



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

**Propuesta de mejora de la productividad en una
empresa metalmeccánica aplicando herramientas Lean
Manufacturing**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión de
Operaciones y Servicios Logísticos

AUTOR

Jose Andres BRAVO FERNANDEZ

ASESOR

Dr. Julio Alejandro SALAS BACALLA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bravo, J. (2024). *Propuesta de mejora de la productividad en una empresa metalmeccánica aplicando herramientas Lean Manufacturing*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jose Andres Bravo Fernandez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47134565
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0321-7817
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Julio Alejandro Salas Bacalla
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08468620
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2839-8383
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Fernando Noriega Bardalez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06445509
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Joel Diogenes Zambrano Falcón
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	42918096
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Gustavo Adolfo Montoya Cárdenas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07500140
Datos de investigación	
Línea de investigación	ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. 4 Gestión organizacional sostenible.
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Urbanización: Juan Manuel del Mar Y Bernedo Manzana y lote: lote 15083 Latitud: -12.062191961289349 Longitud: -77.05996757341792
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Negocios, Administración https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N°006-UPG-FII-2024

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE OPERACIONES Y SERVICIOS LOGÍSTICOS

En la ciudad de Lima del día veintiséis del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las quince horas, se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **“PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING”**, presentado por el **Bach. JOSE ANDRES BRAVO FERNANDEZ**, para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión de Operaciones y Servicios Logísticos.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación de QUINCE (15) BUENO.

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Gestión de Operaciones y Servicios Logísticos, al **Bach. JOSE ANDRES BRAVO FERNANDEZ**.

En señal de conformidad, siendo las 15:45 horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.


Mg. FERNANDO NORIEGA BARDALEZ
Presidente


Mg. JOEL DIOGENES ZAMBRANO FALCÓN
Miembro


Mg. GUSTAVO ADOLFO MONTOYA CÁRDENAS
Miembro


Dr. JULIO ALEJANDRO SALAS BACALLA
Asesor



CERTIFICADO DE SIMILITUD

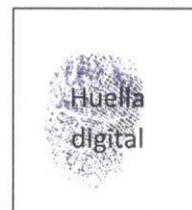
Yo, **JULIO ALEJANDRO SALAS BACALLA** en mi condición de asesor acreditado con **DICTAMEN N°551-UPG-FII-2021** de la tesis, cuyo título es **“PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING”** presentado por el bachiller **JOSE ANDRES BRAVO FERNANDEZ** para optar el grado de **MAGÍSTER EN GESTIÓN DE OPERACIONES Y SERVICIOS LOGÍSTICOS**, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta **con el porcentaje de 06 %** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI: 08468620

Nombres y apellidos del asesor: **JULIO ALEJANDRO SALAS BACALLA**



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hijo Santino y mi pareja Gabriela Ramos por su apoyo incondicional, a mis padres porque me dieron las bases para mi mejora profesional.

Andres.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por brindarme claridad en el proceso de toda esta investigación y la oportunidad de poder alcanzar un objetivo más en mi vida.

Mi eterno agradecimiento a mi pareja Gabriela por estar presente en momentos cruciales en el camino de toda esta investigación, con palabras de aliento y llenarme de perseverancia. A mi hijo Santino que es mi motivo para seguir cumpliendo los objetivos de mi vida.

A la unidad de posgrado de la facultad de ingeniería industrial, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a la empresa metalmecánica donde se desarrolló el estudio y que pudo brindarme el acceso para la toma de datos e indagación para posterior mejoramiento.

A mi asesor, por las recomendaciones hechas en esta investigación y su espléndido apoyo durante cada etapa para lograr culminar el presente trabajo.

