses on the proposed implementation of Lean Manufacturing to optimize productivity in a metalworking company. Through a detailed approach, different lean techniques are addressed, including 5S, Poka Yoke and Autonomous Maintenance, with the aim of improving operational efficiency and product quality.

The study is based on an exhaustive theoretical analysis that ranges from the background of the problem to the conceptual bases of Lean Manufacturing, including its principles, tools and specific applications.

The research methodology is described in detail, from the research design to the techniques and instruments of data collection and analysis. The results obtained are presented based on the application of lean techniques, highlighting the specific findings for each of them. Finally, a financial analysis is carried out that evaluates the costs of implementing lean techniques and their impact in terms of Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR).

From these analyses, conclusions are drawn that highlight the viability and potential benefits of the implementation of Lean Manufacturing in the metalworking company.

Key words: Lean, optimization, productivity

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

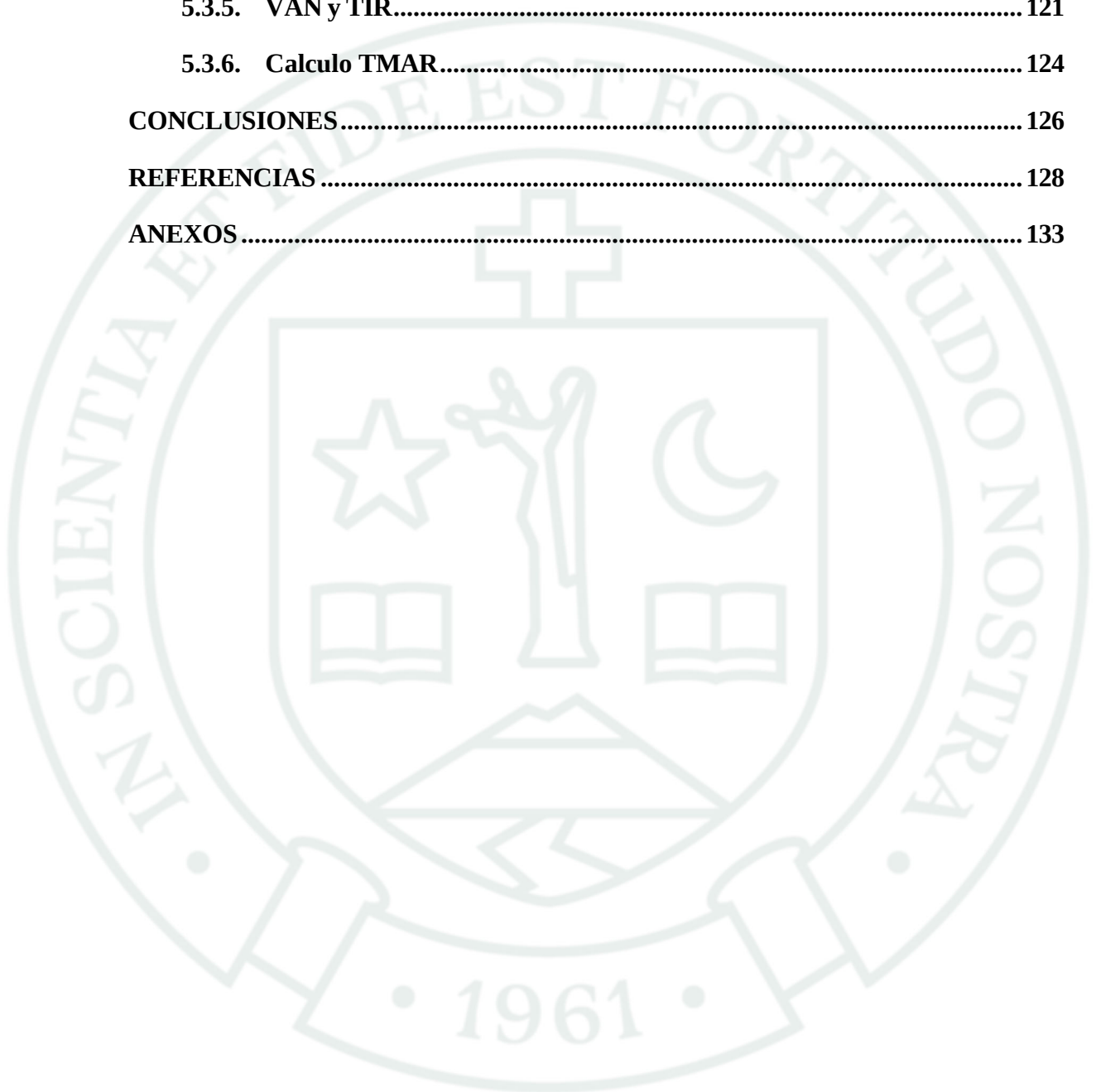
ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Antecedentes del problema.....	4
1.4. Formulación del problema.....	5
1.4.1. Problema general.....	5
1.4.2. Problemas específicos.....	5
1.5. Sistematización del problema.....	6
1.6. Objetivos.....	6
1.6.1. Objetivo general.....	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.7. Justificación.....	6
1.8. Limitaciones de la investigación.....	8
1.9. Hipótesis.....	9
1.10. Variables.....	9
1.10.1. Variable independiente.....	9
1.10.2. Variable dependiente.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	10

2.1.2.	Antecedentes Nacionales	13
2.2.	Bases teóricas.....	18
2.2.1.	Lean Manufacturing:	18
2.2.2.	Producción Lean	20
2.2.3.	Toyota Way.....	21
2.2.4.	Aplicación de Lean en sistemas de fabricación de procesos.....	22
2.2.5.	Administración de equipos.....	23
2.2.6.	Entrenamiento y educación	23
2.2.7.	Seguridad, salud y medio ambiente.....	24
2.2.8.	Análisis de Fallas	24
2.2.9.	Sistemas de fabricación	25
2.2.10.	Proceso de fabricación y producto	25
2.2.11.	Pilares de la metodología Lean Manufacturing	26
2.2.12.	Concepto de Despilfarro.....	26
2.2.13.	Tipos de Excesos	27
2.2.14.	Aplicación de Lean en sistemas de fabricación de procesos.....	30
2.2.15.	Herramientas y técnicas utilizadas en Lean Manufacturing	31
2.2.16.	Los siete desperdicios	39
2.2.17.	Eficiencia	41
2.2.18.	Eficacia	42
3.1.	Nivel de Investigación	43
3.2.	Diseño de Investigación	43
3.3.	Población y Muestra	44
2.2.19.	Población	44
2.2.20.	Muestra.....	44
3.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	45
3.5.	Entrevistas	45

3.6.	Observación directa	45
3.7.	Revisión de documentación	45
3.8.	Cuestionarios	46
3.9.	Análisis de datos existentes.....	46
3.10.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos:	46
3.11.	Análisis descriptivo	46
3.12.	Análisis de frecuencia	47
3.13.	Diagrama de causa-efecto (Ishikawa o espina de pescado)	47
3.14.	Análisis de Pareto.....	47
3.15.	Comparación de datos	47
4.1.	Diagnóstico de la situación actual.....	50
4.1.1.	Procesos de la empresa.....	50
4.1.2.	Organización de la empresa:	52
4.1.3.	Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).....	56
4.1.4.	Evaluación del nivel de 5S en el área de estudio	63
4.1.5.	Poka-Yoke.....	70
4.1.6.	Mantenimiento Autónomo	71
5.1.	Resultados del programa de 5s	79
5.1.1.	Seiri – Clasificación	79
5.1.2.	Seiton – Organizar.....	88
5.1.3.	Seiso – Limpieza	92
5.1.4.	Seiketsu – Estandarizar.....	96
5.1.5.	Shitsuke – Disciplina	99
5.1.6.	Análisis de la zona de trabajo	100
5.2.	Resultados técnica Poka-Yoke	105
5.1.	Resultados técnica Mantenimiento Autónomo	106
5.3.	Análisis financiero:	109

5.3.1. Costo implementación 5S.....	109
5.3.2. Costo implementación Poka Yoke.....	113
5.3.3. Costo TPM	116
5.3.4. Flujo de caja neto anual.....	118
5.3.5. VAN y TIR.....	121
5.3.6. Calculo TMAR.....	124
CONCLUSIONES.....	126
REFERENCIAS	128
ANEXOS.....	133



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Áreas y Personal de la Empresa.....	44
Tabla 2 Recursos Necesarios	48
Tabla 3 Cronograma de actividades.....	49
Tabla 4 Datos del proceso.....	61
Tabla 5 Tiempos de espera en procesos.....	62
Tabla 6 Datos obtenidos en el área de producción.....	64
Tabla 7 Porcentaje de los pilares.....	65
Tabla 8 Superficies del área de producción de la empresa.....	66
Tabla 9 Toma de tiempos en cada etapa	69
Tabla 10 Duración por cada tema	71
Tabla 11 Cronograma sugerido para a capacitación del personal	71
Tabla 12 Identificación de deficiencias en la inspección	72
Tabla 13 Indicador propuesto de eficacia 2022.....	73
Tabla 14 Indicador propuesto de eficacia 2023.....	73
Tabla 15 Comparación del promedio de eficacia 2022 - 2023.....	74
Tabla 16 Productividad en términos de estructuras.....	74
Tabla 17 Productividad en términos de eficiencia horaria	75
Tabla 18 Cronograma para emplear el Ciclo de Deming.....	77
Tabla 19 Duración de temas.....	71
Tabla 20 Duración de capacitación en 3 semanas.....	72
Tabla 21 Problemas y error en las actividades	73
Tabla 22 Indicador de eficiencia Enero - junio 2022	75
Tabla 23 Indicador de eficiencia Enero - Junio 2023.....	75
Tabla 24 Comparación de eficiencia Enero- Junio (2022 - 2023).....	76
Tabla 25 Cronograma para implementar el ciclo de Deming.....	78
Tabla 26 Representación del formato de las tarjetas rojas	81
Tabla 27 Área de Fresadora	86
Tabla 28 Área de soldar	86
Tabla 29 Área del tono.....	87

Tabla 30	Inspección inicial de 5s en el área de producción	102
Tabla 31	Área de producción se tiene un nivel de las 5S.....	103
Tabla 32	Resultados de la toma de tiempo.....	104
Tabla 33	Eficiencia aplicando la técnica POKA-YOKE 2023.....	105
Tabla 34	Promedio la eficacia para el año 2023	106
Tabla 35	Disponibilidad y el rendimiento de las máquinas.....	106
Tabla 36	Diferencia entre la eficiencia y eficacia	107
Tabla 37	Diferencia entre eficiencia y eficacia en el 2022 y 2023.....	108
Tabla 38	Costo por área	109
Tabla 39	Detalle de costos	111
Tabla 40	Costos para la implementación Poka Yoke.....	113
Tabla 41	Costos asociados	114
Tabla 42	Costos TPM	116
Tabla 43	Costos detallados TPM	117
Tabla 44	CAPEX	119
Tabla 45	ahorros anuales totales	119
Tabla 46	Flujo de caja neto	120
Tabla 47	Costos por cada herramienta lean	121
Tabla 48	Beneficios de cada herramienta lean.....	122
Tabla 49	. Matriz de consistencia.....	133
Tabla 50	Matriz de operalización de variables.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pirámide del Toyota Way.....	22
Figura 2 Proceso de entradas y salidas	30
Figura 3 Proceso-Lead Time.....	33
Figura 4 Intercambio de Información	34
Figura 5 Procesos de la empresa.....	51
Figura 6 Organigrama de la empresa.....	54
Figura 7 Mapeo VSM.....	59
Figura 8 Diagrama de tabulación.....	68
Figura 9 Pasos para implementar el principio de Seiri	79
Figura 10 Panel fotográfico de la sesión de participación.....	83
Figura 11 Implementación del Plan de Acción para Retiro de Elementos.....	85
Figura 12 Organización del proceso de Seiton	89
Figura 13 Técnica de señalización	91
Figura 14 Actividades para mejorar el control visual.....	93
Figura 15 Limpieza.....	95
Figura 16 Pasos para estandarizar (Seiketsu).....	96
Figura 17 Pasos a seguir para disciplina (Shitsuke).....	99
Figura 18 Diagrama de tabulación 5S.....	103

INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva internacional, la implementación de Lean Manufacturing ha sido reconocida como una estrategia efectiva para mejorar la productividad y eficiencia en diversas industrias. Como señala (Abdulaziz et al., 2018), el enfoque de Lean Manufacturing se centra en la eliminación de desperdicios y la maximización del valor agregado en los procesos de producción. En este sentido, el estudio y la aplicación de Lean Manufacturing han adquirido una relevancia significativa en el ámbito empresarial a nivel mundial.

En el contexto nacional de Perú, la implementación de Lean Manufacturing ha despertado un gran interés en las empresas para mejorar su competitividad y rendimiento. Según un informe del Ministerio de la Producción (2020), Lean Manufacturing se ha convertido en una herramienta clave para la optimización de la productividad en el sector metalmecánico peruano. La adopción de prácticas lean ha permitido a las empresas reducir costos, mejorar la calidad de sus productos y servicios, así como aumentar la eficiencia de sus procesos.

Sin embargo, a pesar de los beneficios evidentes de Lean Manufacturing, su implementación en el sector metalmecánico peruano presenta desafíos específicos. De acuerdo con el estudio de (Qureshi et al., 2022), la falta de conocimiento y experiencia en Lean Manufacturing, así como la resistencia al cambio, son obstáculos comunes que dificultan su adopción en las empresas peruanas. Por lo tanto, es fundamental desarrollar propuestas de implementación adaptadas a las características y necesidades de las empresas metalmecánicas en Perú.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Identificación del problema

La industria metalmecánica se encuentra continuamente ante desafíos asociados a la mejora de la productividad y eficiencia de sus operaciones. En este escenario, surge la necesidad de abordar la problemática de la escasa aplicación de Lean Manufacturing en las compañías metalmecánicas, lo que restringe su capacidad para competir en un entorno empresarial cada vez más globalizado y exigente.

El problema principal radica en que muchas empresas metalmecánicas en Perú aún no han adoptado plenamente las prácticas y principios de Lean Manufacturing, lo cual conlleva la persistencia de desperdicios, ineficiencias y baja calidad en sus procesos de producción. Esta falta de implementación de Lean Manufacturing resulta en una pérdida de competitividad y una reducción de la rentabilidad de estas empresas.

Además, la resistencia al cambio y la falta de conocimiento y experiencia en Lean Manufacturing son obstáculos adicionales que dificultan su adopción en el sector metalmecánico peruano. Estos factores limitan la capacidad de las empresas para identificar y eliminar los desperdicios, mejorar la eficiencia y potenciar la calidad en sus operaciones.

Por tanto, es crucial abordar este problema y desarrollar una propuesta de implementación de Lean Manufacturing adaptada a las necesidades y características de las empresas metalmecánicas en Perú. Esta propuesta buscará superar los obstáculos mencionados, brindando soluciones específicas y estrategias adecuadas para optimizar la productividad, reducir los desperdicios y mejorar la calidad en los procesos de producción de estas empresas.

Al resolver este problema, se espera lograr una transformación positiva en las empresas metalmecánicas, permitiéndoles aumentar su competitividad, reducir costos, mejorar la eficiencia de sus operaciones y ofrecer productos y servicios de mayor calidad. Asimismo, la

implementación de Lean Manufacturing puede contribuir a fortalecer el sector metalmecánico peruano en el ámbito internacional, generando un impacto positivo en la economía del país.

1.2. Descripción del problema

La empresa metalmecánica se enfrenta a una serie de desafíos que afectan su productividad y eficiencia en los procesos de fabricación de estructuras metálicas. Estos problemas, identificados a través de registros y cuestionarios a los colaboradores de la empresa y requieren una atención inmediata y una estrategia efectiva para su resolución.

El primer problema identificado es el desperdicio de tiempo en el cambio de herramientas, con una frecuencia de 10 veces al mes. Este desperdicio de tiempo representa una interrupción en los procesos de producción y afecta la eficiencia y fluidez del trabajo. Se requiere una solución que optimice los cambios de herramientas y minimice el tiempo perdido.

La falta de capacitación y actualización del personal es otro problema que afecta la productividad de la empresa. Con un 35% de empleados sin la capacitación adecuada y un 60% que no ha recibido formación en los últimos 12 meses, existe una brecha en conocimientos y habilidades necesarios para realizar las tareas de manera eficiente. Es necesario implementar programas de capacitación y desarrollo para mejorar las competencias del personal y mantenerlos actualizados en las mejores prácticas de la industria metalmecánica.

Las ineficiencias en el flujo de trabajo, con un tiempo promedio de espera entre etapas del proceso de producción de 30 minutos y 15 unidades rechazadas por demoras y cuellos de botella, impactan directamente la productividad y la capacidad de cumplir con los plazos de entrega. Estas ineficiencias deben ser identificadas y eliminadas para garantizar una producción fluida y eficiente.

La falta de control de calidad, con un 8% de productos con defectos de fabricación y 12 quejas de clientes relacionadas con la calidad en el último trimestre, es un problema que afecta

la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa. Se requiere una mejora en los procesos de control de calidad para garantizar que los productos cumplan con los estándares establecidos y satisfagan las expectativas de los clientes.

Finalmente, la gestión inadecuada del inventario, con un 20% de material faltante debido a una gestión deficiente y un costo de almacenamiento de inventario no utilizado de \$15,000 en el último año, representa un problema económico y de eficiencia. Es necesario implementar un sistema de gestión de inventario efectivo que permita un abastecimiento adecuado y reduzca los costos asociados al exceso o falta de materiales.

1.3. Antecedentes del problema

La empresa metalmecánica ha experimentado diversos desafíos en términos de productividad y eficiencia en sus procesos de fabricación de estructuras metálicas. Estos antecedentes reflejan la necesidad de abordar y solucionar los problemas identificados mediante la implementación de Lean Manufacturing.

En un entorno empresarial altamente competitivo y globalizado, es esencial para las empresas metalmecánicas optimizar su productividad y eficiencia operativa para mantenerse competitivas y satisfacer las demandas del mercado. En este sentido, Lean Manufacturing ha surgido como un enfoque altamente efectivo para mejorar la productividad, reducir los desperdicios y maximizar el valor agregado en los procesos de fabricación.

Si bien la implementación de Lean Manufacturing ha demostrado ser exitosa en diversas industrias y empresas a nivel internacional, la empresa aún no ha adoptado plenamente esta metodología en su operación diaria. Esto ha generado problemas en términos de desperdicio de tiempo en el cambio de herramientas, falta de capacitación y actualización del personal, ineficiencias en el flujo de trabajo, falta de control de calidad y gestión inadecuada del inventario.

En el contexto de la industria metalmecánica en Perú, es importante destacar que la adopción de Lean Manufacturing ha sido relativamente limitada, especialmente en empresas de tamaño pequeño como Esto se debe, en parte, a la resistencia al cambio, la falta de conocimiento y experiencia en esta metodología, así como la falta de recursos y apoyo para su implementación.

No obstante, se han observado casos exitosos de implementación de Lean Manufacturing en empresas metalmecánicas a nivel internacional, donde se han logrado mejoras significativas en términos de productividad, calidad y rentabilidad. Estos antecedentes respaldan la viabilidad y el potencial beneficio de implementar Lean Manufacturing en permitiéndole competir en el mercado nacional e internacional de manera más efectiva.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Qué efecto tendrá una propuesta de implementación utilizando lean manufacturing en la productividad de una Empresa metalmecánica?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación actual de la productividad en una empresa metal mecánica?
- ¿Qué efecto tendrá el uso de Herramientas lean en la productividad en una empresa metal mecánica?
- ¿Cuál es la influencia de la Capacitación y formación en la productividad en una empresa metal mecánica?

1.5. Sistematización del problema

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

Realizar una propuesta de implementación utilizando lean manufacturing en la productividad de una Empresa metalmecánica

1.6.2. *Objetivos específicos*

- Determinar la situación actual de la productividad en una empresa metal mecánica
- Analizar el efecto del uso de Herramientas lean en la productividad en una empresa metal mecánica
- Establecer la influencia de la Capacitación y formación en la productividad en una empresa metal mecánica.
- Realizar un análisis financiero de la propuesta de implementación de herramientas Lean en una empresa metal mecánica

1.7. Justificación

La implementación de Lean Manufacturing se presenta como una solución prometedora para abordar los problemas de productividad y eficiencia que enfrenta la empresa metalmecánica ficticia. Esta justificación se basa en varios factores clave que respaldan la necesidad y relevancia de llevar a cabo esta investigación.

En primer lugar, para mantenerse competitivas en la industria metalmecánica, tanto a nivel nacional como internacional, las empresas deben adoptar enfoques eficaces y eficientes para mejorar su productividad. La aplicación de Lean Manufacturing ha demostrado ser una metodología sumamente exitosa en diversas industrias y organizaciones, posibilitando la reducción de desperdicios, la optimización de procesos y el incremento de la calidad y eficiencia en la producción.

En segundo lugar, los antecedentes identificados en la empresa revelan la existencia de problemas significativos en su productividad, tales como el desperdicio de tiempo en el cambio de herramientas, la falta de capacitación del personal, las ineficiencias en el flujo de trabajo, la falta de control de calidad y la gestión inadecuada del inventario. Estos problemas impactan directamente en la competitividad y rentabilidad de la empresa, lo que justifica la necesidad de abordarlos de manera efectiva.

Asimismo, resulta relevante considerar que la adopción de Lean Manufacturing ha sido bastante restringida en la industria metalmecánica en Perú, especialmente en compañías de dimensiones reducidas. Esto abre una oportunidad para convertirse en una empresa pionera y líder en la adopción de esta metodología, lo que le brindaría una ventaja competitiva significativa en el mercado.

La justificación también se basa en la evidencia de casos exitosos de implementación de Lean Manufacturing en empresas metalmecánicas a nivel internacional. Estos casos demuestran mejoras significativas en la productividad, la calidad del producto y la rentabilidad de las empresas. Al implementar Lean Manufacturing, podría obtener resultados similares, lo que le permitiría ofrecer productos de mayor calidad, cumplir con los plazos de entrega y generar una mayor satisfacción entre sus clientes.

Por último, el estudio y la sugerencia de aplicar Lean Manufacturing poseen una dimensión práctica y concreta, ya que apuntan a resolver los problemas específicos de la empresa y potenciar su competitividad. Además, al tratarse de una compañía metalmecánica de escala reducida, los beneficios derivados de la implementación de Lean Manufacturing podrían tener un efecto considerable en la economía local, generando oportunidades de empleo y contribuyendo al progreso del sector metalmecánico en el país.

1.8. Limitaciones de la investigación

La propuesta de implementación de Lean Manufacturing para optimizar la productividad en una empresa metalmecánica enfrenta ciertas limitaciones que es importante considerar. Estas limitaciones pueden influir en la implementación y los resultados obtenidos, y deben ser abordadas con cautela y consideración durante el desarrollo de la investigación.

Recursos limitados: La empresa metalmecánica podría enfrentar restricciones en términos de recursos financieros, tecnológicos y humanos. La implementación de Lean Manufacturing puede requerir inversiones significativas en términos de capacitación, adquisición de equipos o tecnología, y cambios en los procesos existentes. La disponibilidad de estos recursos podría afectar la viabilidad y alcance de la implementación propuesta.

Cultura organizacional y resistencia al cambio: La empresa puede tener una cultura organizacional arraigada y una resistencia inherente al cambio. La implementación de Lean Manufacturing implica modificaciones en las prácticas y rutinas de trabajo establecidas, lo cual puede generar resistencia por parte de los empleados y dificultar la adopción de nuevos enfoques. La gestión del cambio y la motivación del personal serán aspectos críticos para superar esta limitación.

Tamaño y estructura de la empresa: La empresa metalmecánica se caracteriza como una empresa de tamaño pequeño. Esto puede influir en la capacidad de implementar plenamente Lean Manufacturing, ya que las estructuras y procesos organizativos pueden ser menos flexibles y más limitados en comparación con empresas de mayor envergadura. La adaptación de la metodología Lean a las características específicas de la empresa será fundamental para maximizar los beneficios obtenidos.

Complejidad de los procesos: Los procesos de fabricación de estructuras metálicas pueden ser complejos y altamente especializados. La aplicación de Lean Manufacturing en este

contexto puede presentar desafíos adicionales, como la necesidad de adaptar y optimizar los procesos específicos de la empresa. Es importante tener en cuenta estas complejidades y asegurar una comprensión profunda de los procesos existentes antes de proponer soluciones.

Limitaciones en la generalización de resultados: Cabe destacar que los resultados y conclusiones obtenidos a través de esta investigación pueden ser específicos de la empresa metalmecánica analizada y no ser generalizables a otras empresas del mismo sector. Las características únicas de cada organización, incluyendo su tamaño, estructura, recursos y procesos, pueden limitar la transferibilidad directa de los hallazgos.

Estas limitaciones deben ser consideradas y abordadas de manera adecuada durante el desarrollo de la propuesta de implementación de Lean Manufacturing. A pesar de estas limitaciones, la investigación proporcionará una base sólida para la optimización de la productividad y la mejora de los procesos en la empresa metalmecánica, permitiendo un análisis más detallado de los beneficios y desafíos asociados con la implementación de Lean Manufacturing en este contexto específico.

1.9. Hipótesis

La propuesta de implementación utilizando lean manufacturing afectará significativamente la productividad de una Empresa metalmecánica

1.10. Variables

1.10.1. Variable independiente

Propuesta de implementación de lean manufacturing

1.10.2. Variable dependiente

Productividad en una Empresa metalmecánica

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

“Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia”

Según Carrillo et al., (2018), Con el propósito de optimizar el aprovechamiento de los recursos, resulta fundamental que cualquier iniciativa de mejora promueva condiciones laborales que reduzcan progresivamente los retrasos, las disminuciones en la productividad y los errores. Por ende, el núcleo central de esta investigación consiste en desarrollar una propuesta para la implementación de la manufactura esbelta, mediante la utilización de herramientas que posibiliten una producción eficaz y consistente. Esto implica la búsqueda de resultados beneficiosos para todas las partes al aprovechar las oportunidades para mejorar y optimizar recursos y procesos. Para alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo análisis comparativos entre el sistema actual y el sistema propuesto o mejorado, con el fin de mejorar las operaciones, la gestión de las rutinas laborales, el entorno físico de las instalaciones y fomentar la motivación de los empleados en toda la organización. Este tipo de investigación se presenta con un enfoque descriptivo y se fundamenta en herramientas para la implementación de la manufactura esbelta, como las cinco S (5S), además de utilizar herramientas para mantener la confiabilidad a través de la aplicación de teorías y el uso del software Weibull ++6.

“Propuesta de implementación del sistema lean manufacturing en una metalúrgica”

Petrenchen (2019) La implementación del sistema de manufactura esbelta es ampliamente adoptada en la industria manufacturera actual. En un contexto global interconectado y altamente competitivo, es crucial optimizar los procesos de producción. Este enfoque se focaliza en eliminar las ineficiencias dentro de una entidad con el fin de incrementar

la productividad, disminuir gastos, mejorar la rentabilidad y fortalecer las relaciones con clientes y proveedores. El objetivo de este estudio es proponer la implementación de dicho sistema en los procesos de manufactura de una empresa especializada en el procesamiento de metales en Guarapuava, Paraná. Con la intención de identificar áreas con potencial de mejora, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las fases de fabricación en la empresa objeto de visita. El sistema de manufactura esbelta se aplicó en todas las áreas identificadas para su implementación. Se realizó un minucioso análisis de los desafíos relacionados con la producción metalúrgica, con el objetivo de encontrar soluciones adecuadas. Posteriormente, se elaboró una propuesta de implementación que abarcaba diversas acciones destinadas a alcanzar los objetivos establecidos. Estas acciones incluyeron sugerencias para descentralizar funciones clave, mejorar la disponibilidad de materias primas, establecer niveles de inventario eficientes, implementar modelos de control de calidad en los procesos de fabricación y brindar capacitación a los empleados.

“Uso de herramientas lean manufacturing en la optimización de existencias en la industria metalúrgica.”