AUTOR.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iv
LISTA DE TABLA	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
SUMMARY.....	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	1
1.2.1. Problema principal	1
1.2.2. Problemas secundarios	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de investigación.....	4
2.1.1. Antecedentes Nacionales	4
2.1.2. Antecedentes Internacionales	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Lean Manufacturing	7
2.2.2. Herramientas Lean Manufacturing.....	9
2.2.3. Mapa de flujo de valor	12
2.2.4. Tiempo estándar.....	13
2.2.5. Metodología Lean Manufacturing	14
2.3. Glosario	17
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	18
3.1. Hipótesis general	18
3.2. Hipótesis específicas.....	18
3.3. Identificación de variables	18
3.3.1. Variables independientes	18
3.3.2. Variables dependientes	18
3.4. Operacionalización de variables	19

3.5.	Matriz de consistencia	20
3.6.	Tipo y diseño de investigación.....	21
3.7.	Unidad de análisis	21
3.8.	Población de estudio	21
3.9.	Tamaño y selección de muestra	21
3.10.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.11.	Análisis e interpretación de la información.....	22
CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN		23
4.1.	Diagnóstico de la situación actual.....	23
4.1.1.	Descripción de la empresa.....	23
4.1.2.	Clientes	23
4.1.3.	Productos.....	24
4.1.4.	Procesos Productivos	25
4.1.5.	Recolección de datos	28
4.1.6.	Resultado del VSM actual	29
4.1.7.	Análisis de causas	32
4.2.	Implementación de herramientas Lean.....	35
4.2.1.	Las 5S.....	35
4.2.2.	Herramienta Andon	44
4.2.3.	Tiempo estándar.....	48
4.3.	Presentación de resultados.....	52
4.3.1.	Resultados de la 5S	52
4.3.2.	Resultado del Andon.....	55
4.3.3.	Resultado de la productividad	56
4.3.4.	Resultado del costo de fabricación.....	57
4.3.5.	Resultado del mapa de flujo de valor	58
4.4.	Contrastación de hipótesis.....	60
4.4.1.	Prueba de hipótesis	60
4.4.2.	Prueba de análisis de varianza (ANOVA).....	60
4.4.3.	Resultado de la prueba de análisis de varianza	62
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES.....		65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
Anexo N° 1. Datos iniciales de productividad		70

Anexo N° 2. Registro de causas y frecuencias.....	72
Anexo N° 3. Cronograma de aplicación 5S	73
Anexo N° 4. Diagnóstico de las 5S	75
Anexo N° 5. Formato de auditoria	76
Anexo N° 6. Registro de toma de tiempos.....	80
Anexo N° 7. Ritmo de trabajo y suplementos	81
Anexo N° 8. Resultado de productividad.....	83
Anexo N° 9. Prueba de normalidad	85

LISTA DE TABLA

<i>Tabla 1.</i> Productos principales.	24
<i>Tabla 2.</i> Matriz producto - proceso	30
<i>Tabla 3.</i> Resultados de las 5S	37
<i>Tabla 4.</i> Situaciones anormales en el proceso de granallado	45
<i>Tabla 5.</i> Código de colores para la señal Andon.....	45
<i>Tabla 6.</i> Frecuencia y tiempo de repuesta en situaciones anormales	47
<i>Tabla 7.</i> Tiempo estándar por elemento de trabajo	51
<i>Tabla 8.</i> Resultados de la evaluación de las 5S	52
<i>Tabla 9.</i> Resultados de la evaluación de las 5S	54
<i>Tabla 10.</i> Resultados de la evaluación de las 5S.....	56
<i>Tabla 11.</i> Resultados de análisis de varianza	61
<i>Tabla 12.</i> Resultados del modelo.....	61
<i>Tabla 13.</i> Resultados de medias	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La casa del lean manufacturing.	8
Figura 2. Los cinco pasos de las cinco S.	9
Figura 3. Símbolos del Value Stream Mapping.	12
Figura 4. Diagrama general de implementación del Lean Manufacturing.	14
Figura 5. Diagrama de etapa 1 de implementación del Lean Manufacturing.	15
Figura 6. Diagrama de etapa 2 de implementación del Lean Manufacturing.	16
Figura 7. Organigrama de la empresa metalmecánica.	23
Figura 8. Listado de clientes de la empresa metalmecánica.	23
Figura 9. Clasificación ABC de clientes en la empresa metalmecánica.	24
Figura 10. Máquina guillotina de corte de metales.	25
Figura 11. Proceso de soldadura.	26
Figura 12. Máquina de granallado.	27
Figura 13. Proceso de pintado.	27
Figura 14. Productividad del 2021.	28
Figura 15. Costo de fabricación del 2021.	29
Figura 16. VSM actual.	31
Figura 17. Diagrama de causa efecto	33
Figura 18. Diagrama de Pareto	34
Figura 19. Diagnóstico inicial 5S	37
Figura 20. Situación inicial - Seiri	39
Figura 21. Tarjeta Roja	39
Figura 22. Situación inicial del Seiton.	40
Figura 23. Situación inicial del Seiso	41
Figura 24. Formato de LUP	43
Figura 25. Dispositivo Andon	46
Figura 26. Mural de indicadores	48
Figura 27. DAP – Carpa de campo estándar	49
Figura 28. Resultado del Seiton.	53
Figura 29. Resultado del Seiso.	54
Figura 30. Resultado del Shitsuke.	55
Figura 31. Productividad 2021 - 2022.	57
Figura 32. Costo de fabricación 2021 - 2022.	58

Figura 33. VSM futuro.	59
Figura 34. Grafica de intervalos.....	61

RESUMEN

El presente trabajo propone un mejoramiento en la productividad de una empresa metalmeccánica con la aplicación de herramienta Lean. La organización en su búsqueda de mejorar su competitividad en un mercado peruano golpeado por la pandemia que inicio en el 2020, se somete en la implementación de herramientas que impacte en la productividad del área de producción.

Se analizó el estado actual del área y presentando un diagnóstico inicial por medio del mapa de flujo de valor, tomando como referencia abril del 2021 hasta setiembre del 2022, se propone la implementación de las herramientas 5s, Andon y la aplicación del tiempo estándar, que fueron adaptadas a la fábrica de la empresa en estudio.

En los resultados obtenidos posterior a la implementación, se encontró una mejora en cuanto a espacio despejado, organizar y limpieza en más de un 30 %, dando resultados favorables en las auditorías realizadas de las 5S. Se logra mejorar el tiempo de respuestas ante los eventos anormales que suceden en el proceso de granalla, mejorando hasta un 22% en la reducción de dichos tiempos. Todas estas herramientas impactaron en la productividad del segundo periodo muestreado con picos de hasta 60% de aumento.

Finalmente, mediante la prueba de Anova de un solo factor, se encontró que las herramientas Lean implementadas si impactaron en el mejoramiento de la productividad en el año 2022 con respecto al 2021 en la empresa metalmeccánica en estudio.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5S, Andon, productividad y tiempo estándar.

SUMMARY

This work proposes an improvement in the productivity of a metal-mechanical company with the application of Lean tools. The company in its quest to improve its competitiveness in a Peruvian market hit by the pandemic that began in 2020, undergoes the implementation of tools that impact the productivity of the production area.

The current state of the area was analyzed and an initial diagnosis was presented by means of the Value Stream Mapping, taking as a reference April 2021 to September 2022, and the implementation of the 5s, Andon and standard time application tools was proposed, which were adapted to the factory of the company under study.

In the results obtained after the implementation, there was an improvement in terms of clear space, organization and cleanliness by more than 30%, giving favorable results in the 5S audits performed. The response time to abnormal events that occur in the shot blasting process was improved, improving up to 22% in the reduction of such times. All these tools had an impact on productivity in the second period sampled, with peaks of up to 60% increase.

Finally, through the single-factor Anova test, it was found that the Lean tools implemented did have an impact on the improvement of productivity in the year 2022 with respect to 2021 in the metal-mechanical company under study.

Keywords: Lean Manufacturing, 5S, Andon, productivity and standard time.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

Dentro del periodo de diciembre del 2019, las organizaciones nacionales e internacionales han sido golpeadas progresivamente por la pandemia llamada Covid19, debido a ello, grandes empresas han tenido un impacto en la reducción de sus ventas percibidas y también en la reducción de sus recursos operativos.