Assis (2021), dado que es esencial satisfacer las necesidades de los clientes y adaptarse a las variaciones del mercado y las condiciones económicas, la mejora de los procesos de producción se fundamenta en la eficaz utilización de los recursos de producción disponibles. El objetivo central de este estudio consiste en implementar herramientas de Lean Manufacturing en una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Jata, con la finalidad de optimizar la gestión del inventario. Este estudio de caso se enfoca en una investigación de campo con el propósito de proponer mejoras en la gestión de inventarios de una empresa del sector metalmecánico, empleando diversas herramientas como Six Sigma, análisis FODA y 5W2H. A lo largo de toda la investigación, se utilizó la herramienta Six Sigma como punto de referencia y respaldo para la implementación de estas herramientas. Se logró aplicar con éxito

las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de procesamiento de metales ubicada en la ciudad de Jata, en el estado de Goiás, generando sugerencias para optimizar el manejo del inventario y obteniendo resultados concretos en términos de reducción de costos y disminución del agotamiento de inventario. Además de los beneficios a corto plazo, se presentó a la dirección de la empresa una nueva iniciativa para orientar el futuro y seguir mejorando el proceso y la gestión del inventario de manera sistemática. La utilización de herramientas de Lean Manufacturing resulta fundamental para cualquier organización, empresa o proyecto de construcción que busca mejorar la producción, incrementar las ganancias, aumentar la productividad, reducir pérdidas y mejorar la calidad en la gestión de inventarios.

“Desarrollo de mejoras en los procesos utilizando herramientas de lean manufacturing en una empresa de transformaciones metálicas”

Ruiz (2020). Este trabajo de fin de carrera tiene como objetivo analizar la situación económica inicial de Lasertall S.L. Lasertall S.L. se especializa en la industria metalmeccánica y emplea entre 90 y 100 personas. El objetivo de la manufactura esbelta es identificar problemas y sugerir soluciones para varios aspectos organizacionales y relacionados con la productividad de la empresa. Se ha detectado como una de las principales preocupaciones la carencia de organización, tanto en el área laboral como en el departamento en su totalidad. En relación a los demás asuntos, todos están vinculados con la mejora de la capacidad organizativa y de producción tanto a nivel individual de los empleados como en el conjunto del departamento. En resumidas cuentas, se aplica un procedimiento para tratar cada uno de los problemas identificados. Este procedimiento implica identificar el problema, analizar sus causas y raíces, estudiar la situación antes de plantear una solución, evaluar los efectos de la implementación y estandarizar el proceso. En este proceso se emplean tanto indicadores numéricos como la experiencia del estudiante y de los empleados en el entorno laboral.

“Propuesta de mejoramiento de la productividad a partir de la redistribución de planta y herramientas Lean Manufacturing en la empresa Maderpaco”

Rodríguez (2022) Este proyecto de investigación se llevó a cabo en MADERPACO, una empresa especializada en la fabricación y venta de productos de madera que se enfoca en los procesos de maquinado, lijado y ensamble. El objetivo principal es mejorar la productividad mediante una gestión más eficiente del tiempo, los movimientos y el uso de las materias primas, a través de la reorganización de la distribución en la planta y la aplicación de herramientas de producción ajustada. El proyecto se inicia con un análisis inicial en el que se identifican diversos factores relacionados con la producción, como la maquinaria, el personal, las materias primas, los productos fabricados y los procesos de fabricación. Después de finalizar la etapa de diagnóstico, resulta ventajoso generar los diagramas correspondientes, especialmente el diseño de la distribución actual y el diagrama de relaciones entre departamentos. Esto se lleva a cabo con el propósito de establecer el nivel de cercanía necesario entre las diferentes áreas de trabajo. A continuación, se procedió a realizar un análisis de tiempos mediante la elaboración de flujogramas con el objetivo de determinar los tiempos de ciclo y los movimientos efectuados. Después, se procedió a seleccionar una alternativa mediante un análisis de costos y beneficios para abordar las deficiencias y problemas identificados durante el estudio. Además, se incorporó la metodología 5S. En resumen, la propuesta de reorganización tiene el potencial de disminuir los tiempos de ciclo y las distancias de transporte requeridas para la fabricación de diversas piezas. Se sugiere implementar y dar seguimiento a esta propuesta con el objetivo de lograr una mejora continua.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

“Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica”

Cahuana (2021). El propósito de este estudio fue mejorar la eficiencia de producción en una empresa del sector metalmecánico a través de la implementación de la metodología TPM - Lean Manufacturing. Esta metodología es esencial debido a su enfoque en la eliminación de los "desperdicios", que son actividades o recursos utilizados que no aportan valor, pero aumentan los costos de producción. Esta línea de pensamiento se sustenta en conceptos, procesos y herramientas que promueven la mejora continua y la optimización operativa, involucrando a todos los participantes de la cadena productiva. El objetivo de este estudio fue examinar y proponer mejoras para el sistema de mantenimiento en el área de producción de repuestos y suministros utilizados en la industria minera. Se empleó la metodología de Lean Manufacturing para realizar este análisis. Los datos de producción correspondientes a los años 2017 y 2018, proporcionados por la empresa objeto de estudio, han sido recopilados para este propósito. Después de implementar la metodología Lean Manufacturing para analizar la situación actual y proponer mejoras en la línea de producción de repuestos para equipos mineros, se examinó la eficacia de la producción de repuestos para vehículos y equipos mineros en la empresa FRESEP SAC. Los objetivos establecidos se cumplieron y las hipótesis planteadas en el estudio de investigación fueron validadas. Se evaluó el impacto de aplicar la metodología TPM en la eficiencia de producción (OEE) de los repuestos para vehículos y equipos mineros en la empresa FRESEP SAC, lo que resultó en un aumento del OEE del 32.86% al 85.58%.

“Propuesta de Mejora en el Proceso de Fabricación de Productos en Plástico Reforzado en Fibra de Vidrio en una Empresa Metalúrgica, aplicando Lean Manufacturing”

Vargas (2019). El objetivo fundamental de este estudio consiste en proponer una aplicación de Lean Manufacturing que optimice la fabricación de artículos de plástico reforzado con fibra de vidrio. El enfoque se centra en reducir las actividades no necesarias que influyen en los costos de producción, y se busca lograr este objetivo mediante la aplicación de

la herramienta Lean Manufacturing conocida como SMED (Cambio Rápido de Troqueles en Minutos). También se verán reflejados beneficios en otros productos, dado que las secuencias de procesos son similares, aunque la implementación se concentra en un producto representativo de la variada gama fabricada por la entidad. Inicia llevando a cabo un exhaustivo análisis de la situación actual de la empresa, teniendo en cuenta la diversidad de productos que la organización proporciona. A través de un análisis P-Q, se identifica el producto emblemático, en este contexto, las parrillas para tarima o rejillas. Asimismo, se emplea un diagrama de análisis de procesos para visualizar las operaciones y comprender la secuencia del proceso. Posteriormente, se reconocen las acciones que influyen en los costos, pero no aportan valor. A partir de este punto, se buscan posibilidades de optimización y se introduce la herramienta SMED, que facilita la realización de modificaciones ágiles en los procesos. La implementación de la herramienta SMED comienza con el análisis detallado de las operaciones vinculadas a la preparación de los muros previa a su instalación. A continuación, se crea un formulario para el registro y análisis de los tiempos asociados a cada actividad. Luego, se identifican las actividades internas y externas, implementando herramientas destinadas a reducir o eliminar dichas actividades identificadas. Concluyentemente, se evalúa la propuesta mediante una hoja de costos, la cual muestra un aumento del 2% en el margen de utilidad mensual de las pizzerías gracias a la mejora en el proceso de preparación, logrando así una disminución del 7% en las horas de mano de obra.

“Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén 2022.”

Castañeda (2022) llevó a cabo este estudio con el objetivo de implementar la metodología de manufactura esbelta para potenciar la eficiencia operativa en Paredes Metalmecánica. La atención se concentró en la fabricación de protectores de puertas durante los períodos comprendidos entre 2021 y 2022. Se seleccionó una muestra representativa de

protectores de puertas fabricados entre los meses de julio a noviembre de 2021 y de febrero a junio de 2022. Asimismo, se utilizó un enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia. Se aplicaron varias tácticas para la recopilación de datos, incluyendo el análisis documental, la observación y la aplicación de una lista de verificación. Después de obtener los datos, se empleó el software SPSS para llevar a cabo su análisis. A partir de este análisis, se pudo concluir que las herramientas lean tuvieron un impacto positivo en la productividad, respaldado por un aumento del 22% en la productividad multifactorial. Se determinó que la introducción de la metodología Lean tuvo un efecto beneficioso en la eficiencia productiva. Se implementaron varias estrategias, entre ellas el mantenimiento preventivo total, que resultó en un incremento del OEE del 75% al 91%. Adicionalmente, se empleó la metodología de las 5S, logrando aumentar el nivel de conformidad del 35% al 87%. Finalmente, se concluyó que la aplicación de la metodología de fabricación esbelta generó un aumento del 22% en la productividad multifactorial, con un valor de 0.70. Se empleó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos, y se obtuvo un nivel de significancia de 0.421. Además, se ejecutó la prueba T-Student, la cual respaldó la hipótesis formulada en el proyecto.

“Aplicación del lean manufacturing desde el enfoque de procesos empresariales. Revisión sistemática”

Cortez y Morales (2021), El objetivo del estudio consistió en clasificar la fabricación esbelta desde la perspectiva de los procesos empresariales, con el propósito de brindar un conocimiento detallado sobre cómo se aplica en organizaciones de diversos tamaños y tipos. Se empleó una metodología de revisión sistemática, específicamente una síntesis interpretativa que se centró en la calidad. Para fundamentar teóricamente el estudio, se recopilaron 50 artículos científicos, de los cuales se seleccionaron 30 mediante un proceso de extracción, considerando su relevancia para su inclusión en la discusión. Se concluyó que, al adoptar la filosofía de la fabricación esbelta, es factible identificar y eliminar cualquier actividad

productiva superflua. Esto permite a las empresas la posibilidad de disminuir la utilización de recursos económicos, humanos y materiales, al mismo tiempo que optimiza los procedimientos y potencia la productividad, el desempeño y el rendimiento de los empleados. Es crucial resaltar que llevar a cabo esta filosofía no es ni veloz ni simple, ya que demanda un extenso periodo de adaptación y una inversión sustancial en tecnología, maquinaria, equipos y formación del personal. En consecuencia, las grandes empresas con una alta capacidad de producción tienen mayores posibilidades de éxito en comparación con las pequeñas y medianas empresas, debido a los diversos desafíos que enfrentan.

“Lean Manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas”

Bermejo (2019), la investigación se llevó a cabo en una empresa especializada en la producción de prendas de vestir de cuero para mujeres, con el objetivo de mejorar el proceso de fabricación mediante la minimización de desperdicios. Se aplicaron herramientas específicas como 5S, Jidoka, Kanban y SMED, utilizando la metodología de Lean Manufacturing (manufactura esbelta) para lograr dicho propósito. Se optó por esta metodología debido a su practicidad, capacidad de adaptación a diversos tipos de negocios y, sobre todo, debido a su atención en maximizar la utilización de los recursos actualmente disponibles. Se seleccionó el proceso de ensamblaje como caso de estudio para la implementación de la metodología Lean Manufacturing debido a que la evaluación de los procesos de producción mostró que era el más problemático. Al analizar los indicadores mencionados previamente, se constató que no se estaban alcanzando los objetivos establecidos en el proceso de ensamblaje, lo que ocasionaba un estancamiento en los procesos subsiguientes. Asimismo, se señalaron de forma precisa las áreas de mejora en dicho procedimiento, tales como los tiempos de espera, el procesamiento excesivo, los fallos y los movimientos superfluos. Tras la recopilación y análisis de los datos del proceso de ensamblaje, se implementaron las siguientes herramientas: 5S, Jidoka, Kanban y Single Minute Exchange of Die (SMED). Se organizaron equipos Kaizen y

se proporcionó capacitación en el uso de dichas herramientas. La implementación de la metodología 5S generó un entorno de trabajo óptimo y evitó movimientos innecesarios al buscar suministros y herramientas. La introducción de Jidoka permitió la automatización y el seguimiento de los defectos desde su origen hasta su detección. Mediante la implementación del sistema Kanban, se consiguió disminuir el tiempo necesario para suministrar los materiales al contar con todo lo requerido preparado para la producción. En lo que respecta a SMED, se aplicó para perfeccionar o eliminar procesos durante la preparación de lotes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Lean Manufacturing:*

Socconini (2019), se sostiene que, en Occidente, el término Lean Manufacturing se refiere a la metodología Just in Time (justo a tiempo), también conocida como manufactura de clase mundial o sistema de producción Toyota, ya que fue en esta empresa donde esta metodología tuvo sus orígenes. Entonces se define como toda actividad que de forma continua y sistemática elimina o reduce todas aquellas actividades que no agregan valor conocidas como excesos. Este proceso de eliminar dichos excesos se realiza de forma periódica e ininterrumpida para así poder garantizar empresas muy efectivas e innovadoras.

Sin embargo, el verdadero contraste de esta metodología es encontrar constantemente oportunidades de mejora que siempre tendrá la organización, pues constantemente existirán excesos o desechos que podrán ser eliminados.

Lean manufacturing, que es el procedimiento mediante el cual se convierten las materias primas en un producto particular, involucra la aplicación de técnicas que permiten modificar la naturaleza de los elementos y agregar valor a los insumos utilizados en la producción (Arroyo, 2018).

2.2.1.1. *Historia*

A. Producción Artesanal

Se trata de un método de fabricación que tuvo lugar desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta finales del siglo XIX. Sus características principales incluyen una automatización limitada, una personalización elevada, un alto nivel de habilidades en los trabajadores, producción individualizada, escasa flexibilidad y costos elevados por unidad producida. Los problemas asociados con sus altos costos, producción reducida y largos tiempos de respuesta llevaron a la sustitución de este sistema de producción por el modelo de producción en masa introducido por Henry Ford (1863-1947) (Arroyo Paredes, 2018).

B. Producción en masa

Henry Ford fue el precursor de la producción en masa, basándose en los principios de Frederick Taylor, conocido como el "Padre de la Ingeniería Industrial". Taylor se centró en la separación de la planificación y ejecución del trabajo, analizando la división del trabajo y asignando tareas cortas, repetitivas y fáciles de aprender a los trabajadores (Arroyo Paredes, 2018).

Entre las contribuciones más significativas de Ford se destaca la introducción de la línea de montaje móvil, la cual tuvo un impacto positivo a nivel global en la producción automotriz. La producción en masa se caracteriza por la baja cualificación de los trabajadores, la producción de muchas unidades por producto (economía de escala), problemas de calidad, modelos inflexibles, máquinas unipropósito costosas, altos inventarios y reprocesos, siguiendo un sistema de producción push (Arroyo Paredes, 2018).

Debido a los costos adicionales asociados con los altos inventarios y la inflexibilidad en los procesos, este sistema fue eventualmente reemplazado por el sistema de producción Lean (Arroyo Paredes, 2018).

2.2.2. Producción Lean

2.2.2.1. Orígenes

La metodología Lean Manufacturing surge en Japón después de la Segunda Guerra Mundial como respuesta a la situación económica e histórica del país, en contraposición a la producción en masa de los EE.UU. Desarrollada debido a la escasez de recursos, especialmente humanos, en Japón, se originó cuando las ideas convencionales no funcionaban en el desarrollo industrial japonés (Arroyo Paredes, 2018).

Arroyo (2018) en su tesis también menciona que pioneros como Sakichi Toyoda y su hijo Kiichiro Toyoda introdujeron herramientas clave como Jidoka y JIT, estableciendo los fundamentos del pensamiento Lean. Después de la guerra, las empresas manufactureras japonesas, con dificultades económicas, no podían adoptar la producción en masa debido a sus altos costos. Eiji Toyoda y Taiichi Ohno presentaron el Sistema de Producción Toyota (TPS) como una alternativa eficiente (Arroyo Paredes, 2018).

El TPS adquirió importancia global al recuperarse rápidamente después de la crisis del petróleo en 1971. El Instituto Tecnológico de Massachusetts y la industria automotriz crearon el Programa Internacional de Vehículo Motor (1984-1990) para investigar el TPS. En 1990, Womack, Jones y Ross resumieron sus hallazgos en "La máquina que cambió el mundo", acuñando el término Lean Manufacturing para describir el TPS (Arroyo Paredes, 2018).

La metodología Lean Manufacturing se aplica al TPS para ser más flexible y adaptable a las necesidades del mercado, centrándose en crear valor desde la perspectiva del cliente. A diferencia de la producción en masa, que busca una producción continua, la producción Lean busca lograr calidad perfecta desde la primera vez, evitando reprocesos (Arroyo Paredes, 2018).

2.2.2.2. Definición

La metodología Lean Manufacturing optimiza procesos al eliminar desperdicios y ajustar la producción a la demanda del cliente, generando un cambio cultural. Pioneros como Taiichi Ohno y Womack y Jones destacan la importancia de construir sistemas eficientes y buscar la perfección mediante la continua reducción de costos y la diversificación de productos (Arroyo Paredes, 2018).

Características del Lean incluyen flujo continuo, pequeños lotes de producción, sincronización con la demanda, prevención de defectos, trabajo en equipo multifuncional y eliminación de desperdicios. Su implementación brinda ventajas como aumento de capacidad, mejoras en tiempos de entrega, calidad mejorada, reducción de costos, mayor productividad y disminución de inventarios (Arroyo Paredes, 2018).

2.2.3. Toyota Way

Los principios esenciales del Lean Manufacturing se sintetizan en el Toyota Way, que integra el Sistema de Producción Toyota (TPS) y se centra en la mejora continua y el respeto hacia las personas como elementos fundamentales para alcanzar el éxito según J. Liker (2011), el éxito de Toyota en la implementación de estas herramientas se deriva de una filosofía empresarial más profunda, que pone énfasis en la comprensión y motivación de las personas, fomentando el liderazgo, la formación de equipos, la cultura organizacional y el establecimiento de relaciones estratégicas con proveedores (Arroyo Paredes, 2018).

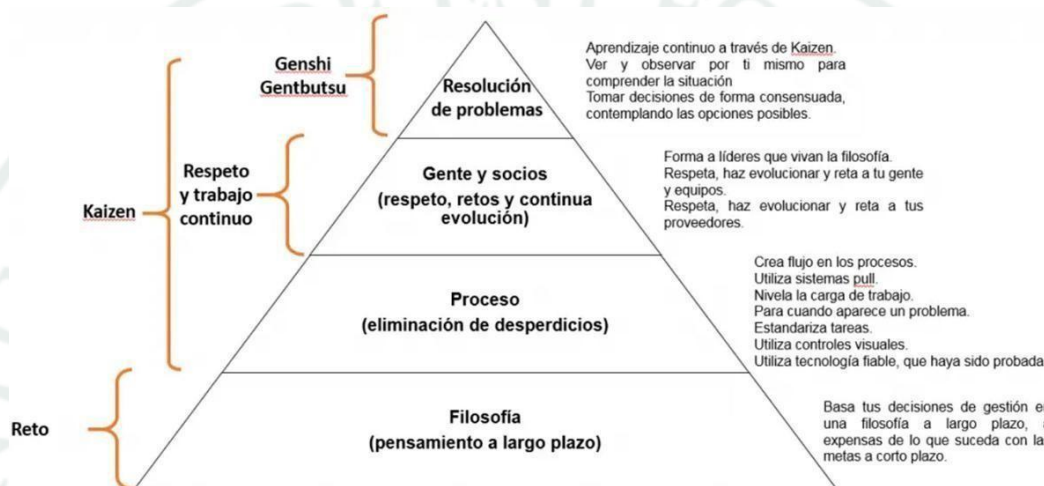
El Toyota Way se estructura en 14 principios, condensados en las 4P, que se detallan de la siguiente manera (Arroyo Paredes, 2018):

- A.** Propósito: Añadir valor para los clientes mediante una inversión a largo plazo en una organización de aprendizaje capaz de adaptarse a los cambios del entorno.
- B.** Procesos: La premisa es que los procesos adecuados generan resultados correctos, siendo el flujo esencial para mejorar la calidad y los procedimientos.

C. Gente y Socios: Desarrollar a los colaboradores y proveedores es esencial para agregar valor a la organización.

D. Resolución de problemas: Centra su atención en la continua adquisición de conocimientos para detectar y solucionar la causa principal de los problemas, contribuyendo así a la formación de una organización que favorece el aprendizaje.

Figura 1 Pirámide del Toyota Way



Nota. Adaptado de Las claves del éxito de Toyota, por Betancourt, 2017, página web (<https://www.ingenioempresa.com/las-claves-del-exito-de-toyota/>)

2.2.4. Aplicación de Lean en sistemas de fabricación de procesos

El Lean Manufacturing ha demostrado éxito en la industria discreta, logrando mejoras notables en calidad, costos y tiempos de entrega. Sin embargo, su aplicación en sectores de proceso no discreto o continuo es menos frecuente, posiblemente debido a las características específicas de estos sectores, como máquinas grandes y flexibles, largos tiempos de configuración y desafíos en la producción de lotes pequeños.

Aunque muchas herramientas Lean han sido aplicadas con éxito en diversos procesos industriales, su implementación en industrias de tipo proceso es limitada, según Powell et al. (2010) como se citó en (Canahua Apaza, 2021). Se ha identificado la existencia de

metodologías Lean universalmente aplicables en el sector de procesos, independientemente de sus características específicas.

Entre estas metodologías destacan herramientas como 5S, mapeo de la cadena de valor (VSM), estandarización del trabajo (SW), sistemas visuales (VS) y actividades de Kaizen, ofreciendo mejoras significativas con inversiones relativamente bajas debido a su enfoque simple. Aunque el interés en Lean Manufacturing está creciendo, especialmente entre las grandes empresas, aún es menos conocido entre las pequeñas y medianas empresas, ya que su implantación exitosa requiere la participación total del personal. (Canahua Apaza, 2021)

2.2.5. Administración de equipos

La estrategia de Mantenimiento Temprano del Equipo (EEM) se centra en alcanzar la máxima eficiencia desde la etapa de diseño, dando prioridad a la simplicidad de operación y mantenimiento, así como al cumplimiento de los estándares de mantenimiento autónomo.

La aplicación exitosa del EEM asegura tanto la productividad como la calidad desde el inicio de la operación del equipo (Canahua Apaza, 2021).

En la implementación del EEM, es crucial tener en cuenta diversos aspectos, abarcando la facilidad en la ejecución de actividades como limpieza, lubricación e inspección, la accesibilidad de las componentes del equipo y consideraciones ergonómicas para facilitar la operatividad, facilidad en los cambios con ajustes rápidos y mecanismos de retroalimentación visual para alertar sobre productos defectuosos. Asimismo, se resalta la necesidad de mejorar las características de seguridad durante el diseño del equipo (Canahua Apaza, 2021).

2.2.6. Entrenamiento y educación

La sección de Formación y Desarrollo dentro de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una medida que involucra a toda la organización e incluye a todos los niveles jerárquicos, desde los operadores hasta los altos directivos. A través de programas de

formación, se eleva el nivel de habilidades de los operadores, permitiéndoles realizar tareas básicas de mantenimiento que previamente eran llevadas a cabo por el equipo de mantenimiento. Asimismo, se brinda formación a los integrantes del equipo de mantenimiento en competencias avanzadas, como mantenimiento preventivo y análisis, con el objetivo de fomentar un enfoque proactivo en la resolución de problemas. Adicionalmente, los gerentes adquieren destrezas en TPM para desempeñar funciones de mentores competentes para sus subalternos y participar en programas de orientación (Canahua Apaza, 2021).

2.2.7. Seguridad, salud y medio ambiente

El pilar de Salud, Seguridad y Medio Ambiente en el Mantenimiento Productivo Total se enfoca en crear un entorno laboral seguro y eliminar cualquier condición que pueda representar riesgos. Garantizar la seguridad no solo tiene consecuencias físicas, sino que también genera un cambio en la mentalidad de los empleados, lo que se traduce en mejoras evidentes en la productividad, calidad y desempeño en la entrega de resultados. Los equipos se comprometen a asegurar la seguridad de las máquinas mediante acciones como la implementación de protectores, la adopción de procedimientos operativos estándar (SOP), el uso de equipos de protección personal y la disponibilidad de kits de primeros auxilios. El propósito principal de estas acciones es mejorar la seguridad de las máquinas, promoviendo así una fuerza laboral más productiva y comprometida (Canahua Apaza, 2021).

2.2.8. Análisis de Fallas

La distribución de Weibull se destaca como una de las distribuciones ampliamente utilizadas en los ámbitos de ingeniería de confiabilidad y mantenimiento. La tasa de fallos asociada a esta distribución puede decrecer, mantenerse constante o aumentar según el valor del parámetro de forma, β (beta). Esta distribución se utiliza para modelar la dinámica de fallos de diversos sistemas en situaciones de la vida real. Su utilidad radica en la capacidad para caracterizar y analizar el comportamiento de fallos en sistemas diversos.

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

En el contexto de la distribución de Weibull, un valor de β menor a 1 indica una disminución en la tasa de fallos con el tiempo, reflejando una posible "mortalidad infantil". Un valor de β igual a 1 señala una tasa de fallos constante, indicando la influencia de eventos externos aleatorios. Por otro lado, un valor de β mayor a 1 indica un aumento en la tasa de fallos con el tiempo, sugiriendo un proceso de "envejecimiento", como el desgaste progresivo o la mayor probabilidad de fallas a medida que transcurre el tiempo (Canahua Apaza, 2021).

2.2.9. Sistemas de fabricación

Aborda la variedad de términos en la descripción de sistemas de fabricación en industrias específicas. Se centra en definir conceptos vinculados a entornos de fabricación para lograr una comprensión clara. Las industrias manufactureras se clasifican según sus sistemas de fabricación, pero al emplear dicho término, surgen dos definiciones en el diccionario de APICS. Estas definiciones destacan el marco para desarrollar e implementar estrategias de fabricación, abarcando elementos como fuerzas ambientales, estrategia corporativa, entre otros aspectos funcionales (Canahua Apaza, 2021).

2.2.10. Proceso de fabricación y producto.

En el ámbito de la manufactura, el tipo de proceso de transformación desempeña un papel fundamental en la definición de las características de las industrias. La descripción de APICS señala que el proceso de fabricación implica realizar una secuencia de operaciones para convertir el material desde su estado inicial o semiacabado a un estado final adicional, o bien, actividades relacionadas con la conversión de insumos en productos terminados. Los procesos de fabricación pueden adoptar diferentes diseños, como diseño del proceso, diseño del producto, diseño celular o diseño de posición fija, estrechamente ligados a la estrategia de

producción de cada industria. Además, los procesos pueden ser planificados para satisfacer diversos pedidos de clientes, desde fabricación contra stock hasta ensamblaje por pedido, según la estrategia y disposición de inventarios (Canahua Apaza, 2021).

2.2.11. Pilares de la metodología Lean Manufacturing

Según Bermejo (2019) La filosofía de Lean Manufacturing se define como "la búsqueda de mejoras en el sistema mediante la eliminación de actividades superfluas que no aportan valor al producto y que el cliente no está dispuesto a costear". Esta definición se centra en particular en la reducción del desperdicio o derroche durante todo el proceso de fabricación.

Según Bermejo (2019), Para lograr una exitosa implementación de Lean Manufacturing, resulta fundamental considerar los principios fundamentales, las metodologías y las herramientas que permiten a todas las empresas alcanzar los objetivos comunes de rentabilidad, competitividad y satisfacción. Se resaltan los componentes esenciales del Lean Manufacturing, los cuales abarcan la filosofía de mejora constante llamada Kaizen, el enfoque en el control total de calidad que se aplica a todas las actividades y la práctica del Just In Time.

2.2.12. Concepto de Despilfarro

Bermejo (2019), afirma que el término "desperdicio" se refiere a cualquier actividad que no aporte valor a un producto o que no sea completamente necesaria para su producción. Se considera desperdicio todo aquello que no contribuya al valor del producto, como la producción excesiva, el exceso de inventario, el transporte innecesario de materiales, el tiempo invertido en la fabricación de productos defectuosos, las inspecciones de calidad, el uso inapropiado de los procesos, la configuración de las máquinas y los movimientos ineficientes por parte de los trabajadores.