A nivel global diferentes empresas han tenido pérdidas crecientes e incluso cierres (bancarrotas, etcétera) masivos de empresas de categoría Pequeña y Mediana Empresa (PYME), esto resulta a que no han estado preparadas para un escenario como el que trajo la pandemia Covid19 y que afecto radicalmente a su economía.

En el periodo de marzo del 2020, el representante máximo del Perú, el presidente, anunció el inicio del estado de emergencia sanitaria, en la que se realiza la paralización a nivel nacional de actividades económicas no esenciales y cierres de fronteras; el sector metalmecánico no fue ajeno a ello, cerrando actividades por un lapso de 60 días y que fue incluido en la primera fase de reactivación.

Posterior a la reactivación e iniciación de actividades en la industria metalmecánica, con el código de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) 2511, la empresa presentó diferentes problemas del tipo incumplimiento de entrega a sus clientes, llegando en el último mes a un 5% de pedidos rechazados, esto por problemas en el área de producción que son: retrasos en los pedidos a entregar, merma que asciende a 100 000 soles mensuales aproximadamente, todo esto repercutiendo en la productividad y originando una caída del 12% en el último mes, por esto la creciente preocupación de mejorar la eficiencia y productividad en sus operaciones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿En qué medida las herramientas Lean Manufacturing pueden mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica?

1.2.2. Problemas secundarios

PS1. ¿En qué medida la herramienta 5S mejora la productividad en una empresa metalmeccánica?

PS2 ¿En qué medida la herramienta Andon mejora la productividad en una empresa metalmeccánica?

PS3. ¿En qué medida la herramienta tiempo estándar mejora la productividad en una empresa metalmeccánica?

PS4. ¿En qué medida las herramientas Lean manufacturing reducen el costo de fabricación en una empresa metalmeccánica?

1.3. Justificación

La presente investigación permite ver en cuánto mejoraría la eficiencia y productividad de la empresa en estudio a través de sus operaciones, y obteniendo la mejora de su productividad mediante herramientas Lean Manufacturing.

El planteamiento que se realizara y los resultados que se obtendrán para obtener los objetivos previstos, afectaran de manera directa y positiva a los colaboradores, mejorando el entorno de trabajo y con ello conseguir altos niveles de competitividad en sus puestos de trabajo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica aplicando herramientas Lean Manufacturing.

1.4.2. Objetivos específicos

OS1. Determinar en qué medida la herramienta 5S mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

OS2. Determinar en qué medida la herramienta Andon mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

OS3. Determinar en qué medida la herramienta tiempo estándar mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

OS4. Determinar en qué medida las herramientas Lean Manufacturing reducen el costo de fabricación en una empresa metalmecánica.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Reyes (2021) realizó un estudio de tipo descriptiva, correlacional, explicativa y aplicada, que plantea el mejoramiento de los procesos productivos en una empresa de fabricación de plástico, aplicando la metodología Lean Manufacturing. El autor señala que se obtuvo una reducción del Scrap en 43,60% al implementar las 5s, además, una reducción de las horas de mantenimiento en un 28,75%. Se implementó el equipo Kaizen para el sostenimiento de las mejoras continuas en la organización, obteniendo finalmente resultados favorables en el mejoramiento de la productividad en toda el área de fabricación.

Otro estudio es de Bermejo (2019) que realizó una investigación del tipo explicativa y aplicada, enfocada a la mejora de los procesos de fabricación de calzado para damas mediante las herramientas Lean Manufacturing, al implementar el Single Minute Exchange of Die (SMED) obtuvo mejoras y eliminación de actividades que no agregan valor al cambio de preparación de lotes, obteniendo resultados favorables que llevaron al mejoramiento de los procesos y finalmente al incremento de la productividad.

Dentro de los beneficios que menciona Bermejo (2019) al implementar las herramientas Lean Manufacturing, está la reducción del 57,14% de los productos defectuosos, una reducción del 10% en el tiempo de abastecimiento al área y la reducción del 47,22% del tiempo de preparación para el cambio de producción.

La investigación de Contreras, Huertas y Portugal (2018) se enfocó en la mejora de la productividad a través de herramientas Lean Manufacturing, dando como referencia que al implementar 5S y TPM en el área de galleta se obtuvo grandes resultados como la disminución e inclusive mitigación de movimientos y esperas innecesarias en cada puesto de trabajo.