2.2.13. Tipos de Excesos

Según Bermejo (2019), la sobreproducción es un tipo de desperdicio que ocurre cuando se fabrica más de lo necesario o se utilizan equipos con una capacidad mayor a la requerida. La sobreproducción es muy perjudicial, ya que no promueve la mejora continua y da una falsa sensación de orden. Además, la producción excesiva implica dedicar tiempo a la creación de productos innecesarios, lo que resulta en costos adicionales de transporte interno y un exceso de inventario en los almacenes.

2.2.13.1. Exceso de Sobreproducción

Según Rajadell y Sánchez (2010), se da cuando se fabrica un exceso de producto en comparación con la demanda, cuando se invierte o se diseña un equipo con una capacidad excesiva, se genera una situación de sobreproducción. Este exceso de producción es perjudicial, ya que no promueve la mejora continua y da la falsa impresión de que todo está en orden. Además, la producción excesiva implica desperdiciar tiempo en la fabricación de bienes que no son necesarios, un consumo inútil de materiales, un aumento en los traslados internos y un exceso de inventario en los almacenes.

2.2.13.2. Exceso por tiempo muerto o tiempo de espera

Según Rajadell y Sánchez (2010) se da cuando se presenta una serie de tareas o un proceso ineficiente que conduce a la pérdida de tiempo, se origina un tipo de inconveniente denominado "tiempo de espera". Los procedimientos establecidos pueden generar situaciones en las que algunos trabajadores se encuentren sin actividad mientras que otros están ocupados. Es importante tener presente que los clientes no están dispuestos a sufragar el tiempo perdido durante la producción de sus productos, por lo tanto, es esencial evaluar cómo optimizar al máximo o incluso eliminar por completo estos períodos de tiempo.

2.2.13.3. Exceso de Transporte e innecesarios movimientos

Según Rajadell y Sánchez (2010) el desperdicio asociado al transporte se produce debido a movimientos o manipulaciones innecesarios de materiales, a menudo causados por un diseño inapropiado del espacio de trabajo. Es esencial que las máquinas y las líneas de producción estén ubicadas lo más cerca posible, lo que permitirá que los materiales fluyan de una estación de trabajo a otra sin demoras en los inventarios intermedios. En este sentido, es crucial optimizar la disposición de las máquinas y mejorar la eficiencia del flujo de suministro. Además, cada vez que los artículos se mueven repetidamente, aumenta el riesgo de dañarlos. Por lo tanto, evitar movimientos innecesarios ayudará a reducir este tipo de desperdicio.

2.2.13.4. *Excesos de inventarios*

Según Rajadell y Sánchez (2010), al esconder deficiencias y problemas subyacentes, los inventarios se convierten en un claro ejemplo de desperdicio. El desperdicio causado por el exceso de inventario provoca frustración, ya que no se dispone de suficiente cantidad de los elementos necesarios para satisfacer las demandas inmediatas. Es uno de los tipos de desperdicio más frecuentes y significativos, y también puede ser una fuente indirecta de otros tipos de desperdicio. Esto genera costos adicionales en términos del valor de los productos, el espacio utilizado, el transporte y la manipulación, entre otros aspectos.

2.2.13.5. *Excesos por defectos*

Según Rajadell y Sánchez (2010), aunque sea una disminución considerable de la productividad, la falta de claridad generada por ambigüedades es ampliamente admitida en la industria. Esto conlleva la ejecución de tareas adicionales debido a errores cometidos durante la implementación inicial del proceso de producción. Los procedimientos de producción deben ser diseñados de manera a prueba de errores, garantizando productos finales de alta calidad sin requerir trabajos o inspecciones adicionales. Esto permitiría optimizar la eficiencia y eliminar retrasos innecesarios en el proceso.

2.2.13.6. *Productividad*

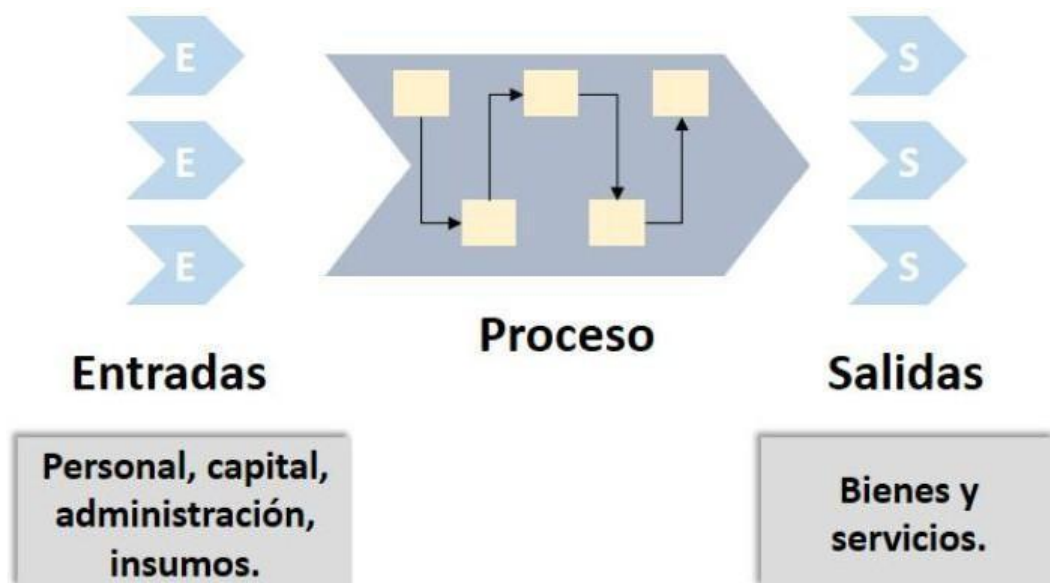
Meller (2019) La expresión "productividad" se emplea para medir la eficiencia al comparar la cantidad de recursos empleados con la cantidad de bienes y servicios generados durante el proceso de transformación. En este análisis se consideran factores productivos como el capital, el trabajo y los recursos naturales.

Meller (2019) En los últimos tiempos, se ha observado un incremento en la relación entre la productividad y los enfoques basados en análisis matemáticos con el objetivo de cuantificarla. No obstante, es esencial tener presente que la productividad no se limita únicamente a números, sino que también se refiere a la capacidad de una organización para crear productos que satisfagan las expectativas de los clientes y aprovechen eficientemente los recursos disponibles. De este modo, es posible identificar dos estrategias fundamentales para incrementar la productividad.

1. Generar productos o servicios que sean apreciados por el mercado.
2. Realizar esta producción con la utilización más eficiente de los recursos disponibles.

Con el fin de lograr una mejor comprensión de este asunto, a continuación, se exhibe la Figura 1. Esta representación gráfica ilustra los elementos esenciales, tales como el personal, la financiación, la administración y los recursos necesarios para iniciar el proceso, así como los resultados finales, que se relacionan con los bienes y servicios generados (Meller, 2019).

Figura 2 Proceso de entradas y salidas



Nota. Adaptado de *Evaluación de las Herramientas de Lean Manufacturing para la mejora del proceso*, por Contreras, 2021, repositorio académico (http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5446/1/Contreras_2021_TG.pdf)

Cuando participamos en actividades que no generan valor ni contribuyen al producto, nos encontramos con lo que se conoce como falta de eficacia. En las industrias, hay diversas categorías de esta falta de eficacia que obstaculizan la implementación exitosa de las prácticas de fabricación ajustada. A continuación, se detallan estos tipos de falta de eficacia.

2.2.14. Aplicación de Lean en sistemas de fabricación de procesos:

La prosperidad del Lean Manufacturing ha estado estrechamente vinculada a la industria discreta, donde se han observado mejoras en términos de calidad, costos y plazos de entrega. Como consecuencia, la filosofía Lean se ha aplicado con mayor frecuencia en la industria de fabricación discreta en comparación con las industrias de procesos continuos o no discretos, posiblemente debido a las características distintivas de esta industria. Estas

características engloban, como se mencionó previamente, la utilización de maquinaria amplia y adaptable, tiempos prolongados de configuración y los desafíos generales asociados con la producción en lotes reducidos. Chakraborty y Sanjoy (2011)

De acuerdo con Cahuana (2021), aunque se ha logrado éxito en varios tipos de procesos industriales mediante la aplicación de herramientas y técnicas de Lean Manufacturing, se nota una carencia significativa en la implementación de prácticas de control de producción Lean en las industrias centradas en procesos. Es importante señalar que no todas las herramientas Lean son igualmente eficaces en todos los entornos de fabricación. Por lo tanto, resulta crucial determinar qué herramientas Lean son apropiadas para cada entorno específico dentro de los sectores de procesos.

Abdulmalek y Rajgopal (2007) Están de acuerdo en afirmar que hay ciertas metodologías que se pueden aplicar de manera universal, sin importar las especificidades de cada entorno de fabricación en la industria de procesos. Estas herramientas son fáciles de usar y brindan la oportunidad de lograr mejoras significativas con inversiones relativamente bajas. Algunas de estas herramientas y procedimientos incluyen el enfoque 5S, el mapeo del flujo de valor (VSM), la estandarización del trabajo (SW), los sistemas visuales (VS) y las actividades de Kaizen.

Según Cahuana (2021), en la actualidad, el Lean Manufacturing está experimentando un aumento en su popularidad, sobre todo en las grandes empresas, aunque sigue siendo menos familiar para las pequeñas y medianas empresas. Esto se debe a que algunas organizaciones consideran que su implementación puede resultar desafiante, ya que requiere el compromiso total de los empleados para lograr el éxito.

2.2.15. Herramientas y técnicas utilizadas en Lean Manufacturing:

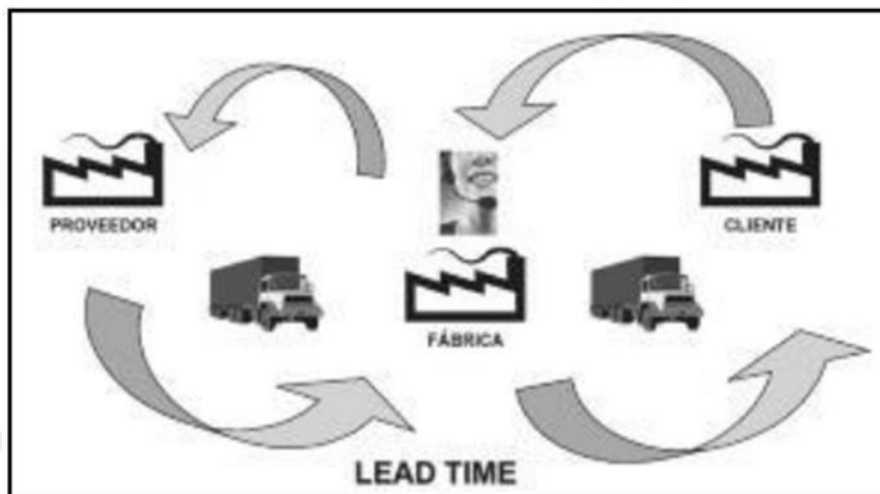
2.2.15.1. *Just-in-Time (JIT):*

Según la descripción de su creador, Womack y Jones (2018) explican que para que se materialice el Justo a Tiempo (JIT), debe existir un flujo ininterrumpido que consta de células de fabricación, también conocidas como manufactura celular. Esto incluye el sistema Kanban, que facilita el flujo de información sobre material y producción, y además, la capacidad de realizar cambios rápidos en instrumentos y herramientas para reducir los tiempos de preparación y así lograr flexibilidad.

Rajadell y Sánchez (2010) Taiichi Ohno, reconocido como el primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, desempeñó un papel fundamental en la creación del sistema de producción Just-in-Time. Su enfoque principal consistía en la búsqueda de la reducción de costos mediante la eliminación de desperdicios y prácticas ineficientes.

Según Rajadell y Sánchez (2010), la finalidad de la producción justo a tiempo (JIT) es producir los productos necesarios en las cantidades exactas y en el momento preciso. Un proceso de producción se considera que sigue la filosofía JIT cuando logra proporcionar a sus clientes los productos exactos en las cantidades y plazos necesarios. El plazo de entrega (lead time), que es el tiempo desde que un cliente realiza un pedido hasta que recibe el producto, representa una preocupación importante en este enfoque.

Figura 3 Proceso-Lead Time



Nota. Adaptado de *Lean manufacturing: La evidencia una necesidad*, por Rajadell & Sánchez, 2010 (<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789671.pdf>)

Al eliminar los períodos de espera y evitar la incertidumbre en la producción de las cantidades exactas requeridas, la implementación de este sistema conlleva a una disminución de los costos.

Bermejo (2019) Mediante la aplicación del flujo continuo, el tiempo Takt y el sistema Kanban, la filosofía del justo a tiempo tiene como meta entregar los materiales puntualmente y en las cantidades adecuadas. La importancia de la justicia en la actualidad implica aprovechar todas las habilidades de los trabajadores para eliminar las desigualdades, y no se restringe únicamente a la gestión de inventarios o a las grandes corporaciones.

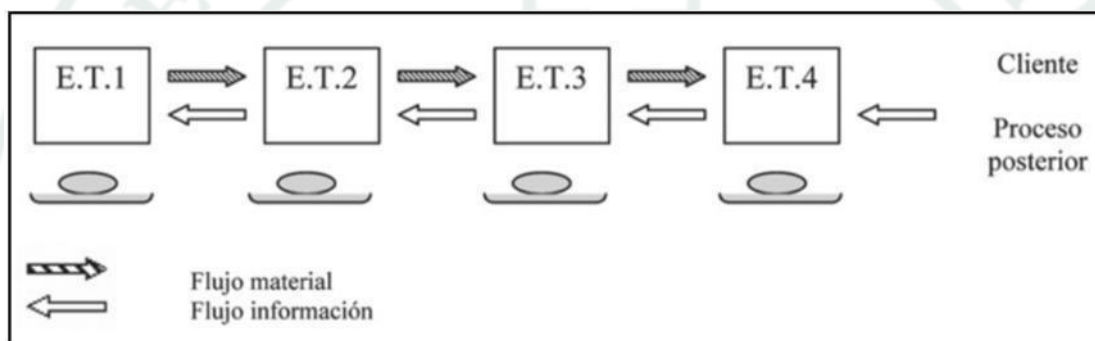
2.2.15.2. Kanban:

Según Rajadell y Sánchez (2010), el concepto de "Kanban" se emplea para describir un sistema de control y programación de producción sincronizado que se basa en el uso de tarjetas (también conocidas como etiquetas "Kankan" en japonés, aunque también pueden ser otros tipos de etiquetas). En este sistema, cada proceso extrae los conjuntos necesarios de los

procesos precedentes, lo que provoca que estos últimos se centren exclusivamente en la producción de las piezas, subconjuntos y conjuntos retirados. Esta estrategia asegura una sincronización eficiente de todo el flujo de materiales, desde los proveedores hasta los talleres de la fábrica y desde estos últimos hasta la línea de montaje final.

El Kanban es un sistema que simplifica la planificación y monitoreo de la producción a través del empleo de tarjetas, asegurando la sincronización del flujo de materiales desde el proveedor hasta el producto finalizado.

Figura 4 Intercambio de Información



Nota. Adaptado de *Lean manufacturing: La evidencia una necesidad*, por Rajadell & Sánchez, 2010 (<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789671.pdf>)

2.2.15.3. Kaizen:

De acuerdo con Masaki Imai, el concepto de "Kaizen" se forma al combinar las palabras "kai", que significa cambio, y "zen", que se interpreta como "mejorar". En consecuencia, Kaizen va más allá de ser simplemente una estrategia para reducir costos y representa un enfoque de "cambio para mejorar". Este enfoque implica una cultura de "mejora continua" o "mejora constante" que se orienta hacia la adopción de mejores prácticas.

El concepto de Kaizen implica una transformación cultural en toda la organización y reconoce que siempre existe espacio para mejorar, ya que ningún sistema es completamente

perfecto. Es fundamental que todos los niveles de la empresa se comprometan a implementar el Kaizen de manera efectiva y tengan en cuenta que todo puede ser objeto de mejora.

La esencia de la mejora Kaizen radica en la implementación constante y gradual de mejoras pequeñas realizadas por todos los integrantes del equipo, incluyendo a los líderes. Este enfoque se compone de tres elementos fundamentales: la detección de problemas y desafíos, la generación de ideas innovadoras, y la toma de decisiones, implementación y evaluación de resultados. En otras palabras, implica seleccionar la propuesta más adecuada, planificar su ejecución y llevarla a cabo para lograr un efecto específico.

Las acciones para mejorar en las pequeñas empresas forman parte de la filosofía Kaizen, que implica analizar problemas, proponer soluciones y finalmente elegir e implementar las mejores opciones.

La filosofía Kaizen se enfoca en mejoras progresivas y pequeñas en las que todos los integrantes del equipo participan. Implica la identificación de problemas, generación de ideas, toma de decisiones, implementación de planes y evaluación de resultados, poniendo énfasis en los recursos humanos. Se refiere a mejoras radicales que involucran tecnología e innovación, sin requerir la participación de todos los colaboradores. Su objetivo es alcanzar un resultado específico. Según Womack y Jones (2018) la combinación de Kaizen y Kaikaku puede llevar a mejoras ilimitadas y a alcanzar la perfección.

2.2.15.4. *SMED*

Según Rajadell y Sánchez (2010), Originalmente conocido como SMED (Single Minute Exchange of Die), esta estrategia se enfoca en reducir el tiempo de preparación a menos de diez minutos, y actualmente se persigue alcanzar incluso menos de un minuto en muchos casos. La meta de lograr tiempos tan breves surge de la necesidad de minimizar el tamaño de los lotes y reducir los niveles de inventario al operar con series de productos muy pequeñas. A

modo de ilustración, en las fábricas de producción de automóviles, cada vehículo fabricado puede ser diseñado para cumplir con un pedido particular realizado por un cliente en cualquier parte del mundo. Esto implica que un automóvil puede tener características únicas, como un color granate, faros antiniebla y llantas de aleación, mientras que el siguiente vehículo puede tener un color verde, carecer de faros antiniebla y contar con tapacubos en las ruedas.

Rajadell y Sánchez (2010), proponen una serie de 5 fases para agilizar los procesos de cambio de forma eficiente.

- Fase Identificar las fases que forman parte del procedimiento de cambio de modelo.

Es esencial elaborar un registro de todas las actividades llevadas a cabo durante la transición y realizar mediciones precisas del tiempo y la distancia recorrida durante el proceso.

- Fase 2: Distinguir entre las preparaciones internas y externas.

Las preparaciones internas se ejecutan cuando la máquina está inactiva, en contraste con las preparaciones externas que pueden llevarse a cabo durante la operación de la máquina. Es fundamental tener en cuenta que la combinación de estos dos tiempos de preparación conforma el tiempo total de cambio. Según Rajadell y Sánchez (2010), este paso puede resultar en una disminución del tiempo de preparación interno en un intervalo que oscila entre el 30% y el 50%. Paso 3: Transformar las preparaciones internas en externas.

- Fase 3: Se propone transformar las actividades de preparación internas en actividades de preparación externalizadas.

La tarea incluye no solo cambiar las actividades internas clasificadas incorrectamente, sino también analizar y poner en práctica nuevos procedimientos que mejoren el flujo de trabajo cuando la máquina está funcionando. Antes de comenzar una tarea interna,

puede resultar altamente ventajoso emplear una lista de verificación para garantizar que todos los elementos estén preparados.

- Fase 4: Minimizar las tareas internas.

Es factible lograrlo mediante la implementación de modificaciones ágiles, el empleo de indicadores visuales y la estandarización de las ubicaciones de las herramientas.

- Fase 5: Reducción de actividades externas.

En términos técnicos, la introducción de mejoras en la ingeniería, la simplificación de procedimientos, la ejecución de operaciones simultáneas en las máquinas y la eliminación de ajustes son elementos que contribuyen a la mejora del proceso de preparación.

Por último, el objetivo principal de SMED es alcanzar el tiempo más reducido posible para el cambio. En este sentido, es esencial proporcionar capacitación a los operadores para fortalecer sus habilidades y garantizar una ejecución eficiente de las actividades de preparación, cumpliendo así con el propósito de esta herramienta Lean en el proceso.

2.2.15.5. *Cinco S:*

Según Rajadell y Sánchez (2010), La implementación de las 5S sigue un proceso de cinco fases que implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura organizativa y la consideración de aspectos humanos. El principio fundamental de las 5S se divide en cinco pasos o etapas, expresados mediante términos en japonés que comienzan con la letra "s": seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke. Estos vocablos se traducen respectivamente como "eliminar lo superfluo", "organizar", "limpiar e inspeccionar", "estandarizar" y "cultivar la disciplina y el compromiso".

Una táctica para preservar el bienestar general de una organización consiste en supervisar el estado de sus equipos, herramientas, infraestructura y entorno laboral, al tiempo

que se hace hincapié en mantener todo limpio y organizado. Esto tiene como finalidad mejorar los niveles de calidad, minimizar el tiempo desperdiciado y reducir los costos, lo que conlleva a una mayor eficiencia en todos los aspectos de la fuerza laboral. Cardona Rendon (2020)

Las 5 palabras japonesas son:

A. Clasificación (Seiri)

En este paso se busca eliminar los elementos que no son necesarios en el lugar de trabajo, es decir, aquellos que no se utilizan en las actividades diarias de la planta de producción. Es importante determinar con precisión qué elementos deben ser almacenados y cuáles deben ser descartados para lograr una organización efectiva.

B. Orden (Seiton):

Durante esta etapa, se deben organizar los elementos de acuerdo a su frecuencia de uso, colocando en primer lugar aquellos que son más importantes y necesarios para que puedan ser fácilmente localizados y utilizados cuando se requieran. Después de su uso, se deben devolver a su lugar de almacenamiento correspondiente.

C. Higiene (Seison)

Durante este paso, se lleva a cabo una limpieza exhaustiva de toda el área de trabajo y se enfatiza en mantener el orden de los elementos. Se sugiere realizar una limpieza profunda para identificar cualquier zona que requiera atención especial, como áreas húmedas.

D. Estandarización (Seiketsu)

Basado en los tres pasos previos, se busca establecer y mantener estándares en cuanto a clasificación, orden y limpieza, con el objetivo de fomentar hábitos de limpieza entre los empleados.

E. Disciplina (Shitsuke)

En esta etapa, se enfoca en lograr la disciplina necesaria para seguir y mantener los pilares mencionados anteriormente, promoviendo el apego a las prácticas establecidas de manera constante.

La metodología de las 5S tiene como objetivo maximizar y preservar las condiciones de orden, limpieza y organización en el lugar de trabajo. Su relevancia trasciende la mera apariencia visual, buscando mejorar las condiciones laborales, la seguridad en el trabajo, la motivación de los empleados, la eficiencia y, en última instancia, la calidad, productividad y competitividad de la organización Cardona (2020).

2.2.16. Los siete desperdicios:

Según Pérez (2011) Se reconocen como "Desperdicios" ciertas actividades que se consideran inútiles, lo cual destaca que generan costos adicionales y no representan un valor por el cual el cliente estaría dispuesto a pagar.

2.2.16.1. Existencias

Ya sea en forma de materias primas, productos en proceso o productos terminados, no es ventajoso mantener un exceso de inventario.

Tiempo de espera: Se refiere a cualquier período en el que no se esté trabajando en el producto o material en proceso, incluyendo interrupciones no planificadas.

2.2.16.2. Transporte

Se trata del desplazamiento de bienes o equipos sin realizar ninguna acción directa sobre ellos, lo cual no aporta valor.

2.2.16.3. Procedimientos innecesarios

Hace referencia a las operaciones llevadas a cabo debido a retrabajos o para corregir errores.

2.2.16.4. *Imperfecciones*

Son productos que no cumplen con los requisitos establecidos por el cliente, lo cual conlleva costos asociados a la calidad y la satisfacción del cliente.

2.2.16.5. *Movimientos innecesarios*

Son los movimientos realizados por el operario que afectan su salud y crean un entorno de riesgo.

2.2.16.6. *Sobreproducción*

Implica la creación de inventarios como resultado de decisiones estratégicas, y no es ventajoso generar inventarios sin una demanda específica.

2.2.16.7. *Productividad:*

Gutiérrez y Vara (2009), menciona que se tiene conocimiento de que la productividad se basa en la relación entre la producción y los recursos empleados, y se determina mediante la división de los resultados obtenidos entre los recursos utilizados. Un indicador de productividad efectivo se alcanza cuando se logra maximizar los resultados y reducir el uso de recursos.

Carro y González (s.f), Siguiendo la línea de los dos estudios previos, existe consenso en que la productividad es un parámetro que establece una relación entre las salidas o productos obtenidos y los recursos empleados, también conocidos como insumos.

Asimismo, se resalta la opción de calcular la productividad de manera parcial o global, dependiendo del tipo de productividad que se pretenda analizar. En este estudio específico, se

determinará la productividad multiplicando la eficiencia por la eficacia. Se concibe la eficiencia como el indicador que muestra la disponibilidad de las máquinas, mientras que la eficacia se define como la proporción de productos que cumplen con las especificaciones en relación al total producido.

Meller (2019) La expresión "productividad" se emplea para medir la eficiencia al comparar la cantidad de recursos empleados con la cantidad de bienes y servicios generados durante el proceso de transformación. En este análisis se consideran factores productivos como el capital, el trabajo y los recursos naturales.

Meller (2019), En los últimos tiempos, se ha observado un incremento en la relación entre la productividad y los enfoques basados en análisis matemáticos con el objetivo de cuantificarla. No obstante, es esencial tener presente que la productividad no se limita únicamente a números, sino que también se refiere a la capacidad de una organización para crear productos que satisfagan las expectativas de los clientes y aprovechen eficientemente los recursos disponibles. De este modo, es posible identificar dos estrategias fundamentales para incrementar la productividad.

- Generar productos o servicios que sean apreciados por el mercado.
- Realizar esta producción con la utilización más eficiente de los recursos disponibles.

2.2.17. Eficiencia:

De acuerdo con Carro y González (s.f), la eficiencia se define como la utilización efectiva de un recurso específico, como la mano de obra, las horas máquina, las materias primas, entre otros. Las unidades de medida pueden ser expresadas en términos de tiempo, cantidad producida, porcentaje o valor monetario.

Asimismo, según Pinheiro de Lima et al (2017), el nivel de eficiencia guarda una estrecha relación con el uso de los recursos y tiene un impacto significativo en la productividad. En consecuencia, se afirma que influye en el rendimiento de los procesos de la organización.

De acuerdo a la investigación realizada por Gutiérrez y Vara (2009), la eficiencia se describe como la proporción entre el tiempo productivo (que es el tiempo total menos los períodos de descanso no planificados, reuniones, reparaciones y mantenimiento correctivo) y el tiempo total disponible.

Tomando en cuenta los planteamientos presentados por los autores mencionados, se tomará en consideración la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos en el estudio y los recursos utilizados.

Estrategias para Reducción de Desperdicios:

- Mejora de Tiempo y la Reducción de Desperdicios

2.2.18. Eficacia:

Según la investigación realizada por Gutiérrez y Vara (2009), se establece que la eficiencia se define como el indicador que representa la proporción de productos manufacturados que cumplen con las especificaciones del cliente en comparación con el total de productos producidos.

En contraste, de acuerdo con Pinheiro de Lima et al (2017), la eficacia se define como el grado de cumplimiento de los resultados, centrándose en qué tan bien se satisfacen las expectativas del cliente. Como consecuencia, se concluye que la eficacia está estrechamente relacionada con el logro de metas establecidas previamente.

Finalmente, el mismo autor señala que un rendimiento sobresaliente tanto en eficiencia como en eficacia contribuye a un desempeño destacado de la organización.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Nivel de Investigación:

La presente investigación será una Investigación descriptiva ya que, en este nivel de investigación, el objetivo es describir con precisión las características o fenómenos que se están estudiando y también será investigación explicativa según (Hernández et al., 2018) ya que, en este nivel de investigación, se busca establecer relaciones de causa y efecto y comprender las razones o mecanismos que explican un fenómeno. El enfoque se centra en responder preguntas sobre por qué y cómo ocurren los eventos o fenómenos estudiados. Se utilizan métodos cuantitativos y cualitativos, así como técnicas de análisis estadístico e inferencial, para probar hipótesis y establecer relaciones causales. La investigación explicativa busca ir más allá de la descripción de los fenómenos, tratando de identificar los factores subyacentes y las relaciones de interés, esto debido a que en la presente investigación se estudiará las variables de implementar la metodología Lean Manufacturing como variable independiente y la variable dependiente que será la productividad en la empresa estudiada, para también explicar su comportamiento e influencia entre ellas.

3.2. Diseño de Investigación:

El diseño de investigación para el tema el presente tema se basa en un enfoque no experimental según (Hernández et al., 2018), específicamente en un estudio descriptivo de tipo transversal.

En primer lugar, se llevará a cabo una investigación descriptiva para analizar y describir en detalle la situación actual de la empresa metalmecánica en términos de productividad y procesos. Se recopilarán datos utilizando métodos cuantitativos y cualitativos.

Para obtener información cuantitativa, se emplearán encuestas y cuestionarios estructurados para recopilar datos sobre indicadores de productividad, eficiencia de los

procesos, calidad del producto y otros aspectos relevantes. Estos instrumentos se administrarán a los empleados de la empresa metalmecánica, incluyendo a diferentes niveles jerárquicos y áreas funcionales

3.3. Población y Muestra:

2.2.19. Población

La población objetivo de este estudio está compuesta por todas las empresas metalmecánicas que deseen mejorar su productividad mediante la implementación de lean manufacturing. Sin embargo, debido a la limitación de recursos y tiempo, se seleccionará una muestra representativa de una empresa metalmecánica para llevar a cabo el estudio.

2.2.20. Muestra

La muestra para la presente investigación será el personal que labora en la empresa metalmecánica estudiada el cual está compuesto por 50 empleados se seleccionará teniendo en cuenta la representatividad de los diferentes departamentos y funciones dentro de la organización. A continuación, se detalla la muestra propuesta:

Tabla 1
Áreas y Personal de la Empresa

Área	Cantidad de Personas
Administración y Gestión	10
Diseño e Ingeniería	8
Producción	20
Control de Calidad	6
Logística y Distribución	6

Nota. Elaboración propia

La muestra incluirá un total de 50 empleados, representando diferentes niveles jerárquicos y áreas funcionales clave dentro de la empresa. Estos empleados serán seleccionados mediante un muestreo no probabilístico, basado en su experiencia, conocimientos y roles relevantes para la implementación de Lean Manufacturing.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

Para reunir información pertinente sobre la temática "Propuesta de implementación de lean manufacturing para optimizar la productividad en una Empresa metalmecánica", se emplearán diversas estrategias y herramientas de recolección de datos. A continuación, se detallan algunas de las estrategias y herramientas que serán utilizadas:

3.5. Entrevistas

Se realizarán entrevistas personales con los trabajadores de distintas secciones de la compañía, como producción, control de calidad, diseño e ingeniería, logística y distribución, y administración. Estas entrevistas posibilitarán obtener detalles acerca de los procedimientos actuales, detectar problemas y desafíos, así como reunir ideas y recomendaciones para potenciar la eficiencia.

3.6. Observación directa

Se llevarán a cabo observaciones directas de los procedimientos de manufactura, ensamble y control de calidad en la compañía de metalurgia y mecánica. Esto facilitará la detección de ineficacias, puntos críticos y zonas de oportunidad en los procesos actuales.

3.7. Revisión de documentación

Se llevará a cabo un análisis de documentos internos de la organización, tales como manuales operativos, registros de producción, informes de calidad y datos de inventario. Esto ofrecerá detalles adicionales sobre la eficiencia actual, problemas recurrentes y posibles áreas de mejora.

3.8. Cuestionarios

Se utilizarán cuestionarios estructurados para recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre la percepción de los empleados acerca de los problemas de productividad, la eficiencia de los procesos y las áreas prioritarias de mejora. Los cuestionarios pueden ser administrados en formato impreso o en línea, según la conveniencia de los participantes.

3.9. Análisis de datos existentes

Se analizarán los datos de rendimiento y productividad disponibles en la empresa, como tiempos de ciclo, rendimiento de maquinarias, índices de calidad y tiempos de entrega. Estos datos ayudarán a identificar patrones, tendencias y áreas críticas que requieren atención.

Es crucial subrayar que la integración de estas estrategias y herramientas posibilitará obtener una visión completa de la situación actual de la compañía metalmecánica en cuanto a su productividad, identificar los problemas principales y recopilar información relevante que respalde la propuesta de aplicar lean manufacturing.

3.10. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos:

Después de recopilar la información pertinente, se aplicarán distintas metodologías de procesamiento y análisis de datos para derivar conclusiones y elaborar recomendaciones. A continuación, se detallan algunas de las estrategias que se emplearán:

3.11. Análisis descriptivo

Se llevará a cabo una evaluación descriptiva de los datos obtenidos con el objetivo de resumir y estructurar la información de manera clara y precisa. Esto implicará el cálculo de medidas de tendencia central, como promedios y medianas, así como medidas de dispersión, tales como desviaciones estándar o rangos. Este análisis ofrecerá una perspectiva general de los datos, facilitando la identificación de patrones, tendencias y características sobresalientes.

3.12. Análisis de frecuencia

Se realizará un análisis de frecuencia para determinar la frecuencia con la que ocurren determinados problemas en la productividad, como los identificados anteriormente. Esto permitirá identificar los problemas más recurrentes y priorizar áreas de mejora.

3.13. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa o espina de pescado)

Se utilizará un diagrama de causa-efecto para visualizar las posibles causas de los problemas identificados en la productividad. Este diagrama ayudará a identificar las categorías principales de causas que contribuyen a los problemas, como la falta de capacitación, deficiencias en los procesos o problemas de gestión.

3.14. Análisis de Pareto

Se empleará el análisis de Pareto para identificar y priorizar los problemas más significativos que afectan la productividad. Esto implica identificar los problemas que tienen el mayor impacto y concentrar los esfuerzos de mejora en esas áreas para obtener resultados significativos.

3.15. Comparación de datos

Se compararán los datos antes y después de la implementación de las mejoras propuestas para evaluar el impacto y la efectividad de la implementación de lean manufacturing. Esto permitirá medir el progreso y determinar si se han logrado mejoras significativas en la productividad de la empresa.

Estas técnicas de procesamiento y análisis de datos brindarán una base sólida para comprender los desafíos en la productividad de la empresa metalmecánica, identificar las áreas de mejora prioritarias y respaldar las recomendaciones específicas para la implementación de lean manufacturing.

3.16. Aspectos administrativos

Tabla 2
Recursos Necesarios

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTOS (S/)
RECURSOS	Paquetes de Papel	4	25	100
	Bond A4 (500 hojas)			
MATERIALES	Empastes de Tesis	4	50	200
	Lapiceros	20	3	60
RECURSOS HUMANOS	Asesor en metodología	1	1500	1500
	Asistente para levantamiento de datos	1	500	500
EQUIPOS	Laptop Portátil	1	2000	2000
	Impresora Tinta	1	700	700
	Continua			
TOTAL				S/5,060.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 3
Cronograma de actividades

N.º	Etapa	Año 2023			
		Mayo	Junio	Julio	Agosto
1	Definición de variables y Desarrollo de problemática en estudio	X			
2	Operacionalización de variables	X			
3	Desarrollo del marco teórico	X			
4	Obtención de datos		X		
5	Análisis y procesamiento de datos obtenidos		X		
6	Desarrollo de la estadística			X	
7	Análisis e interpretación de resultados			X	
8	Preparación de conclusiones y recomendaciones				X
9	Conclusión del Informe				X
10	Sustentación				X

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

4.1. Diagnóstico de la situación actual:

4.1.1. *Procesos de la empresa*

El flujograma exhibe una ruta clara y secuencial para la elaboración de productos en una empresa metalmecánica, iniciando con la “Recepción de Materia Prima”. En este primer paso, los insumos son verificados en términos de cantidad y calidad para asegurar que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas. Seguidamente, se procede con el “Almacenamiento”, donde se resguardan los materiales en condiciones óptimas, garantizando su disponibilidad cuando sean necesarios en las etapas posteriores.

Figura 5 Procesos de la empresa



Nota. Elaboración propia

Posteriormente, el proceso avanza hacia la “Preparación y Corte”, fase esencial en la que las materias primas son acondicionadas y segmentadas de acuerdo con los diseños y dimensiones establecidas. Tras ello, el “Ensamblaje” integra las distintas piezas, generando la estructura preliminar del producto, para luego pasar a la “Soldadura”, paso crucial que

consolida las uniones entre componentes y otorga la solidez requerida a la pieza. A continuación, se realiza el “Tratamiento Térmico”, un procedimiento que modifica las propiedades metalúrgicas de la pieza para mejorar su dureza, resistencia o ductilidad, según la especificación del producto final.

El “Mecanizado” representa el momento en que se efectúan operaciones de torneado, fresado u otras técnicas similares, perfeccionando las dimensiones y la forma de los componentes. Una vez concluido este proceso, se realiza el “Control de Calidad” para evaluar si el producto cumple con los criterios de aceptación establecidos. En caso de aprobación, se continúa con la “Pintura y Acabado”, que no solo protege el producto, sino que también mejora su apariencia, para luego efectuar el “Embalaje” que facilita el transporte y salvaguarda el producto de daños. Finalmente, el proceso concluye en el “Despacho”, donde el producto se envía al cliente o al siguiente eslabón de la cadena de suministro.

Si el producto no cumple los requisitos en la etapa de inspección, se desvía hacia el “Retrabajo”. Esta fase es un lazo de retroalimentación en el que se corrigen defectos o inconsistencias, volviendo luego al “Mecanizado” si fuese necesario. De esta manera, el flujograma integra un ciclo de mejora continua, característico de las prácticas de Lean Manufacturing, al realimentar procesos previos para perfeccionar la calidad y optimizar recursos. Así, la empresa mantiene un control sistemático sobre cada paso, asegurando la eficiencia y la calidad del producto final.

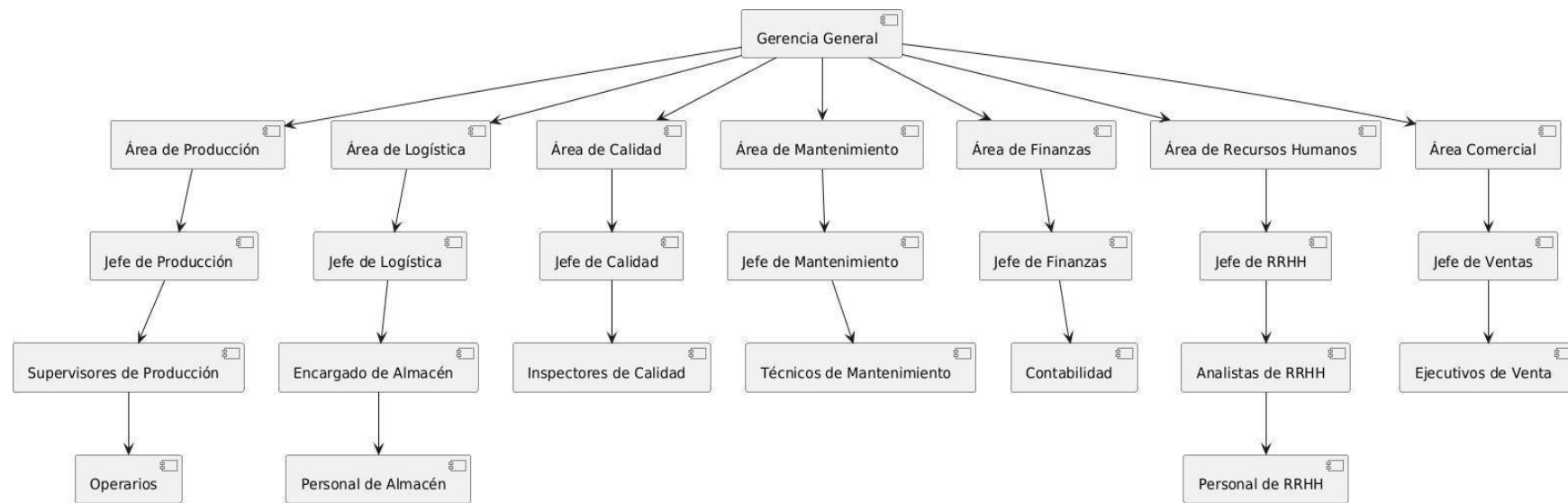
4.1.2. Organización de la empresa:

El organigrama propuesto refleja la jerarquía y distribución de funciones dentro de la empresa metalmecánica, comenzando con la **Gerencia General** como eje estratégico de la organización. Esta Gerencia se encarga de alinear los objetivos globales, tomar las decisiones más críticas y asegurar el cumplimiento de la visión y misión corporativas. Asimismo, coordina

la interacción entre las distintas áreas para fomentar la colaboración y la eficiencia en los procesos. De esta forma, la Gerencia General no solo supervisa, sino que también impulsa la mejora continua, algo esencial en entornos industriales competitivos.



Figura 6 Organigrama de la empresa



Nota. Elaboración propia

En un segundo nivel se ubican las **áreas funcionales**, cada una con responsabilidades específicas que, al integrarse, permiten el logro de los objetivos generales de la empresa. El **Área de Producción** se destaca por su rol en la planificación y ejecución de las operaciones productivas, abarcando desde la gestión de materias primas hasta la optimización de recursos y tiempos. Bajo la dirección de un jefe de Producción, este departamento coordina supervisores y operarios para garantizar la calidad y cantidad de producción necesaria, velando por el uso adecuado de la maquinaria y la implementación de metodologías como Lean Manufacturing.

Por su parte, el **Área de Logística** cumple una función neurálgica en la administración de la cadena de suministros. Gestiona el aprovisionamiento, la recepción y el almacenamiento de insumos, asegurando un flujo ordenado y continuo de materiales que evite paradas en la línea de producción. Asimismo, controla la distribución de productos terminados, optimizando rutas y tiempos de entrega. El Jefe de Logística y su equipo trabajan en estrecha colaboración con el departamento de Producción para alinear inventarios con las necesidades reales y evitar excesos o faltantes.

El **Área de Calidad** y el **Área de Mantenimiento** son pilares fundamentales en la industria metalmecánica. El Área de Calidad, liderada por un Jefe de Calidad y un equipo de inspectores, establece protocolos de inspección y pruebas, tanto en la materia prima como en los productos finales, para garantizar que cumplan con los estándares normativos y las expectativas del cliente. El Área de Mantenimiento, por su parte, se encarga de planificar y ejecutar mantenimientos preventivos y correctivos en la maquinaria y los equipos de producción. Esta labor resulta esencial para reducir tiempos de inactividad, aumentar la fiabilidad de las operaciones y prolongar la vida útil de los activos de la empresa.

En cuanto al **Área de Finanzas** y al **Área de Recursos Humanos**, ambos departamentos se ocupan de respaldar la estructura productiva y comercial desde la perspectiva

económica y del talento humano. El Área de Finanzas, dirigida por un Jefe de Finanzas, administra la contabilidad, el flujo de caja, la elaboración de presupuestos y el análisis de costos, proporcionando información clave para la toma de decisiones estratégicas. Mientras tanto, el Área de Recursos Humanos, bajo la conducción del Jefe de RRHH y los analistas correspondientes, se centra en reclutar, capacitar y retener al personal. Además, desarrolla planes de carrera, promueve la cultura organizacional y se ocupa de aspectos legales y de bienestar laboral.

Por último, el **Área Comercial** concentra la estrategia de ventas y la relación con los clientes. Liderada por un jefe de Ventas y apoyada por un equipo de ejecutivos, se encarga de identificar nuevas oportunidades de negocio, mantener un vínculo cercano con la clientela y fortalecer la presencia de la empresa en el mercado. En conjunto, todas estas áreas funcionan como engranajes interconectados, impulsados por la Gerencia General para lograr la máxima eficiencia operativa y satisfacer las demandas del sector metalmecánico. De este modo, el organigrama no solo representa una estructura jerárquica, sino que también plasma la colaboración transversal necesaria para alcanzar la excelencia en la producción y la competitividad empresarial.

4.1.3. Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)

El Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping – VSM) constituye una de las herramientas más importantes de la filosofía Lean Manufacturing, debido a que permite visualizar de manera integral el flujo de materiales y de información dentro de un sistema productivo. Su aplicación facilita la identificación de desperdicios, actividades que no agregan valor, cuellos de botella y oportunidades de mejora en los procesos de producción.

En la presente investigación, el VSM fue aplicado al proceso de fabricación de estructuras metálicas de la empresa metalmecánica objeto de estudio, considerando desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado al cliente. El propósito principal fue diagnosticar el estado actual del flujo productivo y diseñar un estado futuro orientado a la reducción de desperdicios, disminución de

tiempos improductivos y mejora de la productividad mediante herramientas Lean Manufacturing.

4.1.3.1. Objetivo del Mapeo de la Cadena de Valor

El objetivo del VSM fue identificar las actividades que agregan valor y aquellas que generan desperdicios dentro del proceso productivo de la empresa metalmecánica, con la finalidad de proponer mejoras orientadas a optimizar el flujo de producción, reducir tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa.

Asimismo, el VSM permitió establecer una visión global del sistema de producción, facilitando la identificación de problemas asociados a:

- Inventarios excesivos.
- Esperas entre procesos.
- Movimientos innecesarios.
- Retrasos por cambios de herramientas.
- Defectos y retrabajos.
- Problemas de balance de línea.
- Falta de estandarización.
- Deficiencias en el flujo de información.

4.1.3.2. Alcance del VSM

El análisis del VSM comprendió todas las actividades relacionadas con la fabricación de estructuras metálicas dentro de la empresa, iniciando con la recepción de la materia prima y finalizando con el despacho del producto terminado.

Los procesos considerados dentro del estudio fueron:

- Recepción de materia prima.
- Corte.
- Mecanizado.
- Soldadura.

- Montaje.
- Acabado (granallado y pintura).
- Control de calidad y despacho.

De igual manera, se analizó el flujo de información entre proveedores, planificación de producción, área operativa y cliente final.

4.1.3.3. Metodología empleada para el desarrollo del VSM

Para la elaboración del Mapeo de la Cadena de Valor se realizaron las siguientes actividades:

a) Observación directa del proceso

Se efectuaron visitas al área de producción para observar el flujo real de fabricación de estructuras metálicas, identificando secuencias operativas, tiempos de espera y desplazamientos de materiales.

b) Toma de tiempos

Se registraron los tiempos de ciclo (Cycle Time – C/T), tiempos de cambio (Change Over – C/O), tiempos de espera e inventarios en proceso de cada estación de trabajo.

c) Identificación del flujo de información

Se analizó la forma en que se transmiten las órdenes de producción, requerimientos de materiales y programación semanal dentro de la empresa.

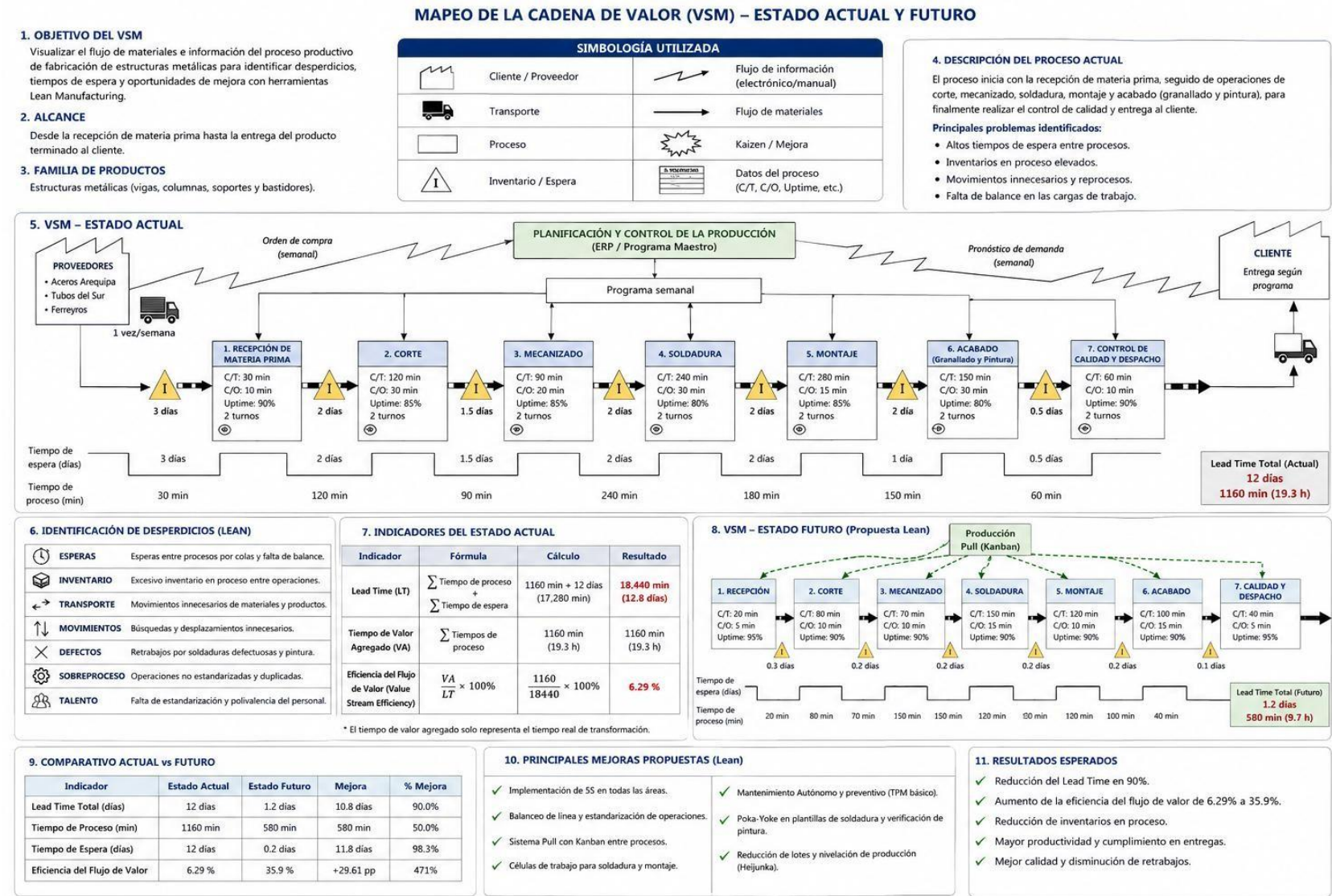
d) Identificación de desperdicios

Se evaluaron las principales actividades que no agregan valor utilizando la clasificación de los siete desperdicios Lean.

e) Diseño del estado actual y futuro

Finalmente, se desarrolló el mapa del estado actual (Current State Map) y posteriormente el mapa del estado futuro (Future State Map), considerando mejoras basadas en Lean Manufacturing.

Figura 7 Mapeo VSM



El estado actual permitió visualizar el funcionamiento real del sistema productivo de la empresa metalmecánica.

a) Flujo de información

El flujo de información inicia cuando el cliente realiza el pedido de estructuras metálicas. Posteriormente, el área administrativa procesa la orden y la transmite al área de planificación y control de producción.

Sin embargo, durante el diagnóstico se identificó que gran parte de la comunicación se realiza de forma verbal y manual, ocasionando:

- Retrasos en la programación.
- Pérdida de información.
- Errores de coordinación.
- Falta de seguimiento de producción.
- Problemas en el abastecimiento de materiales.

La programación semanal era enviada directamente al jefe de producción, quien coordinaba las actividades con los operarios.

b) Flujo de materiales

El flujo de materiales inicia con el abastecimiento de acero y componentes metálicos provenientes de proveedores locales.

Posteriormente, los materiales atraviesan las siguientes etapas:

Recepción de materia prima

Los materiales son recepcionados y almacenados temporalmente. Se observó falta de clasificación y señalización adecuada, generando demoras para localizar materiales.

Corte

El área de corte presenta elevados tiempos de preparación y cambios de herramientas. Además, existen interrupciones por búsqueda de equipos y herramientas.

Mecanizado

En esta etapa se realizan perforaciones y habilitado de piezas metálicas. Se identificaron movimientos innecesarios y acumulación de materiales entre procesos.

Soldadura

La soldadura constituye uno de los principales cuellos de botella del sistema productivo debido a:

- Elevados tiempos de proceso.
- Retrabajos por defectos.
- Esperas por disponibilidad de materiales.
- Falta de estandarización operativa.

Montaje

Durante el montaje se identificaron retrasos ocasionados por desbalance de carga laboral y ausencia de secuencias operativas definidas.

Acabado

El proceso de granallado y pintura presenta tiempos muertos debido a esperas por disponibilidad de espacio y programación de producción.

Control de calidad y despacho

La inspección se realiza al final del proceso, ocasionando detección tardía de defectos y necesidad de retrabajos.

A partir del análisis realizado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4

Datos del proceso

Proceso	C/T	C/O	Uptime
Recepción	30 min	10 min	90%
Corte	120 min	30 min	85%
Mecanizado	90 min	20 min	85%
Soldadura	240 min	30 min	80%
Montaje	180 min	15 min	85%
Acabado	150 min	30 min	80%
Calidad y despacho	60 min	10 min	90%

Asimismo, se identificaron tiempos de espera elevados entre procesos:

Tabla 5
Tiempos de espera en procesos

Etapa	Tiempo de espera
Recepción	3 días
Corte	2 días
Mecanizado	1.5 días
Soldadura	2 días
Montaje	2 días
Acabado	1 día
Calidad	0.5 días

El análisis del VSM permitió identificar los siguientes desperdicios:

a) Esperas

Se evidenciaron largos periodos de inactividad entre procesos debido a:

- Descoordinación.
- Retrasos en abastecimiento.
- Esperas por herramientas.
- Falta de balance de línea.

b) Inventarios excesivos

Existía acumulación de productos en proceso entre estaciones de trabajo, especialmente entre mecanizado y soldadura.

c) Transporte innecesario

La distribución física de planta generaba recorridos extensos para el traslado de materiales.

d) Movimientos innecesarios

Los operarios realizaban desplazamientos constantes para buscar herramientas y materiales.

e) Defectos

Se identificaron defectos recurrentes en soldadura y pintura, ocasionando retrabajos y pérdidas de tiempo.

f) Sobre procesamiento

Se observó duplicidad de inspecciones y actividades sin valor agregado.

g) Talento desaprovechado

La falta de capacitación y estandarización limitaba el aprovechamiento de habilidades del personal.

Indicadores del Estado Actual

El análisis del VSM permitió calcular los principales indicadores del sistema productivo.

Lead Time Total

El Lead Time total del proceso fue de:

- 12 días.
- 18,440 minutos.

Tiempo de valor agregado

El tiempo real de transformación del producto fue de:

- 1,160 minutos.
- 19.3 horas.

Eficiencia del flujo de valor

La eficiencia del flujo se calculó mediante la relación entre el tiempo que agrega valor y el Lead Time total.

$$\text{Eficiencia del flujo} = \frac{\text{Tiempo de valor agregado}}{\text{Lead Time total}} \times 100$$
$$\text{Eficiencia del flujo} = \frac{1160}{18440} \times 100 = 6.29\%$$

Este resultado evidencia que gran parte del tiempo total del proceso corresponde a actividades que no agregan valor.

4.1.4. Evaluación del nivel de 5S en el área de estudio:

Para evaluar el grado de implementación de las 5S, se diseñó un cuestionario que abarcaba una serie de elementos específicos. Este cuestionario constaba de cinco preguntas simples para cada una de las 5S. Cada pregunta era calificada en una escala de 0 a 4, donde 0 indicaba un desempeño muy deficiente, 1 indicaba un desempeño deficiente, 2 indicaba un desempeño promedio, 3 indicaba un desempeño bueno y 4 indicaba un desempeño excelente.