Los autores mencionados en el párrafo anterior plantean que la implementación de las 5S generó mejoras en el ámbito motivacional, ya que los colaboradores se sienten más involucrados con el trabajo en el área y se genera una mayor responsabilidad por parte de ellos.

El trabajo de Arroyo (2018) plantea la implementación de las herramientas SMED y Just In Time (JIT) en una empresa metalmecánica, logrando una reducción del 47% del tiempo de las paradas programadas en los procesos analizados, una reducción del 59% del tiempo de reproceso de granallado y generando con ello el aumento de la producción en un 25%, esto finalmente se vio reflejado en el aumento de la productividad y rentabilidad de la organización.

Los resultados obtenidos por Huaman (2017), al realizar un estudio del tipo aplicada y explicativa, muestran que la implementación de la herramienta Poka Yoke da resultados importantes en el mejoramiento de la productividad que aumentó hasta en un 30% y que se vio reflejada en el mejoramiento de la eficacia y eficiencia de la organización.

Huaman (2017), además menciona que la implementación del Value Stream Map (VSM) y Poka Yoke ayudaron a la mejora de la calidad, reducción de tiempos operativos y disminución de los costos de producción hasta en un 17%. El autor concluye que el Poka Yoke ayudó a disminuir los altos sobrecostos generados por el reprocesamiento que existía en el sistema productivo de la empresa.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Cardona (2020) realiza una investigación de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la cadena de abastecimiento en una empresa textil, por medio de un estudio descriptivo y expositivo, en el que se ejecutan: implementaciones del TPM, gestión de la calidad total (TQM, por sus siglas en inglés) y 5s, dichas herramientas menciona el autor, no representan altos costos en su inserción en la empresa a comparación de los resultados que se lograron, detalla que las mejoras fueron: aumento de motivación del personal, optimización de la cadena de abastecimiento y disminución y/o eliminación de

los despilfarros en el sistema productivo. Señala que la clave de dichas herramientas es el involucramiento de todos los niveles jerárquicos de la empresa.

La investigación que realizan Echeverry y Guzmán (2020) mediante un estudio descriptivo, mencionan que al implementar la metodología 5S en la empresa en estudio, se logró una mejora considerable en los suplementos que corresponden a un buen ambiente de trabajo y una mayor seguridad en la organización. Además, un incremento en el ahorro mensual aproximadamente en 437 220,71 pesos colombianos, referido solamente en la disminución de plaquetas defectuosa.

Por otra parte, Córdoba y Bonilla (2019) al realizar una investigación experimental cuantitativa, refieren que las implementaciones de diferentes herramientas como el SMED, Kaizen, 5s y TPM en una empresa de cilindros industriales, logran una mejora en los procesos de producción, reducción de los inventarios en proceso y redistribución de planta, dando como resultado un aumento de la productividad de hasta 30%.

Muñoz (2017) realizó la implementación de herramientas Lean en el área de control de calidad de una empresa maderera, obteniendo resultados favorables al eliminar los movimientos innecesarios en las inspecciones al implementar la estandarización de los procesos. La herramienta 5s mostró una gran utilidad al optimizar el ambiente de trabajo y motivar aún más al personal del área, para que las mejoras instaladas sigan el proceso de mejora continua, se constituyó el Equipo Kaizen, con la finalidad de incentivar el mantenimiento de dichas herramientas.

Gaibort (2017) realizó una investigación en la mejora de la productividad a través de herramientas de manufactura esbelta en el área de confecciones de una empresa textil, utilizó un estudio de modalidad aplicada. El autor señala que se implementó herramientas Lean como Kanban, JIT, 5s y VSM, los resultados que obtuvo fue el incremento de la producción en un 25% y una reducción de sus costos operativos en 1,3%, resultando un aumento de la productividad en un 10 % aproximadamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Lean Manufacturing

Según Socconini (2019), el Lean Manufacturing es conocido a nivel mundial como producción esbelta y producción ajustada, se define por lograr procesos continuos, sistemático de identificación y eliminación de desperdicio que no agregan valor al sistema.