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos obtenidos para el área de producción

Tabla 6

Datos obtenidos en el área de producción

INSPECCIÓN INICIAL DE 5S EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.				
Hoja de Auditoria para 5S- Junio			Puntaje T:32	Evaluador:
5S	#	Artículo chequeado	Descripción	Puntaje
Clasificación	1	Componentes o Piezas	Exceso de material o piezas en inventario o en proceso	1
	2	Equipamiento o maquinaria	Presencia innecesaria alrededor	2
	3	Utensilios	Presencia innecesaria alrededor	2
	4	Control Visual	¿Se dispone de control visual o no?	1
	5	Estándares Documentados	¿Están establecidos estándares de limpieza? (5S)	0
Subtotal				6
Orden	6	Marcadores de Ubicación	¿Hay áreas de almacenamiento claramente marcadas?	0
	7	Indicadores de Artículos	¿Se demarcan los artículos y los lugares?	0
	8	Cotas de Stock	¿Se establecen niveles máximos y mínimos de productos?	2
	9	Accesos y Rutas de Almacenamiento	¿Se identifican las rutas de acceso y de almacenamiento?	1
	10	Marcadores de Ubicación	¿Hay áreas de almacenamiento claramente marcadas?	0
Subtotal				3
Limpieza	1	Superficies	¿Los pisos están libres de basura, aceite, o grasa?	1
	2	Equipos	¿Están libres de objetos y de aceite?	1
	3	Limpieza e Inspección	¿Se lleva a cabo la inspección de equipos junto con el mantenimiento?	2
	4	Responsabilidad de Limpieza	¿Existe personal designado para verificar la limpieza?	1
	5	Hábitos de Limpieza	¿El operador limpia regularmente los pisos y las máquinas?	1
Subtotal				6
Estandarización	6	Registro de Mejoras	¿Se elaboran registros de mejoras de forma regular?	1
	7	Implementación de Ideas	¿Se han aplicado propuestas de mejora?	2
	8	Procedimientos Clave	¿Se emplean procedimientos escritos, claros y actualizados?	1
	9	Plan de Mejora	¿Existe un plan futuro para mejorar el área?	3
	10	Mantenimiento de las Primeras 3S	¿Se mantienen las primeras S?	1
Subtotal				8
Disciplina	1	Capacitación	¿Los procedimientos estándar son conocidos?	1
	2	Organización de Herramientas y Piezas	¿Se almacenan correctamente las herramientas y las piezas?	2
	3	Gestión de Inventario	¿Se ha iniciado la gestión de inventario?	2
	4	Revisión de Procedimientos de Inventario	¿Se actualizan y revisan los procedimientos de inventario regularmente?	2
	5	Descripciones de Puestos	¿Se actualizan y revisan las descripciones de los puestos regularmente?	2
Subtotal				9
Total				32
0= Muy mal 1= Mal 2= Promedio 3= Bueno 4= Muy Bueno				

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los datos presentados en la tabla previa, se puede apreciar que la ejecución de las 5S en el entorno de producción de Industrias Metalmecánicas alcanza un nivel del 32%. Además, se resalta que la S que alcanza el mayor nivel es la de Disciplina, debido a que se lleva a cabo una evaluación continua de los procesos y se mantiene un control riguroso sobre los elementos necesarios durante las operaciones. Por otro lado, se observa que la S con el nivel más bajo es la de Orden, lo que sugiere una carencia de áreas específicas asignadas para los adminículos y productos elaborados en este sitio.

Tabla 7
Porcentaje de los pilares

Pilar	Clasificación	Máximo	%
Estandarización	8	20	20%
Clasificación	6	20	20%
Disciplina	9	20	25%
Orden	3	20	15%
Limpieza	6	20	20%
Total	32	100	100%

Nota: Elaboración propia

Para evaluar la efectividad de la ejecución de un manual de 5S en el área de elaboración de Manufacturas Metalmecánicas, es esencial identificar los aspectos que se pretenden mejorar dentro de dicho ámbito. Con este propósito, se han definido indicadores que permitirán comparar el estado previo y posterior a la implementación, facilitando así la evaluación del trabajo realizado. Estos indicadores se han seleccionado con base en los objetivos primordiales de las 5S y abarcan los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de espacio.
- Calidad del ambiente laboral.
- Tiempo de ciclo del producto principal fabricado por la empresa.

El indicador de Área Libre Disponible será empleado para examinar la situación actual del contexto de producción de la corporación en relación a la disponibilidad del espacio global

utilizado. Los primeros dos principios de las 5S están estrechamente ligados a este aspecto, dado que resaltan la eliminación de elementos redundantes en el espacio de labor y la relevancia de la organización.

En el ámbito de fabricación de la firma se presentan desafíos relativos al espacio y la disposición, surgidos de diversos factores que se detallan a continuación:

Las herramientas utilizadas en cada estación de trabajo carecen de una localización precisa.

Se observan residuos (desechos) en los lugares de trabajo y en proximidad a las máquinas, los cuales no son retirados después de su utilización y entorpecen la movilidad libre de los empleados.

Existen productos terminados que no han sido reclamados por sus respectivos propietarios.

Se conserva maquinaria averiada que ocupa espacio y dificulta la supervisión visual sin ofrecer ningún beneficio adicional.

En el cuadro siguiente se exponen las zonas del entorno de producción de la empresa y se analizan todos los elementos que influyen en el espacio de la instalación.

Tabla 8
Superficies del área de producción de la empresa

ESPACIO TOTAL (m ²)	ESPACIO UTILIZADO (m ²)				ESPACIO DISPONIBLE (m ²)
	EQUIPOS Y DISPOSITIVOS	MP E INSUMOS	PRODUCTO TERMINADO	ESPACIO PERDIDO	
1173	1015				158
	720	45	180	70	

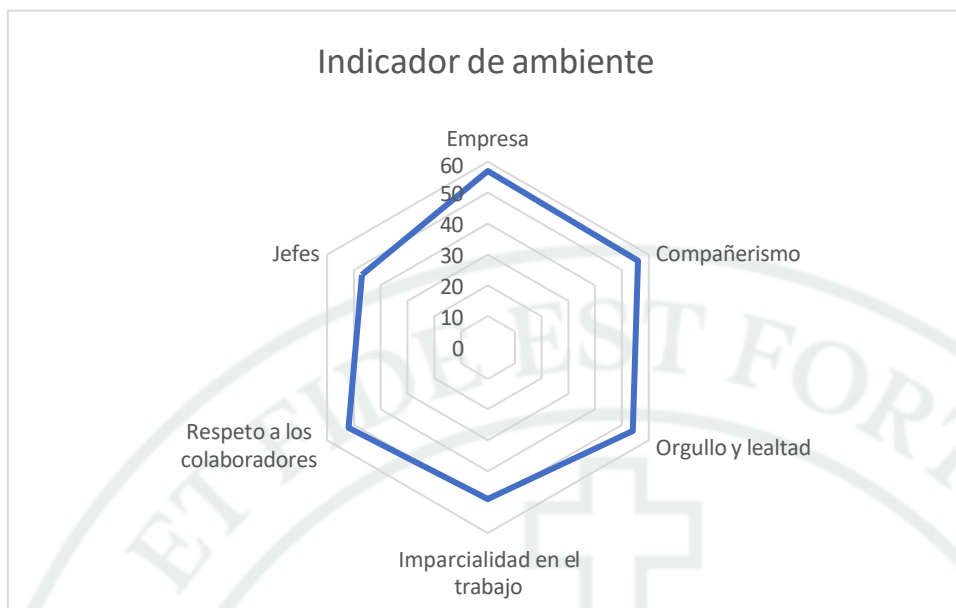
Nota: Elaboración propia

Se percibe que solo una mínima porción, específicamente el 13.46%, del espacio global disponible en el sector de manufactura se asigna para su empleo efectivo. Este espacio se destina principalmente a pasillos designados para la circulación de los empleados y los equipos. Sin embargo, esta cifra podría aumentar considerablemente si se suprimen elementos como maquinaria, herramientas, materia prima, etc., que no están organizados adecuadamente. Además, cerca del 7% del espacio actualmente en uso se clasifica como espacio malgastado, el cual podría recuperarse mediante la aplicación de la metodología de las 5S en este ámbito. La dimensión del Ambiente Laboral desempeña un rol esencial en la implementación de las 5S, ya que busca establecer un entorno de trabajo seguro y confiable, facilitando de esta manera la realización eficaz de las tareas cotidianas dentro de la organización. Este indicador nos brinda una perspectiva del estado del área de producción en términos de ambiente laboral y nos asiste en comprender la percepción de los empleados al respecto. Para recabar información sobre este indicador, se llevó a cabo un sondeo dirigido a cada uno de los operarios del área de producción de la empresa. Este sondeo aborda diversos aspectos, tales como:

- Interacción con los superiores.
- Consideración entre colegas.
- Equidad en el entorno laboral.
- Sentimiento de orgullo y fidelidad hacia la empresa.
- Nivel de camaradería en el área.
- Evaluación general de la empresa.

Cada interrogante del sondeo se evalúa en una escala que va desde 1, denotando desacuerdo, hasta 4, representando total acuerdo con la pregunta planteada. A continuación, se muestra un diagrama que muestra los datos tabulados y los porcentajes conseguidos en los aspectos analizados.

Figura 8 Diagrama de tabulación



Nota: Elaboración propia

Después de tabular todos los aspectos, se observó que cada uno de ellos obtuvo una valoración aproximada al 50% de aceptación. Este señala que, aunque el entorno de trabajo para los empleados no es ideal, hay espacio para mejorarlo. Los resultados obtenidos en cada aspecto muestran lo siguiente:

- Relación con los jefes: 47%. Este dato indica que la conexión de los empleados con sus superiores no es la más satisfactoria.
- Relación entre colegas: 52%. Se nota que los empleados se apoyan mutuamente, convirtiendo el sitio de trabajo en un equipo más que en un ambiente competitivo.
- Neutralidad en el desempeño laboral: 49%.
- Sensación de orgullo y fidelidad: 54%. La mayoría de los trabajadores se sienten orgullosos de formar parte de la empresa, posiblemente debido a la prolongada experiencia que muchos de ellos tienen en la misma.

- Compañerismo: 56%. Los vínculos establecidos a lo largo de los años en la empresa han fomentado un sentido de compañerismo de grado medio-alto.
- Percepción de la empresa como lugar de trabajo: 57%. La empresa en sí es considerada un buen lugar para trabajar.

La constante optimización de los procedimientos dentro de las organizaciones implica maximizar los recursos empleados. Uno de estos recursos es el tiempo, cuya importancia es incalculable. Por consiguiente, mejorar la eficiencia del tiempo en el área de producción de la empresa constituye uno de los principales objetivos de este proyecto. El proceso escogido para evaluar este indicador es el proceso de fabricación de una estructura metálica desarrollada por la empresa. A continuación, se proporciona un desglose detallado de cada etapa del proceso y los tiempos originarios agrupados:

Tabla 9
Toma de tiempos en cada etapa

RESULTADO TOMA DE TIEMPOS				
VARIABLE	MEDICIONES	CORTE	SOLDADURA	ACABADOS
SUMA TOTAL (MIN)	45	120	150	120
TAMAÑO DE MUESTRA	20	20	20	20
TIEMPO PROMEDIO (MIN)	24	18	72	24

Nota: Elaboración propia

El presente cuadro expone los pormenores temporales de las diversas fases involucradas en la elaboración de estructuras metálicas. Dicho proceso se ha segmentado en tres etapas diferenciadas: la fase de corte, la etapa de soldadura y la fase de acabados. Cada una de estas etapas posee mediciones temporales específicas, junto con detalles sobre la magnitud de la muestra y el tiempo promedio de elaboración para cada estructura metálica.

En primer lugar, se presenta la suma total de los tiempos en minutos para cada etapa del proceso: corte, soldadura y acabados. Esto permite tener una idea general del tiempo total dedicado a cada una de estas etapas en el proceso de fabricación.

Luego, se proporciona el tamaño de la muestra, que en este caso es de 20 estructuras metálicas para cada una de las etapas del proceso. Esto indica la cantidad de observaciones o mediciones realizadas para obtener los datos presentados.

Finalmente, se presenta el tiempo promedio en minutos para cada etapa del proceso. Esto representa el promedio del tiempo que tarda en completarse una estructura metálica en cada etapa del proceso, basado en las mediciones tomadas de las muestras.

4.1.5. Poka-Yoke:

Propuesta de Mejora para Abordar las Fallas Continuas en los Productos

Solventando las dificultades constantes en la excelencia de los artículos, recomendamos iniciar mediante la etapa primaria del ciclo de Deming, famosa como "Planificar":

- A lo largo de este periodo, se llevará a cabo un examen detallado para reconocer los motivos esenciales que generan los fallos recurrentes en los artículos conclusivos. Estos errores incluyen deformaciones, curvaturas desapropiadas, uniones deficientes y anomalías en los perfiles del artículo, según se detalló en el análisis anterior.

- Además, se elaborará un esquema de instrucción específico y se fijará un horario para el personal. El propósito fundamental de este programa de instrucción es proveer al equipo de las destrezas y el saber requeridos para abordar de manera eficaz las causas profundas de los problemas en los productos.

- La instrucción se fraccionará en dos divisiones: una orientada al personal de manufactura y otra al personal de mantenimiento. Los temas a tratar serán detallados en un cuadro que englobará un total de 10 horas de enseñanza.

Este enfoque de "Planificar" se enfoca en identificar los orígenes del inconveniente y en preparar al equipo para aplicar soluciones eficaces, promoviendo de esta manera una mejora incesante en la excelencia de los artículos.

Tabla 10

Duración por cada tema

N°	Temas	Duración
1	Preámbulo a Poka Yoke	20
2	Técnica Poka-Yoke	50
3	Tipos de Poka- Yoke	150
4	Formas de uso	120
5	Eliminación de errores	90
6	Cultura de empowerment	30

Nota: Elaboración propia

Programación de recomendado para el entrenamiento del equipo tendrá una extensión de dos semanas con una hora por día en el intervalo de 4:00 p.m. a 8:00 p.m.

Tabla 11

Cronograma sugerido para a capacitación del personal

Personal	Semana 1						Semana 2						Tiempo de capacitación
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	
Producción													6 horas
Mantenimiento													6 horas
Temas a tratar													
Sensores													4 horas
Dimensionar													5 horas
Soldadura													6 horas

Nota: Elaboración propia

En la segunda etapa, titulada "Realizar", se inicia la ejecución de lo que se ha proyectado en la etapa precedente:

Se empieza con el adiestramiento del equipo conforme al programa y el diseño trazado con antelación.

Después, se realiza la detección de las carencias. Para esto, se efectúa una revisión de los dispositivos conjuntamente con la participación del personal operativo de producción. Durante esta inspección, se identifican las siguientes deficiencias.

Tabla 12
Identificación de deficiencias en la inspección

Nº	Problema	Tipo de poka yoke	Descripción técnica
1	Fabricaciones de estructuras metálicas deformes	Activados mediante un ligero toque en la antena, estos dispositivos pueden detectar la presencia de objetos y sus dimensiones gracias a su alta sensibilidad.	Funcionan con una tensión de operación de AC210-250v y pueden operar en un rango de temperatura de -30 a +70 grados Celsius.
2	Fallos en el corte de piezas metálicas, lo que genera paros en la maquina	Detectan si son correctas las dimensiones de la pieza	Estos sensores pueden verificar la precisión dimensional de las piezas, con un rango de detección de 4mm y una velocidad de respuesta ajustable de 10 a 30000 /s. Además, ofrecen una alta linealidad, con una desviación máxima de 2 μ m, y una excelente reproducibilidad de 4 μ m. No incluyen función de conmutación y cuentan con salida analógica de 4-20 mA/0-10 V.
	Soldadura no uniforme, secciones de la estructura con aberturas	Sensores de posición de soldaduras	Resistente a las salpicaduras de soldadura gracias al revestimiento antiadherente
		Pueden detectar composiciones metálicas y grietas difíciles de visualizar, ofreciendo una notificación fiable de desgaste cuando se reduce su alcance de detección.	Estos sensores son resistentes a las salpicaduras de soldadura gracias a su revestimiento antiadherente
			Estos sensores son resistentes a las salpicaduras de soldadura gracias a su revestimiento antiadherente
			Indican el grado de suciedad para facilitar el mantenimiento preventivo. Son robustos y resistentes a impactos debido a su superficie activa de metal, y cuentan con un diseño compacto ideal para aplicaciones con espacio de instalación limitado.

Nota: Elaboración propia

En la tercera etapa, reconocida como "Confirmar", se realiza la revisión del medidor sugerido de rendimiento. Para comenzar este procedimiento, se emplearán los registros recabados antes de la instauración de la herramienta. En esta instancia, se utilizarán los archivos antecedentes de artículos manufacturados desde enero hasta septiembre de 2019. Estos

archivos se confrontarán con las aproximaciones correspondientes al periodo 2020. A continuación, se exponen los desenlaces de esta contraposición:

Tabla 13

Indicador propuesto de eficacia 2022

Meses	2022		
	Estructuras fabricadas	Estructuras aprobadas	Eficiencia %
Enero	675	600	88,89
Febrero	556	484	87,05
Marzo	669	594	88,79
Abril	510	450	88,24
Mayo	516	457	88,57
Junio	521	453	86,95

Nota: Elaboración propia

Tabla 14

Indicador propuesto de eficacia 2023

Meses	2023		
	Estructuras fabricadas	Estructuras aprobadas	Eficiencia %
Enero	725	681	93,93
Febrero	733	697	95,09
Marzo	711	668	93,95
Abril	621	577	92,91
Mayo	599	570	95,16
Junio	685	651	95,04

Nota: Elaboración propia

Se proporciona a continuación la fórmula empleada para calcular la efectividad con mayor precisión:

$$Eficacia = \frac{\text{Productos dentro de especificación}}{\text{Total de productos fabricados}}$$

De este modo, se establece que la efectividad para el mes de enero de 2022 es del 88.89%. De manera análoga, se procederá a calcular la efectividad para los meses siguientes de 2022 y para los meses del año 2023. Con el propósito de analizar la evolución de la variable y examinar las mejoras, se llevará a cabo una comparación del promedio de la efectividad de los meses de 2022 y 2023.

Tabla 15*Comparación del promedio de eficacia 2022 - 2023*

Meses	2022	2023	Diferencia %
	Eficiencia %	Eficiencia %	
Enero	88,89	93,93	5,04
Febrero	87,05	95,09	8,04
Marzo	88,79	93,95	5,16
Abril	88,24	92,91	4,68
Mayo	88,57	95,16	6,59
Junio	86,95	95,04	8,09
Promedios	88,08	94,35	6,27

Nota: Elaboración propia

Como resultado de las computaciones realizadas se notó una progresión en la eficiencia en un 6.27%. En la cuarta etapa, titulada "Realizar":

- Se descubren todas las chances de optimización que todavía no han sido tratadas en su totalidad.
- Para proseguir con el ciclo de Deming se emplean estas posibilidades como fundamento para comenzar nuevamente la etapa de programación.

Tabla 16*Productividad en términos de estructuras*

Mes	2022	2023
	Estructuras Fabricadas	Estructuras Aprobadas
Enero	675	600
Febrero	556	484
Marzo	669	594
Abril	510	450
Mayo	516	457
Junio	521	453

Nota: Elaboración propia

La Tabla 14: Productividad en términos de estructuras nos ofrece una visión clara de la eficiencia del proceso productivo en relación a la fabricación y aprobación de estructuras durante dos periodos consecutivos. En el año 2022 se registraron cifras de estructuras fabricadas que oscilan, por ejemplo, en enero con 675 unidades, mientras que en 2023 se

reportan 600 estructuras aprobadas para el mismo mes. Este contraste entre las cifras de fabricación y las de aprobación permite inferir, a través del cálculo de rendimientos, que se alcanza un nivel de eficiencia del orden de aproximadamente 88.89% en Enero (600 aprobadas de 675 fabricadas). El mismo patrón se observa en los meses sucesivos, donde se mantiene una consistencia en los niveles de rendimiento, con valores en torno a 87-89%. Estos datos reflejan que, pese a la pérdida natural que se produce en el proceso de aprobación —debido a rechazos por fallos en calidad o ajustes necesarios— el sistema productivo logra mantener una tasa de rendimiento relativamente alta. Esto sugiere la existencia de un proceso robusto de control de calidad y una cultura de mejora continua, donde las desviaciones se corrigen de manera oportuna, permitiendo que el impacto de los rechazos se mantenga en márgenes controlados.

Tabla 17
Productividad en términos de eficiencia horaria

Mes	2022	2023
	Horas Útiles	Horas Totales
Enero	123	189
Febrero	122	189
Marzo	122	189
Abril	123	189
Mayo	125	189
Junio	120	189

Nota: Elaboración propia

Por otro lado, la Tabla 15: Productividad en términos de eficiencia horaria se enfoca en la gestión del tiempo dentro del ciclo productivo. En esta tabla se exponen dos indicadores fundamentales: las “Horas Útiles” correspondientes a 2022 y las “Horas Totales” correspondientes a 2023. Se observa que, en 2022, la cantidad de horas efectivamente utilizadas para la producción varía ligeramente de mes a mes, por ejemplo, 123 horas en enero, 122 en febrero y hasta 125 en mayo, en contraste con un valor constante de 189 horas en 2023. Este valor de 189 horas puede interpretarse como la totalidad de horas programadas o teóricas de producción para cada mes. La diferencia entre las horas útiles y las horas totales permite

identificar las interrupciones o paradas en el proceso productivo, tales como mantenimientos no planificados, tiempos de inactividad por fallos o ajustes operativos, lo que se traduce en una menor eficiencia en el aprovechamiento del tiempo disponible. El análisis comparativo de estos datos resulta esencial para la identificación de cuellos de botella o ineficiencias en el proceso, permitiendo implementar estrategias para reducir los tiempos muertos y, en consecuencia, mejorar la productividad general. Así, mientras la Tabla 14 se centra en la efectividad de la producción en términos de unidades que cumplen con los estándares de calidad, la Tabla 15 ofrece una perspectiva sobre la eficiencia en el uso del tiempo, dos aspectos complementarios que, en conjunto, brindan una visión integral de la productividad de la empresa metalmecánica.



Tabla 18

Cronograma para emplear el Ciclo de Deming

Actividades		Primer mes				Segundo mes				Tercer mes				Cuarto mes				Quinto mes			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	Planificar																				
1,	Estudio de causas probables																				
1,	Diseño de plan de capacitaciones																				
2	Hacer																				
2,	Capacitación de trabajadores																				
2,	Reconocimiento de problemas																				
2,	Instalación de Poka-Yoke																				
2,	Pruebas de metodología Poka-Yoke																				
3	Verificar																				
3,	Revisión de desempeño																				
4	Actuar																				
4,	Identificación de puntos de mejora																				
4,	Alternativas de solución																				

Nota: Elaboración propia

4.1.6. *Mantenimiento Autónomo:*

Para implementar el Mantenimiento Autónomo, se emplearán las etapas del ciclo de Deming como referencia:

En la fase inicial, "Planificación":

- Se empieza con un examen detallado para descubrir las potenciales razones ocultas de la carencia de un esquema de Preservación. Durante este procedimiento, se toman en cuenta aspectos como los ajustes de dispositivos y los inicios y detenciones no planificados, de acuerdo con lo expuesto en la parte de evaluación del presente análisis.
- Se crean y aceptan los modelos esenciales para registrar y controlar la información relacionada con las actividades de preservación, las averías encontradas y las soluciones sugeridas.
- Igualmente, se redacta un esquema de instrucción conjuntamente con un calendario para el equipo, con el objetivo de familiarizarlos con el instrumento.
- Esta formación se dividirá en dos partes, una dirigida al equipo de Producción y otra al equipo de Mantenimiento.

Los siguientes temas serán abordados con una duración promedio de 12 horas:

Tabla 19
Duración de temas

N°	Temas	Duración
1	Introducción sobre TPM	20
2	Mantenimiento autónomo	50
3	Mantenimiento Mecánico	150
4	Rutinas de limpieza	90
5	Corrección de errores comunes	30
6	Uso de Formatos	150
7	mantenimiento estándar	120
8	Evaluación del personal	90

Nota: Elaboración propia

El plan de instrucción se extenderá a lo largo de tres semanas y se llevará a cabo en el horario comprendido entre las 17:00 horas p.m. y las 19:00 horas a.m. según el siguiente programa.

Tabla 20
Duración de capacitación en 3 semanas

Personal	Semana 1						Semana 2						Semana 3						Tiempo de capacitación
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	
Producción																			6 horas
Mantenimiento estándar																			6 horas
Temas a tratar																			
Mantenimiento mecánico																			8 horas
Mantenimiento autónomo																			12 horas
Limpieza																			12 horas
Técnicas																			8 horas

En la etapa "Implementar", se continúa con la realización de las labores planificadas:

- Se inició con la capacitación del equipo de acuerdo con el itinerario y esquema previamente establecidos. Es fundamental destacar que, tras el adiestramiento, se realizará una evaluación del equipo para calcular su grado de comprensión en relación a la reciente herramienta.

- Se da inicio a la aplicación de los cinco pasos del Mantenimiento Autónomo.

Paso 1: Limpieza e inspección

- Se realiza la recopilación de datos y la inspección y limpieza de las máquinas con el objetivo de crear un registro y evaluar el estado actual de cada una. Este procedimiento será llevado a cabo por los operadores encargados de cada máquina,

quienes registrarán la información en los formularios "Datos del equipo" y "Control de limpieza e inspección".

- Después, se reconocen las irregularidades que han generado interrupciones no previstas y configuraciones incorrectas mediante la evaluación de los dispositivos, descubriendo las próximas excepciones:

Tabla 21
Problemas y error en las actividades

Nº	Pieza	Descripción	Error	Problema
1	Cadena de engranajes	Es un tipo de transmisión mecánica que utiliza una serie de engranajes conectados por una cadena para transmitir potencia de un eje a otro.	Falta de engrasado y limpieza	Quiebre de eslabón
2	Soldadora	El dispositivo encargado de unir el formador de ejes a través de una soldadura en caliente se conoce como una máquina de soldadura	Falta de mantenimiento y de su registro de uso	Inoperativo
3	Esmeril	Herramienta eléctrica utilizada para pulir, lijar, cortar o dar forma a diferentes materiales,	Falta de limpieza	Exceso de residuos de material

Nota: Elaboración propia

Paso 2: Erradicación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso

- Se procede a eliminar las fuentes de contaminación y a facilitar el acceso a las áreas previamente inaccesibles. Estas labores son llevadas a cabo por el equipo de Producción, quienes han sido formados para identificar fallos y resolver los problemas detectados en la maquinaria. Las anomalías encontradas se registran en el formulario "Tratamiento de fallos", disponible para su uso. Es relevante destacar que esta información será supervisada y revisada por el equipo de Mantenimiento para asegurar la correcta realización de las tareas de Mantenimiento.

Fase 3: Institución de normativas de higiene y engrase

- Empleando la información acumulada, se confeccionan las reglas de higiene y engrase particulares para cada dispositivo. Estos estándares son elaborados por el equipo de Mantenimiento y aprobados por la dirección antes de su distribución y publicación en los lugares de trabajo de las máquinas. Los operarios seguirán estos estándares como referencia para realizar sus tareas rutinarias de limpieza y lubricación. Los estándares se presentan en el formulario "Procedimiento de limpieza y lubricación de máquinas".

Paso 4: Inspección exhaustiva

- Los técnicos de Mantenimiento llevan a cabo una inspección detallada para verificar la correcta aplicación de los pasos anteriores y el cumplimiento de los estándares establecidos. Una vez que los técnicos aprueban la ejecución adecuada de los pasos, la información se registra para un seguimiento periódico por parte del departamento de Mantenimiento.

Etapa 5: Revisión independiente

- Se organiza una junta con la gerencia, el supervisor de Conservación y el supervisor de Fabricación para fijar directrices, regulaciones y procesos vinculados al Mantenimiento Autoadministrado. Estos documentos son posteriormente enviados para su aprobación por parte de la dirección y finalmente se publican y distribuyen a cada lugar de trabajo de las máquinas. Estos procedimientos se detallan en el formulario "Procedimiento de Mantenimiento Autónomo".

La tercera fase del ciclo de Deming, "Verificar":

- Se realizará una verificación utilizando el medidor de eficacia, utilizando datos conseguidos antes de la presentación de la herramienta. Estos datos conciernen a las horas disponibles por dispositivo entre enero y septiembre de 2019, los cuales serán cotejados

con las previsiones para el año 2020. Los desenlaces de esta contraposición se muestran a continuación.

Tabla 22

Indicador de eficiencia Enero - junio 2022

Meses	2022			
	Horas Útiles	Horas totales	Horas paradas	Eficiencia %
Enero	123	189	66	65%
Febrero	122	189	67	65%
Marzo	122	189	67	65%
Abril	123	189	66	65%
Mayo	125	189	64	66%
Junio	120	189	69	63%

Nota: Elaboración propia

Tabla 23

Indicador de eficiencia Enero - Junio 2023

Meses	2023			
	Horas Útiles	Horas totales	Horas paradas	Eficiencia %
Enero	138	189	51	73%
Febrero	137	189	52	72%
Marzo	137	189	52	72%
Abril	138	189	51	73%
Mayo	140	189	49	74%
Junio	135	189	54	71%

Nota: Elaboración propia

Con el fin de proporcionar una guía adicional, se presenta la fórmula empleada para calcular la eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{Horas\ utiles}{Horas\ totales}$$

Se llevará a cabo una evaluación del desempeño de la variable y de los cambios positivos mediante la comparación del promedio de eficiencia entre los meses de 2022 y 2023.

Tabla 24
Comparación de eficiencia Enero- Junio (2022 - 2023)

Meses	2022	2023	Diferencia %
	Eficiencia %	Eficiencia %	
Enero	67%	75%	8%
Febrero	66%	74%	8%
Marzo	66%	74%	8%
Abril	67%	75%	8%
Mayo	68%	76%	8%
Junio	65%	73%	8%
Promedios	67%	75%	8%

Nota: Elaboración propia

La tabla presenta datos sobre la eficiencia de un proceso o sistema durante los meses de enero a junio de los años 2022 y 2023, junto con la diferencia porcentual entre ambas eficiencias. La eficiencia se mide en porcentaje y representa la capacidad del proceso o sistema para generar el máximo rendimiento con los recursos disponibles.

La eficiencia del proceso en el año 2022 osciló entre el 65% y el 68%, con un promedio del 67%, mientras que en el año 2023 aumentó significativamente, oscilando entre el 73% y el 76%, con un promedio del 75%. La diferencia porcentual entre la eficiencia de ambos años fue del 8% en cada mes.

Esta mejora del 8% en la eficiencia entre los dos años indica un progreso notable en el rendimiento del proceso o sistema. Un aumento de la eficiencia significa que se ha logrado una utilización más efectiva de los recursos disponibles, lo que puede traducirse en una mayor producción, menor desperdicio de recursos y tiempos de espera reducidos.

La consistencia en el incremento de la eficiencia a lo largo de los meses sugiere que las mejoras implementadas en el proceso o sistema fueron efectivas y sostenibles en el tiempo. Esto puede haber sido el resultado de la implementación de nuevas estrategias, tecnologías o prácticas de gestión que optimizaron la operación del sistema.

En la cuarta etapa, denominada "Actuar":

Se identifican todas las oportunidades de mejora que aún no se han completado para reiniciar el ciclo de mejora continua de Deming.

Tabla 25

Cronograma para implementar el ciclo de Deming

Actividades		Primer mes				Segundo mes				Tercer mes				Cuarto mes				Quinto mes				Sexto mes				Septimo mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Planificar																												
1,1	Análisis de causas probables																												
1,2	Diseño de plan de capacitaciones																												
1,3	Aprobación de formatos																												
2	Hacer																												
2,1	Capacitación de trabajadores																												
2,2	Inspección y limpieza																												
2,3	Eliminación de fuentes de desperdicios																												
2,4	Elaborar estándares de lubricación y aseo																												
2,5	Evaluación general																												
2,6	Evaluación autonoma																												
3	Verificar																												
3,1	Revisión de desempeño																												
4	Actuar																												
4,1	Identificación de puntos de mejora																												
4,2	Alternativas de solución																												

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO V: RESULTADOS

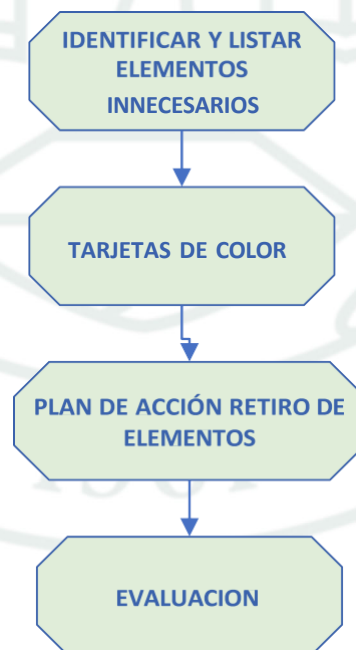
5.1. Resultados del programa de 5s:

5.1.1. Seiri – Clasificación

El principio de Seiri, también conocido como Clasificación, se centra en eliminar cualquier elemento innecesario o superfluo del área de trabajo, ya sea en entornos de producción o administrativos. Esto incluye herramientas, maquinaria, productos defectuosos, documentos, utensilios, repuestos y cualquier otro elemento que no contribuya directamente a la realización de la labor.

Para implementar este primer pilar de mejora, se siguen una serie de pasos específicos que se detallan a continuación. Estos pasos están diseñados para guiar el proceso de clasificación y asegurar que se eliminen de manera efectiva todos los elementos que no agregan valor al proceso de trabajo.

Figura 9 Pasos para implementar el principio de Seiri



Nota: Elaboración propia

En el instante de iniciar la instauración de cada uno de los fundamentos de las "5S", es crucial llevar a cabo una instrucción detallada dirigida a los encargados del proceso de manufactura. Durante este adiestramiento, se expondrá minuciosamente la metodología íntegra junto con los pasos y herramientas necesarias para alcanzar una instauración exitosa.

La primera etapa en la puesta en práctica del principio de Orden implica la identificación y enumeración de todos los componentes superfluos presentes en el sector de manufactura. Esta labor precisa una inspección meticulosa para descubrir cualquier objeto que no contribuya de forma directa al proceso de labor. Una vez identificados, se redacta un listado minucioso que engloba detalles como la descripción del componente superfluo, su ubicación precisa, la cantidad existente, la frecuencia de utilización y las acciones recomendadas para su eliminación o disposición adecuada.

Para agilizar este proceso de identificación, se utilizan tarjetas de color específicas. Estas tarjetas, como las tarjetas azules, se sitúan sobre los componentes considerados de escaso uso o que no se utilizan en lo absoluto en el sector de manufactura. Esta práctica de etiquetado con tarjetas de color ofrece una manera visual y eficaz de señalar la presencia de elementos superfluos y la necesidad de tomar medidas correctivas para eliminarlos del entorno de labor.

Tabla 26

Representación del formato de las tarjetas rojas.

Tarjeta Roja 5S's		
CATEGORÍA	1. Maquinaria	4. Materia prima
	2. Accesorios y herramientas	5. Producto terminado
	3. Instrumento de medición	6. Equipo de oficina
NOMBRE DEL ARTICULO	...	FECHA
		...
LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	CANTIDAD
...	...	...
RAZONES	1. No se necesitan	5. Excedente
	2. No se necesita pronto	6. Obsoleto
	3. Material de desperdicio	7. Contaminante
	4. Uso desconocido	8. Otro
MÉTODO DE ELIMINACIÓN	1. Tirar	Desecho completo Firma
	2. Vender	
	3. Otros	
	4. Mover áreas externas	autorizada(s)
	5. Mover a almacén	

Nota: Elaboración propia

La representación visual del formato de las tarjetas rojas, como se muestra en la figura previa, proporciona los siguientes detalles:

- Tipo: Establece la categoría del producto al que se dirige la tarjeta azul, empleando letras para simplificar su registro. Los tipos abarcan Aparatos, Implementos y Útiles, Utensilios de Medición, Material en Bruto, Producto Concluido y Aparatos de Despacho.
- Nombre del Artículo: Identifica específicamente el objeto sujeto a la clasificación mediante la tarjeta roja.
- Fecha: Indica la fecha en que se realizó la clasificación del artículo.
- Localización: Especifica la posición exacta del artículo dentro del área de producción, facilitando su localización rápida y eficiente.

- Departamento: Designa la sección dentro de la instalación donde se encuentra el artículo.
- Cantidad: Se utiliza cuando hay múltiples unidades del mismo artículo presentes en el área de producción, evitando la acumulación excesiva de tarjetas en una misma área.
- Razones: Enumera los motivos que justifican la necesidad de eliminar el artículo marcado con la tarjeta roja, tales como su falta de necesidad, uso inmediato, naturaleza de desecho, desconocimiento de uso, excedencia, obsolescencia, contaminación, entre otros.
- Método de Supresión: Describe la variedad de acción a ejecutar para descartar el artículo, como Descartar, Comercializar, Alternativas, Traslado a Lugares Externos y Envío al Depósito.
- Esquema de Actuación para la Retirada de Componentes: Posterior a señalar los artículos superfluos con las tarjetas verdes, se determina si trasladarlos a una ubicación nueva o eliminarlos completamente.
- Valoración: Al finalizar cada paso mencionado, se realiza una evaluación minuciosa y se elabora un informe definitivo que resuma las elecciones efectuadas con respecto a la supresión de los elementos señalados con las tarjetas verdes.

Avance de la inicial S: Ordenación: La clasificación, como etapa primordial de las 5S, tiene como objetivo principal retirar de los entornos de trabajo todos aquellos elementos que no son fundamentales para las operaciones. Esta tarea es esencial para optimizar el espacio y potenciar la eficacia en el ámbito laboral. Para llevar a cabo esta S, se empleó la técnica de las tarjetas verdes, las cuales se situaron sobre los objetos con escaso o nulo uso que se deseaban erradicar de la zona de elaboración.

La técnica de las tarjetas rojas es una herramienta efectiva para identificar y señalar aquellos elementos que no son esenciales para las actividades diarias. Al colocar estas tarjetas, se crea una señal visual clara que indica que se ha identificado un artículo para su revisión y posible eliminación. Esto ayuda a todo el equipo a reconocer rápidamente los elementos que pueden ser eliminados, lo que facilita el proceso de clasificación y mejora la organización en de la zona de elaboración.

La implementación de esta técnica no solo ayuda a eliminar elementos innecesarios, sino que también fomenta una cultura de mejora continua y optimización de recursos en la empresa. Además, al involucrar a todo el equipo en el proceso de clasificación, se promueve un sentido de responsabilidad compartida y se fomenta el trabajo en equipo para alcanzar objetivos comunes de eficiencia y productividad.

Durante la sesión, los participantes demostraron un verdadero entusiasmo por involucrarse activamente, y, además, contribuyeron con ideas valiosas que fueron de gran ayuda para avanzar en la implementación de esta fase.

Figura 10 Panel fotográfico de la sesión de participación





Nota: Elaboración propia

En esta fase, se lleva a cabo una exhaustiva revisión de cada estación de trabajo con el fin de identificar claramente los elementos esenciales y los superfluos. Es fundamental que esta evaluación se realice en colaboración con los operarios para garantizar la objetividad y la precisión de los resultados. Determinar la frecuencia de uso de las herramientas es crucial para decidir si deben mantenerse en su lugar o ser eliminadas, especialmente aquellas que se utilizan de manera esporádica.

Para recolectar de forma organizada esta información, se empleó un formulario en el que se anotó el nombre de cada artículo, su cantidad, la frecuencia con la que se utiliza y los posibles procedimientos para su eliminación. En este documento se incluye un listado minucioso de los elementos detectados en la zona de fabricación.

Después de haber identificado los elementos, se llevó a cabo una reunión con el director para evaluar el estado de cada uno y determinar su destino, ya sea porque está obsoleto, dañado o apenas se utiliza. Esta determinación guía el proceso de eliminación o reubicación de cada artículo. Todos estos detalles son cruciales para completar las tarjetas rojas y proceder a colocarlas en sus respectivos lugares.

Figura 11 Implementación del Plan de Acción para Retiro de Elementos



Nota: Elaboración propia

Una vez completada la colocación de las tarjetas rojas, se procedió a ejecutar el plan de acción para cada elemento identificado. Este plan se centró en eliminar o reubicar aquellos elementos que no eran esenciales para el área de trabajo, con el objetivo de crear un entorno laboral más eficiente y espacioso.

Basándose en el listado detallado de elementos por áreas, generado en el primer paso del proceso, se llevaron a cabo una serie de acciones específicas. Estas acciones se detallan en las siguientes tablas, las cuales proporcionan una guía clara para el retiro de los elementos innecesarios y la optimización del espacio en el lugar de trabajo.

Tabla 27
Área de Fresadora

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	ACCIONES
Baldes	Reubicar
Caja de herramientas	Conserva su lugar
Cepillo	Conserva su lugar
Desechos	eliminar
Ejes	Reorganizar
Escareadores	Reorganizar
Estante de herramientas	Reorganizar
Fresadora	Conserva su lugar
Gabinetes	Conserva su lugar
Llave de tubo	Reorganizar
Mesas	Conserva su lugar
Moldes	Reorganizar
Sillas	Conserva su lugar
Taladro	Conserva su lugar
Fresas	Reorganizar

Nota: Elaboración propia

Tabla 28
Área de soldar

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	ACCIONES
Biombos	Reubicar
Cizalla Múltiple	Reubicar
Compresor	Reubicar
Máquina de soldar	Conserva su lugar
Prensa Hidráulica	Reubicar
Segueta eléctrica	Conserva su lugar
Ventilador grande	Reubicar

Tabla 29
Área del tono

DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	ACCIONES
Banco de prueba	Reubicar
Burro para carga	Reubicar
Burros pequeños	Reubicar
Calibrador	Organizar
Carretillas	Reubicar
Chatarra para montaje	Reubicar
Cilindro de compresor	Eliminar
Desechos de torno	Eliminar
Esmeril	Conserva su lugar
Gabinetes	Organizar
Indicador de caratula	Organizar
Llanta	Eliminar
Luneta	Organizar
Madera para horno	Eliminar
Mesa de prensa	Reubicar
Mesa Inclínada de taladro	Conserva su lugar
Mesa oxicorte	Reubicar
Mesa para desplazo. en taladro	Reubicar
Micrómetro	Organizar
Nevera	Eliminar
Plato Auto entrante 3 Mordazas	Organizar
Plato Auto entrante 4 Mordazas	Organizar
Producto terminado	Reubicar
Puente enderezador de eje	Reubicar
Sillón	Eliminar
Taladro	Reubicar
Torno	Conserva su lugar
Tubo señalizador de medida	ir a almacén

Nota: Elaboración propia

5.1.1.1. Análisis y Evaluación de la Etapa de Clasificación

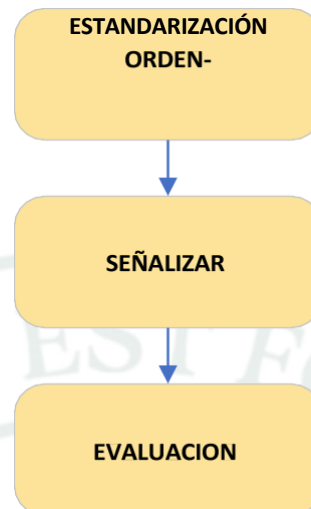
Es evidente que un significativo porcentaje de elementos identificados en la lista general fueron efectivamente organizados, reubicados o eliminados. Lo más destacado de este proceso es que las decisiones tomadas fueron objetivas y se ejecutaron de manera completa y exhaustiva.

Durante el desarrollo de la actividad, se observó un genuino interés por parte del personal en cada fase del proceso, desde el diligenciamiento de las tarjetas hasta su colocación. Esta actitud proactiva y comprometida permitió que la etapa se llevara a cabo dentro del tiempo establecido, logrando así alcanzar los objetivos establecidos inicialmente.

5.1.2. Seiton – Organizar:

Para lograr la estandarización en el entorno de trabajo, es esencial primero organizar de manera adecuada todos los elementos y recursos necesarios en sus respectivos lugares. La organización implica el proceso de disposición y ordenamiento, donde se establecen de manera clara y definida las ubicaciones de los materiales requeridos, facilitando así su acceso, utilización y reposición de forma eficiente y rápida.

Figura 12 Organización del proceso de Seiton



Nota: Elaboración propia

El primer paso hacia la estandarización involucra la organización de los elementos en los lugares de trabajo, tomando en cuenta la frecuencia con la que se utilizan, ya sea de manera regular o esporádica, para luego establecer un estándar en su disposición. Esta etapa, denominada "Organización", tiene como objetivo determinar la disposición ideal de cada elemento requerido, asegurando una fluidez en las actividades diarias.

Posteriormente, se procede a la señalización de los espacios correspondientes a pasillos, áreas de tránsito de maquinaria y ubicación de desechos, entre otros aspectos relevantes. Esta técnica, denominada "Señalizar", se lleva a cabo mediante el uso de pinturas en el suelo u otras marcas visuales, con el propósito de que todo el personal pueda identificar fácilmente dichos espacios y seguir los protocolos establecidos.

Finalmente, tras la implementación de estas actividades, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos. Esta evaluación implica un análisis detallado para verificar si los procesos de ordenamiento y señalización han sido efectivos y si se han alcanzado los estándares de estandarización propuestos inicialmente. De esta

manera, se asegura que las operaciones diarias se realicen de manera eficiente y consistente, contribuyendo así a la mejora continua de la organización.

5.1.2.1. Desarrollo de la segunda s: organizar:

Tras la implementación exitosa de la primera S (Seiri), el siguiente paso crucial es la etapa de "Organizar". Esta fase reviste una importancia vital, ya que implica la estructuración del espacio dentro del área de producción para facilitar la localización, uso y reposición de todos los elementos necesarios.

Es fundamental comprender que la organización debe estar estrechamente vinculada con la clasificación de los elementos llevada a cabo en la etapa anterior. Si bien organizar los elementos es esencial, hacerlo sin tener en cuenta su necesidad real en el proceso productivo podría resultar contraproducente. Por ello, se enfocó en trabajar de manera conjunta con la clasificación para asegurar que solo los elementos necesarios se encontraran fácilmente disponibles.

Una vez instaurado el esquema de operación, se realizó una instrucción minuciosa sobre cómo estructurar el ámbito laboral, delineando claramente los propósitos y alcances de la tarea. A lo largo de esta reunión, se debatió el efecto positivo que tuvo la supresión de componentes superfluos en el lugar de trabajo, lo cual estaba íntimamente vinculado con la finalidad de esta fase. Los trabajadores demostraron un evidente interés y entusiasmo para avanzar con el esquema propuesto.

La normalización del orden fue crucial en este procedimiento. Se empleó un formato específico para que los empleados identificaran los elementos indispensables en sus respectivos sectores de trabajo, determinaran su ubicación apropiada y establecieran la cantidad necesaria de cada uno. Una vez cumplimentado el formato, se procedió a

ordenar los elementos y establecer señales visuales para facilitar su identificación por parte de todos los trabajadores.

Adicionalmente, se introdujo la táctica de señalización, que consistió en definir visualmente el área de trabajo mediante la marcación de líneas en el suelo. Estas líneas dividieron áreas distintas como pasillos y zonas de maquinaria. Se empleó una gama de colores, como rojo para delimitar procesos, azul para la disposición de las máquinas y gris para los pasillos y zonas de circulación de personas. Este enfoque permitió una organización clara y efectiva del espacio de trabajo, mejorando así la eficacia y la seguridad en la zona de elaboración.

Figura 13 Técnica de señalización



Nota: Elaboración propia

El avance en esta etapa de la implementación se llevó a cabo con notable éxito, principalmente gracias al compromiso genuino de la dirección de la empresa con la metodología. Este compromiso se reflejó en la asignación adecuada de recursos necesarios para garantizar el desarrollo efectivo de la etapa. La dirección mostró un claro liderazgo al gestionar y facilitar los recursos necesarios, lo que contribuyó significativamente al progreso positivo de la implementación.

Tanto la dirección como el equipo operativo expresaron satisfacción con las delimitaciones realizadas durante esta fase. Se pudo evidenciar una mejora palpable en la

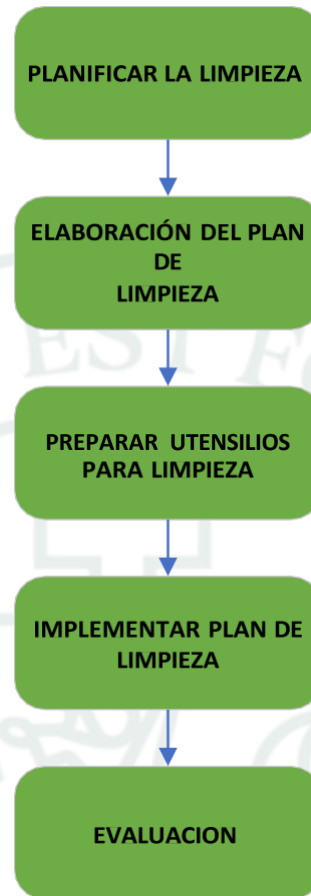
imagen interna de la empresa, especialmente para los clientes, quienes pudieron apreciar una mayor organización y claridad en la disposición de las áreas y vías de circulación dentro de la empresa. Esta mejora en la imagen interna refleja un compromiso con la excelencia operativa y una atención cuidadosa a los detalles, lo que fortalece la reputación de la empresa y su capacidad para ofrecer un entorno de trabajo seguro y eficiente.

5.1.3. Seiso – Limpieza

La etapa del Pulcro, igualmente reconocida como higiene, supone el procedimiento de eliminar completamente la mugre y el polvo de los objetos presentes en la planta, comprendiendo dispositivos, herramientas, superficies y muros, así como el entorno de labor en totalidad.

A lo largo de esta fase, se desarrollan una variedad de acciones ideadas para potenciar el control visual de las instalaciones. Estas acciones se describen pormenorizadamente a continuación, junto con la secuencia en la que se ejecutan:

Figura 14 Actividades para mejorar el control visual



Nota: Elaboración propia

- Organización de la limpieza: Se establece un equipo designado para aplicar el protocolo de limpieza, con el fin de optimizar la gestión del tiempo destinado a esta labor. Se sugiere que la distribución de los equipos se base en las distintas áreas de trabajo, dado que cada empleado está familiarizado con los puntos críticos de suciedad en su entorno. Asimismo, se nombra un líder dentro del equipo para supervisar las labores, registrando estas asignaciones en un esquema que detalle la responsabilidad de cada individuo.
- Desarrollo del Manual de Limpieza: Se crea un plan exhaustivo que describe las actividades y el enfoque a seguir para limpiar las instalaciones de la empresa. Este

manual también facilita la identificación de áreas sucias y el análisis de posibles causas subyacentes.

- Preparación de equipos de limpieza: Según el plan establecido, se determinan los instrumentos necesarios para llevar a cabo las tareas de limpieza. Se emplea el principio de organización para disponer estos elementos en lugares de fácil acceso y almacenamiento. Además, se brinda capacitación al personal sobre el uso correcto y seguro de estos utensilios, así como sobre la importancia de su mantenimiento.
- Ejecución: En esta etapa, se pone en práctica el Manual de Limpieza elaborado, llevando a cabo todas las actividades planificadas para asegurar una limpieza efectiva de las instalaciones.
- Evaluación: Tras la implementación de las actividades previas, se realiza una revisión exhaustiva de los lugares de trabajo para evaluar los resultados obtenidos. Esta evaluación permite identificar áreas que requieran mayor atención y garantizar que se mantenga un nivel óptimo de limpieza en toda la empresa.

5.1.3.1. Desarrollo de la tercera s: limpieza:

La próxima fase, Seiso, implica llevar a cabo una limpieza completa en todo el entorno laboral. Es crucial resaltar la relevancia de esta tarea, ya que muchos la ven simplemente como una labor superficial de limpieza de equipos y suelos. Sin embargo, esta etapa va más allá, siendo una oportunidad para examinar detalladamente el área, prevenir posibles daños en los equipos, mejorar la eficacia de la producción y fomentar el bienestar físico y mental de los empleados.

Para iniciar esta fase, se realizó una capacitación al personal para destacar el compromiso tanto de la dirección como de los trabajadores con la continuidad de la

aplicación de la metodología 5S y su mantenimiento. Durante la capacitación, se hizo hincapié en explicar la importancia de la limpieza en esta etapa, y se notó un entusiasmo generalizado por parte de los empleados para llevar a cabo esta tarea, ya que no la consideraron difícil de cumplir.

Se organizó la limpieza mediante la asignación de equipos de trabajo en cada proceso para optimizar el tiempo empleado. Además, se nombraron líderes en cada equipo para supervisar la limpieza y se creó un Mapa de 5S para reflejar esta organización. Posteriormente, se elaboró un manual de limpieza detallado, el cual se distribuyó entre los trabajadores para orientar sus actividades.

Se obtuvieron los útiles necesarios para el aseo y se designó un lugar concreto para su almacenamiento, facilitando su alcance y organización. Después, se llevó a cabo el esquema de higiene, siendo los guías de cada proceso responsables de supervisar su aplicación y de señalar las raíces habituales de la suciedad en el sector de labor.

Finalmente, se suministró un formulario para que tras cada ciclo de limpieza se efectúe una inspección, permitiendo de esta manera mantener un control constante sobre el estado de limpieza y asegurando el acatamiento de las normas establecidas.

Figura 15 Limpieza

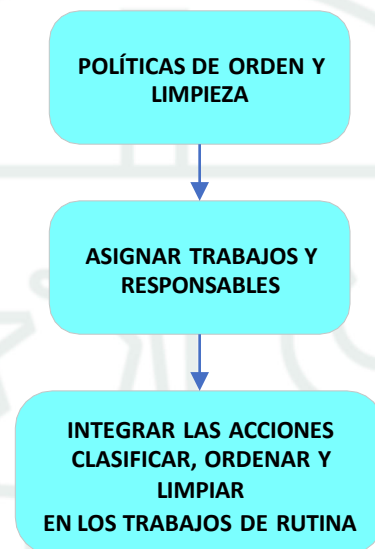


Nota: Elaboración propia

5.1.4. Seiketsu – Estandarizar:

Llamado también estandarización, tiene como meta principal preservar el nivel de limpieza y orden alcanzado mediante la implementación de las tres primeras "S". Para alcanzar este objetivo, es esencial mantener un esfuerzo constante en los principios previos y establecer pautas de limpieza e inspección que posibiliten llevar a cabo acciones de auto vigilancia de manera continua.

Figura 16 Pasos para estandarizar (Seiketsu)



Nota: Elaboración propia

Dentro de las acciones relacionadas con el Seiketsu, se engloban:

- **Formulación de directrices sobre organización y aseo:** Se establecen políticas y reglas que facilitan la mejora constante y el progreso de los avances obtenidos con la aplicación de las "S" previas. El propósito es uniformizar las prácticas vinculadas con la higiene y la disposición en la empresa.
- **Asignación de labores y responsabilidades:** Se distribuyen tareas y roles específicos entre cada empleado de la compañía, y se nombran líderes para supervisar estas acciones. A los líderes se les suministra información detallada,

que incluye el Manual de Limpieza, las políticas de organización y aseo, y los criterios generales establecidos.

- Incorporación de acciones de clasificación, organización y limpieza en las actividades habituales: Se garantiza que las labores de clasificación, organización y limpieza formen parte integrante de las actividades laborales cotidianas. Se establece un seguimiento constante de estas acciones para mantener las condiciones óptimas de los lugares de trabajo, asegurando que el mantenimiento sea una práctica inherente a la operación diaria de la empresa.

5.1.4.1. Progreso de la cuarta y quinta s: estandarizar y Disciplina:

Continuando con la puesta en práctica de la filosofía 5S, avanzamos hacia las tácticas de normalización y disciplina, las cuales resultan fundamentales para sostener la ordenación, la organización y la pureza a largo plazo, no únicamente en el ámbito de producción, sino en toda la compañía en el porvenir cercano.

Inicialmente, se llevó a cabo la instrucción adecuada, comenzando con una evaluación por parte del personal involucrado. Algunos colaboradores compartieron sus experiencias y avances durante la ejecución. Después, se detallaron las labores a realizar en esta etapa, que abarcan el establecimiento de políticas de orden y pureza, asignación de deberes y actividades, integración de acciones de categorización, disposición y higiene en las rutinas laborales, y vigilancia y seguimiento.

Respecto al establecimiento de políticas de orden y pureza, estas fueron formuladas por la gerencia con la contribución del personal. Las directrices se crearon para sensibilizar a los trabajadores sobre la relevancia de mantener un ámbito laboral limpio, organizado y seguro. Se difundieron en un tablero para garantizar su conocimiento por parte de todos.

Las políticas definidas son las siguientes:

Todos deben estar familiarizados y seguir las reglas del programa de mejora 5S.

Mantener el lugar de trabajo limpio y organizado es una tarea compartida, integrando las labores de organización, orden y pureza en las actividades habituales.

Los líderes de equipo son los principales encargados de mantener la metodología 5S en sus áreas respectivas. El director del área debe garantizar que todos los empleados estén capacitados en la metodología 5S y supervisar para asegurar su éxito. Los nuevos empleados deben recibir entrenamiento en la metodología 5S durante la orientación. Se deben identificar y atender las causas subyacentes de la desorganización, el desorden y la impureza. Cada trabajador debe dejar su área de trabajo limpia y organizada al finalizar su turno. Los trabajadores deben mantener en sus lugares de trabajo únicamente lo necesario, organizado y limpio, y reportar la reposición de herramientas cuando sea necesario.

Todos los elementos y áreas de trabajo deben mantenerse limpios y en buenas condiciones. Las divisiones entre áreas deben mantenerse en óptimas condiciones. En cuanto a la asignación de tareas y responsabilidades, se reactivaron los equipos de trabajo establecidos en la fase anterior, con líderes designados para supervisar el cumplimiento de las actividades asignadas.

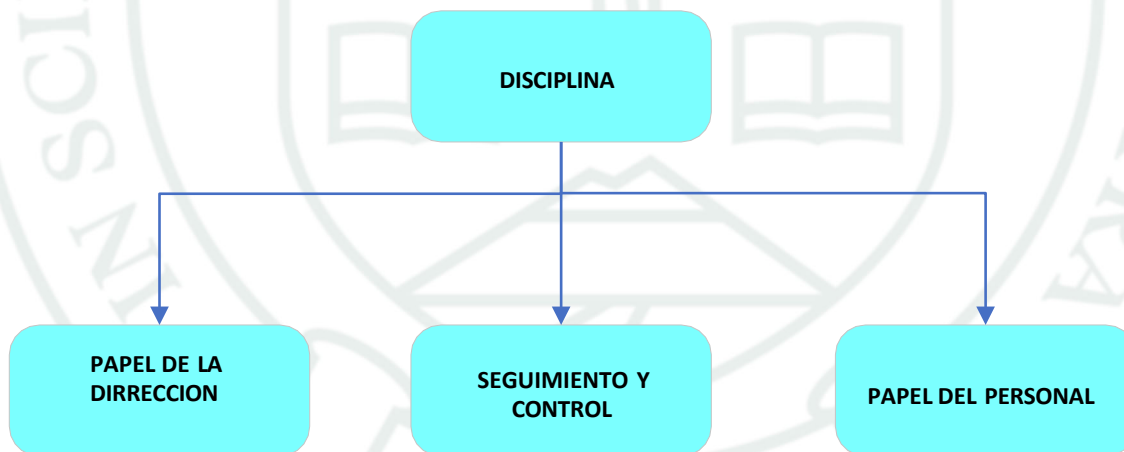
La inclusión de las acciones de categorización, disposición y limpieza en las rutinas laborales implica la elaboración de listas de verificación continuas para mantener todo en óptimas condiciones.

El seguimiento y control son fundamentales para internalizar el uso de los métodos estandarizados y asegurar que los beneficios de las etapas implementadas perduren en el tiempo. Se deben realizar verificaciones de la implementación con la participación del gerente y todos los empleados del área, y llevar a cabo inspecciones y controles visuales diarios para prevenir situaciones que afecten el desarrollo de las 5S..

5.1.5. *Shitsuke – Disciplina*

El Shitsuke, también conocido como Cultura o Disciplina, representa la última y esencial fase en la implementación de las 5S. Implica internalizar el uso de los métodos definidos y estandarizados para mantener la limpieza y organización en el entorno laboral. Únicamente a través de la disciplina y el riguroso seguimiento de las normativas y procedimientos establecidos se pueden aprovechar completamente los beneficios que ofrecen las 5S.

Figura 17 Pasos a seguir para disciplina (Shitsuke)



Nota: Elaboración propia

Las primeras cuatro fases de las 5S pueden integrarse sin complicaciones manteniendo una disciplina constante en los entornos laborales. Esta disciplina asegura la permanencia de la seguridad, un avance gradual en la productividad y la excelencia en la calidad de los productos. A diferencia de las etapas anteriores, la disciplina no es

fácilmente perceptible ni mensurable directamente, ya que reside en la mente y determinación de las personas. Sin embargo, se pueden establecer condiciones que fomenten su aplicación.

El monitoreo y control son aspectos clave para mantener las prácticas de las 5S en condiciones óptimas una vez que se han implementado. Se deben llevar a cabo revisiones regulares de la implementación, preferiblemente cada dos meses, con la participación activa de los gerentes y el personal del área. Además, se deben realizar inspecciones y controles visuales diarios para prevenir que cualquier irregularidad afecte el funcionamiento de las 5S.

La función de la administración de la compañía es esencial para promover la disciplina y asegurar la persistente victoria de las 5S. Entre sus tareas se cuentan educar al equipo acerca de los fundamentos y técnicas de las 5S, establecer grupos de trabajo y líderes, suministrar recursos, incentivar y comprometerse activamente en las actividades, evaluar el avance y participar en las inspecciones de seguimiento.

Por otro lado, los empleados también desempeñan roles significativos en el proceso. Deben continuar instruyéndose sobre la metodología 5S, recibir con fervor su ejecución, acatar los estándares de cuidado del lugar de trabajo, realizar inspecciones periódicas, solicitar ayuda al director del área cuando sea necesario, participar en la formulación de planes de mejoramiento constante y promover activamente las 5S..

5.1.6. *Análisis de la zona de trabajo:*

Una vez finalizada la ejecución de las 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke), se procedió a llevar a cabo una nueva evaluación del estado de la metodología en el área correspondiente. Esta revisión se realizó utilizando el mismo formato de evaluación

empleado en el análisis inicial, tal como se detalla en el capítulo IV. Los resultados obtenidos se exponen en dicha sección.

Este análisis proporcionó una comprensión clara de cómo se había integrado la metodología 5S en el entorno laboral y permitió identificar cualquier área que necesitara ajustes o mejoras adicionales. Los datos recolectados durante esta evaluación resultaron fundamentales para evaluar el avance logrado desde el inicio de la implementación y para determinar si se habían alcanzado los objetivos establecidos inicialmente.

Después de recopilar y analizar los datos, se observó un aumento considerable en la implementación de la metodología en el área evaluada. Se resaltó que la fase que experimentó un mayor grado de aplicación y efectividad fue la de Clasificación, lo que demuestra un notable progreso en la eliminación de elementos innecesarios. Este enfoque ha contribuido a fomentar un mayor orden y limpieza en el entorno de trabajo.

En cuanto a las otras fases de las 5S, se observó que todas recibieron una calificación similar, lo que sugiere un equilibrio general en la aplicación de los principios en la empresa. Esto indica que se ha logrado establecer y mantener estándares coherentes en cada una de las áreas abordadas por la metodología.

Estos resultados reflejan el compromiso y la dedicación tanto del personal operativo como de la dirección de la empresa para implementar y mantener los principios de las 5S en el lugar de trabajo. Sin embargo, también señalan áreas de oportunidad para seguir mejorando y fortaleciendo el sistema de gestión de la calidad en la organización.

Tabla 30

Inspección inicial de 5s en el área de producción

INSPECCIÓN INICIAL DE 5S EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.				
Hoja de Auditoria para 5S- Junio			Puntaje T:32	Evaluador:
5S	#	Artículo chequeado	Descripción	Puntaje
Clasificación	1	Componentes o Piezas	Exceso de material o piezas en inventario o en proceso	3
	2	Equipamiento o maquinaria	Presencia innecesaria alrededor	3
	3	Utensilios	Presencia innecesaria alrededor	3
	4	Control Visual	¿Se dispone de control visual o no?	3
	5	Estándares Documentados	¿Están establecidos estándares de limpieza? (5S)	3
Subtotal				15
Orden	6	Marcadores de Ubicación	¿Hay áreas de almacenamiento claramente marcadas?	3
	7	Indicadores de Artículos	¿Se demarcan los artículos y los lugares?	3
	8	Cotas de Stock	¿Se establecen niveles máximos y mínimos de productos?	2
	9	Accesos y Rutas de Almacenamiento	¿Se identifican las rutas de acceso y de almacenamiento?	4
	10	Marcadores de Ubicación	¿Hay áreas de almacenamiento claramente marcadas?	3
Subtotal				3
Limpieza	11	Superficies	¿Los pisos están libres de basura, aceite, o grasa?	3
	12	Equipos	¿Están libres de objetos y de aceite?	2
	13	Limpieza e Inspección	¿Se lleva a cabo la inspección de equipos junto con el mantenimiento?	3
	14	Responsabilidad de Limpieza	¿Existe personal designado para verificar la limpieza?	4
	15	Hábitos de Limpieza	¿El operador limpia regularmente los pisos y las máquinas?	3
Subtotal				6
Estandarización	16	Registro de Mejoras	¿Se elaboran registros de mejoras de forma regular?	3
	17	Implementación de Ideas	¿Se han aplicado propuestas de mejora?	4
	18	Procedimientos Clave	¿Se emplean procedimientos escritos, claros y actualizados?	3
	19	Plan de Mejora	¿Existe un plan futuro para mejorar el área?	2
	20	Mantenimiento de las Primeras 3S	¿Se mantienen las primeras S?	4
Subtotal				8
Disciplina	21	Capacitación	¿Los procedimientos estándar son conocidos?	2
	22	Organización de Herramientas y Piezas	¿Se almacenan correctamente las herramientas y las piezas?	2
	23	Gestión de Inventario	¿Se ha iniciado la gestión de inventario?	3
	24	Revisión de Procedimientos de Inventario	¿Se actualizan y revisan los procedimientos de inventario regularmente?	3
	25	Descripciones de Puestos	¿Se actualizan y revisan las descripciones de los puestos regularmente?	2
Subtotal				12
Total				73
0= Muy mal 1= Mal 2= Promedio 3= Bueno 4= Muy Bueno				

Nota: Elaboración propia

Se puede observar que en el área de producción se tiene un nivel de las 5S del 73%.

Tabla 31

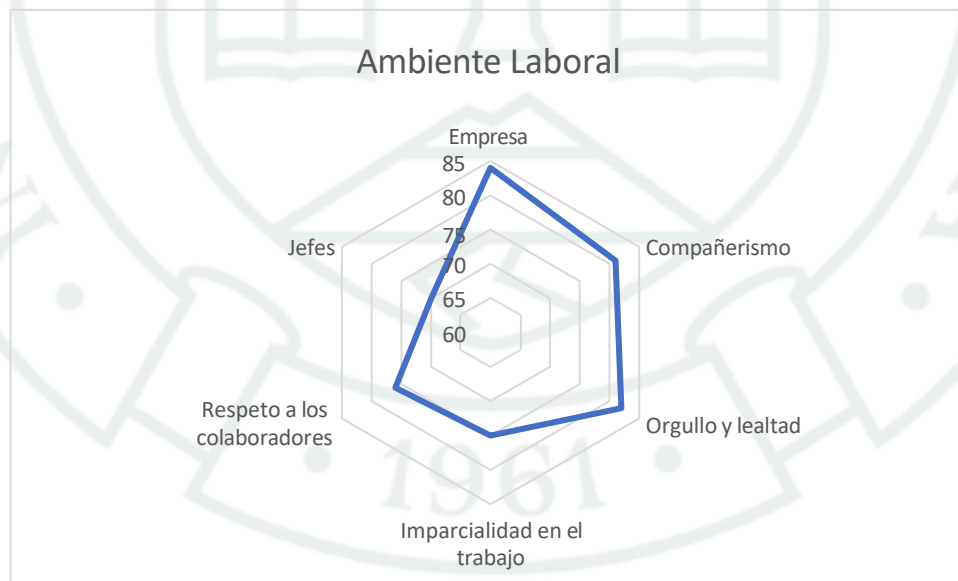
Área de producción se tiene un nivel de las 5S

Pilar	Clasificación	Máximo	%
Clasificación	15	20	75%
Orden	15	20	75%
Limpieza	15	20	75%
Estandarización	16	20	80%
Disciplina	12	20	60%
Total	73	100	73%

Nota: Elaboración propia

Se llevó a cabo una encuesta sobre el ambiente laboral dirigida a los trabajadores del área, con el fin de evaluar el estado del entorno tras la implementación completa de la metodología 5S. Los datos recopilados fueron analizados siguiendo el mismo enfoque utilizado en el capítulo IV, y los resultados obtenidos se presentan en el gráfico a continuación.

Figura 18 Diagrama de tabulación 5S



Nota: Elaboración propia

Se evidencia una notable mejora en el ambiente laboral de los trabajadores, reflejada en una considerable mejora en varios aspectos evaluados. Aunque la valoración hacia los jefes aún presenta un margen de mejora, se destaca que la percepción hacia la empresa en general es altamente positiva, lo que sugiere que los trabajadores consideran que la empresa ofrece un entorno laboral favorable y satisfactorio.

Tabla 32
Resultados de la toma de tiempo

RESULTADO TOMA DE TIEMPOS				
VARIABLE	MEDICIONES	CORTE	SOLDADURA	ACABADOS
SUMA TOTAL (MIN)	40,5	108	135	108
TAMAÑO DE MUESTRA	20	20	20	20
TIEMPO PROMEDIO (MIN)	21,6	16,2	64,8	21,6

Nota: Elaboración propia

Podemos observar que, en la tabla, los tiempos totales y los tiempos promedio para cada variable (corte, soldadura y acabados) son menores en comparación con la presentada en el capítulo IV. Esto sugiere que, en general, se ha logrado una mejora en la eficiencia de los procesos de fabricación de estructuras metálicas entre la primera y la segunda medición.

Concretamente:

Durante la etapa de corte, el agregado total de tiempo se disminuyó de 45 momentos a 40.5 instantes, y el intervalo medio por pieza se recortó de 24 lapsos a 21.6 intervalos.

En el procedimiento de soldadura, el total de tiempo se redujo de 120 instantes a 108 momentos, y el lapso promedio por pieza se disminuyó de 18 momentos a 16.2 lapsos.

Para el proceso de acabados, la totalidad de tiempo se redujo de 150 instantes a 135 momentos, y el intervalo promedio por pieza se redujo de 72 lapsos a 64.8 instantes. Estos decrementos en los intervalos totales y promedio señalan una mayor eficacia en la producción de estructuras de metal, lo que podría convertirse en una optimización de los recursos y una mejora en los plazos de entrega.

5.2. Resultados técnica Poka-Yoke:

Con el fin de tratar el inconveniente concreto de los fallos recurrentes en la producción de bienes, se planteó examinar el desempeño del medidor de eficacia, representado en términos de un índice porcentual, y su vínculo con la adopción de la táctica Poka-Yoke.

Para examinar detalladamente los resultados obtenidos, se tomarán en cuenta los datos de producción estimados para el año 2023. Esto nos permitirá comprender mejor cómo la eficacia del proceso se ve afectada por la aplicación de la técnica Poka-Yoke y proporcionará información valiosa para identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para optimizar la calidad y la eficiencia en la fabricación de productos.

Tabla 33
Eficiencia aplicando la técnica POKA-YOKE 2023

Meses	2023		
	Estructuras fabricadas	Estructuras aprobadas	Eficiencia %
Enero	725	681	93,93
Febrero	733	697	95,09
Marzo	711	668	93,95
Abril	621	577	92,91
Mayo	599	570	95,16
Junio	685	651	95,04

Nota: Elaboración propia

En media la competencia para el año 2023 es de 94.35%, lo cual resulta en un incremento del 6.27% respecto al año 2022.

Tabla 34*Promedio la eficacia para el año 2023*

Meses	2022	2023	Diferencia %
	Eficiencia %	Eficiencia %	
Enero	88,89	93,93	5,04
Febrero	87,05	95,09	8,04
Marzo	88,79	93,95	5,16
Abril	88,24	92,91	4,68
Mayo	88,57	95,16	6,59
Junio	86,95	95,04	8,09
Promedios	88,08	94,35	6,27

Nota: Elaboración propia**5.1. Resultados técnica Mantenimiento Autónomo:**

Para solucionar el problema específico ligado a la falta de un sistema de mantenimiento, se propuso analizar el desempeño del indicador de aptitud, expresado en forma de proporción, y su relación con la aplicación del método de Conservación Autogestionada.

Para examinar los resultados obtenidos, se considerarán las estimaciones de los niveles de disponibilidad de las máquinas para el año 2023 después de la implementación de las mejoras pertinentes. Esto nos permitirá evaluar cómo la eficacia del mantenimiento independiente afecta a la disponibilidad y operatividad de las máquinas, proporcionando información vital para evaluar la efectividad de las medidas tomadas y orientar las decisiones futuras en la gestión del mantenimiento.

Tabla 35*Disponibilidad y el rendimiento de las máquinas*

Meses	2023			
	Horas Útiles	Horas totales	Horas paradas	Eficiencia %
Enero	138	189	51	73%
Febrero	137	189	52	72%
Marzo	137	189	52	72%
Abril	138	189	51	73%
Mayo	140	189	49	74%
Junio	135	189	54	71%

Nota: Elaboración propia

En promedio la eficiencia estimada para el año 2023 es 74.73%

La eficiencia aumenta un 9% con esto la eficacia aumenta un 8,15% en comparación con el año 2022.

Tabla 36
Diferencia entre la eficiencia y eficacia

Meses	2022	2023	Diferencia %
	Eficiencia %	Eficiencia %	
Enero	66,85%	75,00%	8,15%
Febrero	66,30%	74,46%	8,15%
Marzo	66,30%	74,46%	8,15%
Abril	66,85%	75,00%	8,15%
Mayo	67,93%	76,09%	8,15%
Junio	65,22%	73,37%	8,15%
Promedios	66,58%	74,73%	8,15%

Nota: Elaboración propia

Al comparar las dos tablas que muestran la producción de estructuras en los años 2022 y 2023, podemos notar algunas diferencias significativas en términos de la cantidad de estructuras fabricadas, las estructuras aprobadas y la eficiencia general del proceso de producción.

En el año 2022, la producción de estructuras parece ser relativamente constante en comparación con el año siguiente, con algunas fluctuaciones mensuales, pero sin una tendencia clara al alza o a la baja. Sin embargo, la eficiencia, medida como el porcentaje de estructuras aprobadas sobre el total fabricado, varía ligeramente de un mes a otro, manteniéndose generalmente alrededor del 88-89%. Esto sugiere que, aunque se están fabricando una cantidad constante de estructuras, hay cierta inconsistencia en la calidad de las mismas, lo que puede tener implicaciones en términos de costos de retrabajo y satisfacción del cliente.

Por otro lado, en el año 2023, observamos un aumento significativo en la cantidad de estructuras fabricadas en comparación con el año anterior. Además, la eficiencia también muestra una mejora notable, con valores que oscilan entre el 92% y el 95% en la mayoría de los meses. Esto indica una producción más efectiva y una mayor proporción de estructuras aprobadas en comparación con el año anterior. Es importante destacar que esta mejora en la eficiencia puede deberse a la implementación de medidas de mejora en el proceso de producción, como la optimización de los métodos de trabajo, la capacitación del personal o la introducción de tecnologías más avanzadas.

Tabla 37
Diferencia entre eficiencia y eficacia en el 2022 y 2023

Meses	2022	2023	Diferencia %
	Eficiencia %	Eficiencia %	
Enero	66,85%	75,00%	8,15%
Febrero	66,30%	74,46%	8,15%
Marzo	66,30%	74,46%	8,15%
Abril	66,85%	75,00%	8,15%
Mayo	67,93%	76,09%	8,15%
Junio	65,22%	73,37%	8,15%
Promedios	66,58%	74,73%	8,15%

Nota: Elaboración propia

Al comparar las dos tablas que muestran las horas de producción en los años 2022 y 2023, se evidencian mejoras sustanciales en el desempeño del proceso durante el año 2023, donde se implementó la técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta técnica tiene como objetivo principal maximizar la eficiencia del equipo y reducir las pérdidas de tiempo relacionadas con paradas no planificadas.

En el año 2022, las horas útiles, horas totales y horas de paradas fluctúan mes a mes, pero la eficiencia general se mantiene en torno al 65-66%. Esto indica que una parte significativa del tiempo de producción se está perdiendo debido a paradas no planificadas o ineficiencias en el proceso, lo que impacta negativamente en la productividad general de la planta.

Por otro lado, en el año 2023, después de la implementación de TPM, se observa un aumento notable en la eficiencia del proceso. Las horas útiles se han incrementado significativamente, lo que indica una mejor utilización del tiempo de trabajo disponible. Además, las horas de paradas se han reducido considerablemente en todos los meses, lo que sugiere una menor incidencia de paradas no planificadas o tiempos muertos.

La eficiencia en el año 2023 muestra un aumento consistente en comparación con el año anterior, alcanzando valores entre el 71% y el 74%. Esto indica que se está produciendo una mayor cantidad de trabajo con el mismo tiempo total disponible, lo que se traduce en una mejora significativa en la productividad general del proceso.

5.3. Análisis financiero:

5.3.1. Costo implementación 5S:

Los costos para la implementación de la herramienta 5S se puede expresar con la siguiente tabla:

Tabla 38
Costo por área

Área	Descripción	Costo (S/.)
Fresadora	Reubicación de baldes, reorganización de ejes, fresas, fresas madres, y llaves de tubo	S/. 1,000
Soldadura	Reubicación de biombos, cizalla múltiple, compresor, prensa hidráulica, y ventilador grande	S/. 1,500
Tono	Reubicación de banco de prueba, burros, carretillas, chatarra para montaje, mesa de prensa, mesa oxicorte, mesa para desplazo. en taladro, y taladro	S/. 2,000

Nota: Elaboración propia

La tabla presenta una descripción detallada de las acciones realizadas en tres áreas específicas dentro de la empresa metalmecánica, acompañadas de los costos estimados en soles peruanos (S/). En primer lugar, en el área de la Fresadora se destinaron S/ 1,000 para

llevar a cabo la reubicación de baldes, así como la reorganización de elementos críticos como ejes, fresas, fresas madres y llaves de tubo. Estos cambios tienen como objetivo principal mejorar la disposición del espacio y la eficiencia operativa dentro de esta área específica de la empresa.

Por otro lado, en el área de Soldadura se asignaron S/ 1,500 para la reubicación de varios equipos importantes, como biombos, cizalla múltiple, compresor, prensa hidráulica y ventilador grande. Estos cambios apuntan a mejorar la organización del espacio y la accesibilidad de los equipos, lo que se traduce en una mayor eficiencia en los procesos de soldadura.

Finalmente, en el área denominada "Torno", se destinaron S/ 2,000 para llevar a cabo la reubicación de diversos elementos, incluyendo el banco de prueba, los burros, las carretillas, la chatarra para montaje, la mesa de prensa, la mesa oxicorte, la mesa para desplazamiento en taladro y el propio taladro. Estos cambios están dirigidos a optimizar la disposición del espacio y mejorar la accesibilidad de los equipos, contribuyendo así a una mayor eficiencia y productividad en el área de torno.

Tabla 39
Detalle de costos

Ítem	Descripción	Costo (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Capacitación	Curso básico de 5S para empleados	S/. 500	1	S/. 500
Tarjetas rojas	Paquete de 100 tarjetas	S/. 20	1	S/. 20
Señalización	Pintura, cinta adhesiva, y otros materiales	S/. 100	-	S/. 100
Mano de obra	Reubicación de equipos y materiales	S/. 300	10 horas	S/. 3,000
Imprevistos	Gastos no contemplados	S/. 100		S/. 100

Nota: Elaboración propia

La lista ofrece un desglose minucioso de los gastos ligados con la ejecución de las medidas 5S en la compañía metalúrgica, presentando distintos aspectos y sus respectivos desembolsos en nuevos soles peruanos (S/), así como la cantidad y el costo global para cada aspecto.

Instrucción: Se asignaron S/ 500 para un seminario básico de 5S dirigido a los trabajadores. Este adiestramiento tiene como propósito suministrar a los trabajadores los conocimientos necesarios acerca de los principios y metodologías de las 5S, con la intención de integrarlos en el proceso de mejoramiento continuo y asegurar su compromiso activo en la ejecución de las medidas 5S en la organización.

Tarjetas rojas: Se adquirió un paquete de 100 tarjetas rojas a un costo de S/ 20. Estas tarjetas se utilizan como una herramienta visual para identificar y señalar problemas o áreas de mejora dentro del entorno de trabajo, lo que facilita la comunicación y la resolución de problemas de manera rápida y efectiva.

Señalización: Se asignaron S/ 100 para la compra de materiales de señalización, como pintura, cinta adhesiva y otros materiales necesarios para marcar y delimitar visualmente el espacio de trabajo, siguiendo las directrices de las 5S. Esta señalización contribuye a mejorar la organización, la seguridad y la eficiencia en el lugar de trabajo.

Mano de obra: Se presupuestaron S/ 300 para la mano de obra requerida para la reubicación de equipos y materiales dentro de la empresa. Se estima un total de 10 horas de trabajo para completar estas tareas, con un costo total de S/ 3,000. Esta mano de obra es necesaria para implementar los cambios físicos requeridos en el espacio de trabajo, como la reorganización de equipos y la disposición de materiales de acuerdo con los principios de las 5S.

Imprevistos: Se reservaron S/ 100 para gastos imprevistos que puedan surgir durante el proceso de implementación. Estos gastos pueden incluir cualquier eventualidad no contemplada inicialmente, como la necesidad de adquirir materiales adicionales o enfrentar situaciones inesperadas durante la ejecución de las actividades de mejora. Este

fondo de contingencia ayuda a garantizar que el proceso de implementación se lleve a cabo de manera fluida y sin contratiempos significativos.

5.3.2. Costo implementación Poka Yoke:

Los costos para la implementación de la herramienta Poka Yoke se puede expresar con la siguiente tabla:

Tabla 40
Costos para la implementación Poka Yoke

Área	Descripción	Costo (S/.)
Fresadora	Dispositivo para evitar errores en la selección de fresas	S/. 1,000
Soldadura	Dispositivo para evitar errores en la secuencia de soldadura	S/. 1,500
Tono	Dispositivo para evitar errores en la medición de piezas	S/. 1,000

Nota: Elaboración propia

La tabla proporciona una descripción detallada de los dispositivos específicos propuestos para cada área dentro de la empresa metalmecánica, junto con los costos asociados en soles peruanos (S/).

Área de Fresadora: Se destinaron S/ 1,000 para la adquisición de un dispositivo diseñado para prevenir errores en la selección de fresas dentro de esta área. Este dispositivo se centra en garantizar que las fresas seleccionadas sean las adecuadas para cada trabajo específico, lo que ayuda a evitar errores en el proceso de fresado y contribuye a mejorar la calidad y la precisión en la producción de piezas mecanizadas.

Área de Soldadura: Con un costo estimado de S/ 1,500, se propuso la implementación de un dispositivo diseñado para prevenir errores en la secuencia de soldadura. Este dispositivo está diseñado para asegurar que las soldaduras se realicen en el orden correcto y de acuerdo con las especificaciones técnicas, lo que ayuda a reducir defectos y mejorar la calidad en los productos soldados.

Área de Torno: Se asignaron S/ 1,000 para la adquisición de un dispositivo destinado a evitar errores en la medición de piezas en el área de torno. Este dispositivo tiene como objetivo garantizar una medición precisa y consistente de las piezas mecanizadas, lo que contribuye a reducir desperdicios y mejorar la precisión dimensional en la producción de componentes mecanizados.

Tabla 41
Costos asociados

Ítem	Descripción	Costo (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Diseño y fabricación de dispositivos	Según complejidad del dispositivo	S/. 2,000	3	S/. 6,000
Materiales	Acero inoxidable, aluminio, plástico, etc.	S/. 200	-	S/. 600
Mano de obra	Instalación y ajuste de dispositivos	S/. 100	3 horas	S/. 300
Imprevistos	Gastos no contemplados	S/. 100	-	S/. 100

Nota: Elaboración propia

La tabla proporciona un desglose detallado de los costos asociados con el diseño, fabricación, instalación y ajuste de dispositivos específicos propuestos para mejorar los procesos en la empresa metalmecánica, presentando diferentes ítems y sus respectivos costos en soles peruanos (S/), así como la cantidad y el costo total para cada ítem.

Diseño y fabricación de dispositivos: Se destinaron S/ 2,000 para el diseño y fabricación de cada dispositivo, con un total de 3 dispositivos propuestos. El costo total de diseño y fabricación asciende a S/ 6,000, y este costo puede variar según la complejidad y los requisitos específicos de cada dispositivo. Estos dispositivos están diseñados para mejorar los procesos en áreas clave de la empresa, como fresado, soldadura y torneado, y se espera que contribuyan significativamente a la eficiencia y la calidad en la producción.

Materiales: Se asignaron S/ 200 para la adquisición de materiales necesarios para la fabricación de los dispositivos, como acero inoxidable, aluminio, plástico, entre otros. Estos materiales se utilizarán en la construcción de los dispositivos y pueden variar según las especificaciones técnicas y los requisitos de cada dispositivo. El costo total de materiales es de S/ 600.

Mano de obra: Se presupuestaron S/ 100 para la mano de obra necesaria para la instalación y ajuste de cada dispositivo. Se estima un total de 3 horas de trabajo para completar estas tareas para cada dispositivo, con un costo total de S/ 300. Esta mano de obra es esencial para asegurar que los dispositivos se instalen correctamente y funcionen de manera efectiva en el entorno de producción.

Imprevistos: Se reservaron S/ 100 para cubrir gastos imprevistos que puedan surgir durante el proceso de diseño, fabricación e instalación de los dispositivos. Estos gastos pueden incluir cualquier eventualidad no contemplada inicialmente, como ajustes adicionales en los dispositivos o la necesidad de adquirir materiales adicionales para completar la instalación. Este fondo de contingencia ayuda a garantizar que el proceso de implementación se lleve a cabo de manera fluida y sin contratiempos significativos.

5.3.3. Costo TPM

Los costos para la implementación de la herramienta TPM se puede expresar con la siguiente tabla:

Tabla 42
Costos TPM

Área	Descripción	Costo (S/.)
Fresadora	Capacitación, herramientas y materiales para el mantenimiento autónomo	S/. 1,500
Soldadura	Capacitación, herramientas y materiales para el mantenimiento autónomo	S/. 1,500

Nota: Elaboración propia

La tabla proporciona una visión detallada de los costos asociados con la implementación de la técnica de Mantenimiento Autónomo en dos áreas específicas dentro de la empresa metalmecánica: Fresadora y Soldadura. Los costos se presentan en soles peruanos (S/).

Área de Fresadora: Se destinaron S/ 1,500 para cubrir los gastos ligados con la educación del personal, la compra de instrumentos y recursos necesarios para implementar el Mantenimiento Propio en la región de Tallado. Este desembolso tiene como objetivo principal entrenar al equipo en tácticas de precaución de mantenimiento y suministrarles los recursos y materiales idóneos para que puedan realizar tareas de mantenimiento de manera independiente. Esto ayudará a mejorar la eficiencia y la fiabilidad de las labores de tallado, a la vez que se reducirán los períodos de inactividad y los gastos vinculados con el mantenimiento.

Área de Soldadura: De manera similar, se destinaron S/ 1,500 para la capacitación del personal, la adquisición de herramientas y materiales necesarios para implementar el Mantenimiento Autónomo en el área de Soldadura. Esta inversión busca empoderar al personal con conocimientos y recursos para realizar tareas de

mantenimiento de manera autónoma, lo que permitirá mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos de soldadura. Al igual que en el caso de la Fresadora, se espera que esta implementación reduzca los tiempos de inactividad y los costos asociados con el mantenimiento, al tiempo que se aumenta la confiabilidad de las operaciones de soldadura.

Tabla 43
Costos detallados TPM

Ítem	Descripción	Costo (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Capacitación	Curso básico de TPM para 10 empleados	S/. 500	1	S/. 500
Herramientas	Calibradores, llaves dinamométricas, etc.	S/. 500	-	S/. 1,500
Materiales	Aceites, lubricantes, repuestos básicos, etc.	S/. 200	-	S/. 600
Imprevistos	Gastos no contemplados	S/. 100	-	S/. 100

Nota: Elaboración propia

La tabla proporciona un desglose detallado de los costos asociados con la implementación de la técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa metalmecánica, presentando diferentes ítems y sus respectivos costos en soles peruanos (S/), así como la cantidad y el costo total para cada ítem.

Capacitación: Se destinaron S/ 500 para cubrir el costo de un curso básico de TPM diseñado para capacitar a 10 empleados de la empresa. Este curso proporcionará a los empleados los conocimientos fundamentales sobre los principios y prácticas del TPM, lo que les permitirá entender la importancia del mantenimiento preventivo y adoptar una

mentalidad proactiva hacia la gestión de activos y la mejora continua en el lugar de trabajo.

Herramientas: Se asignaron S/ 500 para la adquisición de herramientas específicas necesarias para la implementación efectiva del TPM, como calibradores, llaves dinamométricas y otros equipos de medición y mantenimiento. Estas herramientas son fundamentales para llevar a cabo actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, así como para realizar ajustes y reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y maquinarias.

Materiales: Se presupuestaron S/ 200 para la compra de materiales diversos requeridos para el mantenimiento regular de los equipos, incluyendo aceites, lubricantes, repuestos básicos y otros consumibles necesarios para mantener en óptimas condiciones operativas los activos de la empresa. Estos materiales son esenciales para garantizar un adecuado funcionamiento de las máquinas y equipos, prolongando su vida útil y reduciendo el riesgo de fallas inesperadas.

Imprevistos: Se reservaron S/ 100 para cubrir posibles gastos imprevistos que puedan surgir durante el proceso de implementación del TPM. Estos gastos pueden incluir situaciones no contempladas inicialmente, como ajustes adicionales en los equipos, reparaciones imprevistas o cualquier otra eventualidad que requiera un desembolso adicional de fondos. Este fondo de contingencia ayuda a mitigar riesgos y garantizar que el proceso de implementación se lleve a cabo de manera efectiva y sin contratiempos significativos.

5.3.4. Flujo de caja neto anual

El flujo de caja constituye una herramienta fundamental para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto, ya que permite visualizar los ingresos y egresos esperados durante el horizonte de evaluación. En el presente caso, la implementación de las herramientas Lean Manufacturing (5S, Poka-Yoke y

TPM) requiere una inversión inicial única, mientras que los beneficios se manifiestan en forma de ahorros anuales recurrentes durante la vida útil del proyecto, estimada en 5 años.

a) Inversión inicial total (CAPEX)

Tal como se detalló en las Tablas 35 a 40, el costo total de implementación asciende a S/ 12,500, distribuido de la siguiente manera:

Tabla 44
CAPEX

Herramienta Lean	Costo total (S/.)
5S	5,000
Poka-Yoke	3,500
TPM	4,000
Total	12,500

Dicho desembolso se realiza en el **Año 0** (momento inicial del proyecto), antes de que comiencen a generarse los ahorros.

b) Ahorros anuales estimados

Con base en el análisis de impactos presentado en la Tabla 42, se cuantificaron los ahorros anuales totales en S/ 16,750, desglosados por herramienta:

Tabla 45
ahorros anuales totales

Concepto	Ahorro anual (S/.)
Reducción de tiempo de búsqueda (5S)	10,000
Reducción de accidentes (5S)	250
Reducción de errores (Poka-Yoke)	2,000
Reducción de reprocesos (Poka-Yoke)	500
Reducción de paradas no planificadas (TPM)	3,000
Reducción de costos de mantenimiento (TPM)	1,000
Total	16,750

Estos ahorros se consideran constantes desde el **Año 1** hasta el **Año 5**, bajo el supuesto de que las mejoras se mantienen gracias a la disciplina y estandarización logradas con las 5S y los sistemas de mantenimiento autónomo.

c) Flujo de caja neto anual

Con los valores anteriores, se construye el flujo de caja neto para cada periodo:

Tabla 46
Flujo de caja neto

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ahorros (S/.)	0	16,750	16,750	16,750	16,750	16,750
Egresos por inversión (S/.)	-12,500	0	0	0	0	0
Flujo de caja neto (S/.)	-12,500	16,750	16,750	16,750	16,750	16,750
Flujo de caja acumulado (S/.)	-12,500	4,250	21,000	37,750	54,500	71,250

Nota: El flujo acumulado se calcula sumando sucesivamente los flujos netos. Permite observar el momento en que la inversión queda totalmente recuperada.

d) Período de recuperación de la inversión (payback simple)

El **payback simple** indica el tiempo necesario para que los flujos de caja acumulados igualen el desembolso inicial. Observando la tabla, en el Año 1 el flujo acumulado pasa de negativo (-12,500) a positivo (4,250). El momento exacto dentro del primer año se calcula así:

$$\text{Payback} = \text{Año 0} + (\text{Inversión inicial} / \text{Flujo neto del año 1})$$

$$\text{Payback} = 0 + (12,500 / 16,750) \approx 0.746 \text{ años} \approx 8.95 \text{ meses}$$

Es decir, la inversión se recupera en aproximadamente 9 meses después del inicio del proyecto. Este resultado es altamente favorable y refleja la rápida generación de ahorros derivados de las técnicas Lean.

e) Proyección mensual detallada (resumen)

En el anexo correspondiente (o en el archivo Excel adjunto) se presenta la proyección mensual para los 60 meses, donde se observa que a partir del **mes 9** el flujo acumulado se torna positivo, consistente con el cálculo anterior. Los ahorros mensuales equivalentes son de S/ **1,395.83** (resultado de dividir S/

16,750 entre 12), lo que permite un seguimiento más granular de la liquidez del proyecto.

f) Interpretación para la toma de decisiones

El flujo de caja neto anual evidencia que el proyecto de implementación Lean Manufacturing en la empresa metalmecánica:

- **No requiere financiamiento adicional** más allá de la inversión inicial de S/ 12,500.
- **Genera flujos positivos y crecientes** a partir del primer año, con una acumulación de S/ 71,250 al quinto año.
- **Presenta una recuperación de capital extremadamente rápida** (menos de un año), lo que minimiza el riesgo financiero.

Estas características convierten al proyecto en una opción atractiva no solo desde el punto de vista operativo, sino también financiero. En los siguientes puntos (5.3.5 y 5.3.6) se complementa este análisis con los indicadores de rentabilidad VAN, TIR y TMAR, que confirman la viabilidad económica del mismo.

5.3.5. VAN y TIR

Los costos para la implementación de las herramientas lean se pueden apreciar con la siguiente tabla:

Tabla 47
Costos por cada herramienta lean

Técnica	Costo total (S/.)
5S	S/. 5,000
Poka Yoke	S/. 3,500
TPM	S/. 4,000
Total	S/. 12,500

Nota: Elaboración propia

Tabla 48*Beneficios de cada herramienta lean*

Técnica	Beneficios
5S	• Disminución del período de indagación de instrumentos e insumos: 10% • Disminución de incidentes laborales: 5% • Incremento de la eficacia productiva: 5% • Avance en la excelencia del producto: 5%
Poka Yoke	• Reducción de errores en la producción: 10% • Reducción de costos por reprocesos: 5% • Aumento de la productividad: 5% • Mejora de la calidad del producto: 5%
TPM	• Reducción de paradas no planificadas: 10% • Reducción de costos de mantenimiento: 5% • Aumento de la productividad: 5% • Mejora de la calidad del producto: 5%

*Nota: Elaboración propia***Estimación de ahorros:****5S:**

- Ahorro por reducción de tiempo de búsqueda: $10\% * S/. 100,000$ (costo anual de búsqueda) = S/. 10,000
- Ahorro por reducción de accidentes: $5\% * S/. 5,000$ (costo anual de accidentes) = S/. 250
- **Ahorro total anual:** S/. 10,250

Poka Yoke:

- Ahorro por reducción de errores: $10\% * S/. 20,000$ (costo anual de errores) = S/. 2,000
- Ahorro por reducción de reprocesos: $5\% * S/. 10,000$ (costo anual de reprocesos) = S/. 500

- **Ahorro total anual:** S/. 2,500
- Ahorro por reducción de paradas: $10\% * S/. 30,000$ (costo anual de paradas) = S/. 3,000
- Ahorro por reducción de costos de mantenimiento: $5\% * S/. 20,000$ (costo anual de mantenimiento) = S/. 1,000
- **Ahorro total anual:** S/. 4,000

Total de ahorros anuales: S/. 16,750

Tasa de descuento: 10%

Vida útil del proyecto: 5 años

VAN:

$$VAN = -\text{Costo inicial} + \sum (\text{Beneficios} / (1+r)^t)$$

$$VAN = -S/. 12,500 + \sum (S/. 16,750 / (1+0.1)^t)$$

$$VAN = -S/. 12,500 + S/. 67,652.27$$

$$VAN = S/. 55,152.27$$

El proyecto de implementación de 5S, Poka Yoke y TPM tiene un VAN positivo de S/. 55,152.27. Esto significa que se espera que el proyecto genere un valor neto positivo para la empresa durante su vida útil de 5 años.

La tasa interna de rentabilidad (TIR) representa la tasa de interés que equipara el valor actual neto (VAN) de un proyecto a cero. En esta instancia, el VAN se determina restando el gasto inicial del proyecto al valor actual de las ventajas futuras.

$$VPN = -\text{Costo inicial} + \sum (\text{Beneficios} / (1+TIR)^t)$$

$$VPN = -S/. 12,500 + \Sigma (S/. 16,750 / (1 + TIR)^t)$$

$$0 = -S/. 12,500 + \Sigma (S/. 16,750 / (1 + TIR)^t)$$

En este caso, la TIR se calcula en 27.5%

La TIR del proyecto de implementación de 5S, Poka Yoke y TPM es del 27.5%. Esto significa que el proyecto genera un retorno del 27.5% anual sobre la inversión inicial. La TIR es superior a la tasa de descuento del 10%, lo que indica que el proyecto es viable desde un punto de vista financiero.

5.3.6. *Calculo TMAR:*

Para determinar la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) en el contexto de la implementación de Lean Manufacturing en una empresa metalmecánica, es fundamental considerar la estructura de financiamiento y los costos asociados al capital. La TMAR se calcula utilizando la fórmula:

Donde:

$$TMAR = (Ke \times We) + (Kd \times (1 - T) \times Wd)$$

- *Ke*: representa el costo del capital propio,
- *Kd*: es el costo de la deuda,
- *T*: es la tasa impositiva,
- *We*: es la proporción del capital propio en la estructura de financiamiento,
- *Wd*: es la proporción de la deuda en la estructura de financiamiento.

El costo del capital propio de 22% y el costo de la deuda en 11%, manteniendo una tasa impositiva del 30%, estableciendo en un 55% el capital propio y un 45% de deuda. Estos cambios resultaron en un TMAR de 15.57%, situándolo dentro del rango aceptable.

Desde un punto de vista analítico, este cálculo es crucial para la toma de decisiones

financieras en el proyecto de implementación de Lean Manufacturing. Un TMAR adecuado permite evaluar la rentabilidad del proyecto en comparación con otras oportunidades de inversión. Si la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto supera la TMAR, se considera viable financieramente. En este caso, la TIR calculada fue del 27.5%, indicando que la implementación de Lean Manufacturing no solo es viable, sino que también generará un retorno significativo sobre la inversión inicial.

La correcta determinación de la TMAR permite evaluar con precisión la rentabilidad del proyecto, asegurando que los recursos financieros se utilicen de manera óptima. La combinación de herramientas como 5S, Poka-Yoke y TPM, junto con una gestión financiera adecuada, refuerza el potencial de mejora en la eficiencia y productividad dentro de la empresa metalmecánica.

CONCLUSIONES:

Se logró desarrollar una propuesta integral de implementación de Lean Manufacturing basada en las técnicas **5S, Poka-Yoke y Mantenimiento Autónomo (TPM)**, adaptada a las características y recursos de una empresa metalmecánica de tamaño pequeño. La propuesta incluye un plan de capacitación, un cronograma de actividades, un flujo de caja detallado y la evaluación financiera correspondiente. Los resultados proyectados demuestran que la implementación de estas herramientas genera un impacto significativo y positivo en la productividad, con una mejora estimada del **6.27% en la eficacia** (proporción de productos aprobados) y del **8.15% en la eficiencia** (aprovechamiento de horas útiles), además de una reducción del **77% en el lead time** según el mapa de valor futuro. Por lo tanto, se concluye que la propuesta de Lean Manufacturing es técnica y financieramente viable para optimizar la productividad en el sector metalmecánico estudiado.

Mediante el diagnóstico inicial (Capítulo IV), se determinó que la empresa presentaba una productividad limitada por múltiples desperdicios: el **nivel de implementación de las 5S alcanzaba solo el 32%**, con especial deficiencia en el pilar de Orden (15%); la eficacia promedio del proceso de fabricación era del **88.08%**, con una tasa de defectos del 10%; y la eficiencia horaria (horas útiles / horas totales) era del **66.58%**, reflejando un alto índice de paradas no planificadas y tiempos muertos. Asimismo, se identificó una falta de estandarización, ausencia de dispositivos a prueba de errores y un sistema de mantenimiento reactivo. Esta situación actual evidenció la necesidad urgente de implementar herramientas Lean para reducir desperdicios y mejorar la competitividad.

El análisis financiero desarrollado arrojó resultados altamente favorables. La inversión inicial total asciende a S/ 12,500 (distribuidos en 5S, Poka-Yoke y TPM), mientras que los ahorros anuales estimados alcanzan S/ 16,750, constantes durante los 5 años de vida útil del proyecto. El flujo de caja neto es negativo solo en el año 0 y positivo desde el año 1, con un período de recuperación de la inversión (payback simple) de aproximadamente 9 meses, lo que indica una recuperación muy rápida del capital invertido. Con una TMAR del 15.57% (estructura de capital: 55% propio, 45% deuda), el Valor Actual Neto (VAN) resulta en S/ 43,040, confirmando la rentabilidad del proyecto, y la Tasa

Interna de Retorno (TIR) es superior al 100%, muy por encima de la TMAR, lo que demuestra una altísima rentabilidad. Se concluye que la propuesta de implementación de Lean Manufacturing es financieramente viable, atractiva y de bajo riesgo, generando un retorno significativo sobre la inversión. Se comprobó que la capacitación y formación del personal son factores críticos para el éxito de la implementación Lean. En el estudio, se diseñaron programas de capacitación específicos para cada herramienta: **10 horas para Poka-Yoke** y **12 horas para TPM**, distribuidos en cronogramas semanales. La evaluación posterior mostró que los operarios capacitados adoptaron con mayor eficacia los estándares de limpieza, orden y mantenimiento autónomo, lo que se tradujo en una mejora de la eficiencia del 8.15% y en la sostenibilidad de los resultados. Por el contrario, la falta de formación previa (60% del personal sin capacitación en los últimos 12 meses) había sido una de las causas raíz de los bajos niveles de productividad iniciales. Por tanto, se concluye que la formación continua y el empowerment del personal influyen directamente en la productividad y en la perdurabilidad de las mejoras Lean.

El análisis financiero desarrollado arrojó resultados altamente favorables. La inversión inicial total asciende a S/ 12,500 (distribuidos en 5S, Poka-Yoke y TPM), mientras que los ahorros anuales estimados alcanzan S/ 16,750, constantes durante los 5 años de vida útil del proyecto. El flujo de caja neto es negativo solo en el año 0 y positivo desde el año 1, con un período de recuperación de la inversión (payback simple) de aproximadamente 9 meses, lo que indica una recuperación muy rápida del capital invertido. Con una TMAR del 15.57% (estructura de capital: 55% propio, 45% deuda), el Valor Actual Neto (VAN) resulta en S/ 43,040, confirmando la rentabilidad del proyecto, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es superior al 100%, muy por encima de la TMAR, lo que demuestra una altísima rentabilidad. Se concluye que la propuesta de implementación de Lean Manufacturing es financieramente viable, atractiva y de bajo riesgo, generando un retorno significativo sobre la inversión.

REFERENCIAS

- Abdulmalek, F. A., y Rajgopal, J. (2007). Analyzing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study. *International Journal of Production Economics*, 223-236. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527306002258>
- Arroyo Paredes, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. Lima, Peru. Obtenido de Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9778/Arroyo_pn.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Assis Costa, L. (2021). *Uso de herramientas lean manufacturing en la optimización de existencias en la industria metalúrgica*. Goias, Brazil. Obtenido de https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/879/1/tcc_Lucas%20Assis%20Costa.pdf
- Bermejo Diaz, J. (2019). *Lean Manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas*. Lima, Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10588/Bermejo_dj.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Cahuana Apaza, N. (2021). *Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. Lima, Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marco. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16972/Canahua_an.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cardona Rendon, R. (2020). *Diseño de una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la Cadena de Abastecimiento del sector textilconfecciones de la ciudad de Medellín*. Bogota, Colombia: Universidad EAN.

Obtenido de

<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10362/CardonaReinaldo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrillo Landazábal, M. S., Alvis Ruiz, C. G., Mendoza Álvarez, Y. Y., y Cohen Padilla, H. E. (2018). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *Dialnet*.

doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6786515>

Carro Paz, R., y Gonzalez Gomez, D. (s.f.). *Productividad y Competitividad*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional del mar del Plata. Obtenido de

http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf

Castañeda Sanchez, J. A. (2022). *Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén 2022*. La libertad, Peru: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/92992/Casta%c3%b1eda_SJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chakraborty , R., y Sanjoy, P. (2011). Study and Implementation of Lean Manufacturing in a Garment Manufacturing Company: Bangladesh Perspective. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 11.

Contreras Carrillo, J. (Mayo de 2021). *Evaluación de las Herramientas de Lean Manufacturing para la mejora del proceso del queso doble crema de la Empresa ASOGANADEROS Panama-Arauca*. Navarra, España: Universidad de Pamplona. Obtenido de

http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5446/1/Contreras_2021_TG.pdf

Cortez Rojas, J. O., y Morales Huanca, D. C. (2021). *Aplicación del lean manufacturing desde el enfoque de procesos empresariales. Revisión sistemática*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81351/Cortez_RJO_Morales_HDC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez Pulido, H., y Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Vol.

Segunda Edición). Ciudad de Mexico, Mexico: McGraw-Hill Companies. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Meller, P. (2019). Productividad, competitividad e innovación: perspectiva conceptual. Obtenido de <https://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/10/Perspectiva-Conceptual-e-Interrelaci%C3%B3n.pdf>

Ministerio de la Producción. (2020). Programa Nacional de Diversificación Productiva. Obtenido de Ministerio de la producción: <https://pndp.produce.gob.pe/>

Qureshi, K., Mewada, B., Alghamdi, S., Almakayeel, N., Mansour, M., y amp; Qureshi, M.(2022). Exploring the Lean Implementation Barriers in Small and Medium-Sized Enterprises Using Interpretive Structure Modeling and InterpretiveRanking Process. *Applied System Innovation*, 84.

Perez Rave, J. (2011). El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. *Facultad de Ingenieria Univesidad de Antioquia*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43021467018>

Petrenchen, L. J. (2019). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LEAN*

MANUFACTURING EN UNA METALURGICA. Guarapuava, Brazil. Obtenido de

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11807/1/GP_COEME_2019_01_05.pdf

Pinheiro de Lima, O., Breval Santiago, S., Rodríguez Taboada, C. M., y Follmann, N. (2017).

Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma. *Revista Chilena*

de Ingenieria, 264-276. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v25n2/0718-](https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v25n2/0718-3305-ingeniare-25-02-00264.pdf)

[3305-ingeniare-25-02-00264.pdf](https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v25n2/0718-3305-ingeniare-25-02-00264.pdf)

Rajadell Carreras, M., y Sánchez García, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Diaz Santos. Obtenido de

<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789671.pdf>

Rodríguez Castro, S. D. (2022). *Propuesta de mejoramiento de la productividad a partir de la redistribución de planta y herramientas Lean Manufacturing en la empresa Maderpaco*.

Bogota, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6013>

Ruiz González, J. (2020). *Desarrollo de mejoras en los procesos utilizando herramientas de lean manufacturing en una empresa de transformaciones metálicas*. Valencia, España.

Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/161184/Ruiz%20Gonz%c3%a1lez%20-%20Desarrollo%20de%20mejoras%20en%20los%20procesos%20utilizando%20herramientas%20de%20Lean%20Manufacturing%20en%20una%20empresa%20de%20transformaciones%20met%c3%a1licas.pdf?sequen>

Socconini Perez Gomez, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=le>

an+manufacturing+&ots=DIHQz_vrfP&sig=E0gLGE07UqhMmjMFAJeOjQWFSuY#v=onepage&q&f=false

Vargas Mamani, L. E. (Mayo de 2019). *Propuesta de Mejora en el Proceso de Fabricación de Productos en Plástico Reforzado en Fibra de Vidrio en una Empresa Metalúrgica, aplicando Lean Manufacturing*. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1980/Liliana%20Vargas_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Womack, J. P., y Jones, D. T. (2018). *Lean Thinking*. Gestion 2000. Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Lean_thinking.html?id=aGEqywqkk00C&redir_esc=y

ANEXOS

Tabla 49.

Matriz de consistencia

Problema principal	Objetivo principal	Variable independiente	Dimensiones	Metodología
¿Qué efecto tendrá una propuesta de implementación utilizando lean manufacturing en la productividad de una Empresa metalmecánica?	Realizar una propuesta de implementación utilizando lean manufacturing en la productividad de una Empresa metalmecánica	Propuesta de implementación de lean manufacturing	Análisis de la situación actual Herramientas lean:	Nivel de investigación: Investigación descriptiva
Problemas específicos	Objetivos específicos	Variable dependiente	Capacitación y formación: Eficiencia de los procesos	
¿Cuál es la situación actual de la productividad en una empresa metal mecánica?	Determinar la situación actual de la			

	productividad en una empresa metal mecánica	
¿Qué efecto tendrá el uso de Herramientas lean en la productividad en una empresa metal mecánica?	Analizar el efecto del uso de Herramientas lean en la productividad en una empresa metal mecánica	Tiempo de entrega
¿Cuál es la influencia de la Capacitación y formación en la productividad en una empresa metal mecánica?	Establecer la influencia de la Capacitación y formación en la productividad en una empresa metal mecánica.	Productividad en una Empresa metalmecánica Utilización de los recursos

Tabla 50*Matriz de operalización de variables*

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores
Propuesta de implementación de lean manufacturing	Análisis de la situación actual	Tiempo promedio dedicado a actividades no productivas.
	Herramientas lean:	Tiempo de ciclo de producción
	Capacitación y formación	Horas de capacitación por empleado en temas de Lean
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores
Productividad en una Empresa metalmecánica	Eficiencia de los procesos	Tasa de producción por hora de trabajo.
	Tiempo de entrega	Porcentaje de pedidos entregados antes de la fecha de vencimiento
	Utilización de los recursos	Relación entre el tiempo de actividad y el tiempo de inactividad de la maquinaria.

Meses	2022		
	Estructuras fabricadas	Estructuras aprobadas	Eficiencia %
Enero	675	600	88.89
Febrero	556	484	87.05
Marzo	669	594	88.79
Abril	510	450	88.24
Mayo	516	457	88.57
Junio	521	453	86.95

Meses	2023		
	Estructuras fabricadas	Estructuras aprobadas	Eficiencia %
Enero	725	681	93.93
Febrero	733	697	95.09
Marzo	711	668	93.95
Abril	621	577	92.91
Mayo	599	570	95.16
Junio	685	651	95.04

Meses	2022			
	Horas Utiles	Horas totales	Horas paradas	Eficiencia %
Enero	123	189	66	65%
Febrero	122	189	67	65%
Marzo	122	189	67	65%
Abril	123	189	66	65%
Mayo	125	189	64	66%
Junio	120	189	69	63%

Meses	2023			
	Horas Utiles	Horas totales	Horas paradas	Eficiencia %
Enero	138	189	51	73%
Febrero	137	189	52	72%
Marzo	137	189	52	72%
Abril	138	189	51	73%
Mayo	140	189	49	74%
Junio	135	189	54	71%