Por otra parte, Hernández y Vizán (2013) menciona que es una filosofía de trabajo enfocada en las personas, que aportan la mejora y optimización de un sistema productivo, enfocándose en mitigar todo tipo de desperdicio, señalando que existen 7 tipos de desperdicio en todo sistema.

Madariaga (2013), señala que el Lean Manufacturing es un modelo empresarial para la gestión del sistema productivo, en la que todo el capital humano está enfocado en lograr el cumplimiento de eliminar toda actividad que no agrega valor en la empresa. Además, señala que la metodología se ha ampliado en diferentes áreas de la organización creándose, por ejemplo, “Lean Office”, “Lean Maintenance”, “Lean Logistic”, etc.

Según Madariaga (2013), la casa del Lean Manufacturing está diseñada sobre el liderazgo, confianza y respeto en todos los niveles jerárquicos de la empresa, además, menciona que existen diferentes herramientas que son la base, como el JIT, mejora continua y el Jidoka que dan el sostenimiento de la casa Lean. Ver figura 1.

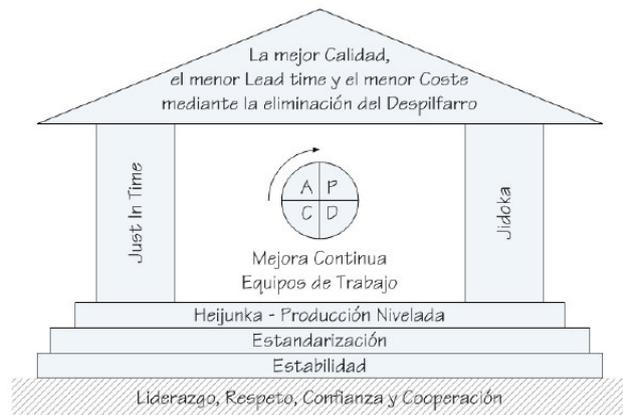


Figura 1. La casa del lean manufacturing.

Fuente: Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos (citado por Madariaga, 2013, p. 25).

Dentro del Lean Manufacturing debe tener en cuenta que toda empresa tiene despilfarro y una herramienta valiosa para atacar dichos desperdicios es el pensamiento Kaizen. A continuación, se detalla dichas definiciones:

a) Despilfarro

Los despilfarros según Hernández y Vizán (2013) son errores que se comenten en el sistema productivo y que generan una gran pérdida de productividad, ya que se debe realizar nuevamente el trabajo a consecuencia de no haberse realizado correctamente el proceso productivo la primera vez. El autor señala que las posibles causas que generan estos desperdicios son: movimientos innecesarios, errores de los operarios y técnicas inapropiadas en el trabajo de cambio de producto.

b) Kaizen

Hernández y Vizán (2013), mencionan que el termino Kaizen significa “Cambiar para mejorar”, es el cambio de actitud de las personas, teniendo en cuenta sus capacidades y aprovecharlo al máximo hacia el éxito de la organización. El espíritu Kaizen, es la actitud generada en las personas envuelta en esta filosofía y es el pilar fundamental para ganar la batalla contra el desperdicio en toda organización.

Massaki (2013), Kaizen significa el mejoramiento continuo que involucra a todos los niveles jerárquicos de la empresa. La filosofía Kaizen va mucho más allá, es un estilo de vida que te orienta a un mejoramiento progresivo, en el ámbito familiar, trabajo, etc., para el logro de los objetivos planteados a largo y corto plazo.

2.2.2. Herramientas Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se enfoca en diferentes herramientas que sirven para la implementación, las herramientas clave y base para un correcto sostén de la metodología son:

a) Las 5s

Según Madariaga (2013), refiere que las 5s es una herramienta que se enfoca en lograr mejorar las condiciones del puesto de trabajo y está formado por cinco pasos: separar, ordenar, limpieza, estandarizar y disciplina. Esta herramienta no es solo limpiar y ordenar solo una vez o por cuestiones de estética, en las 5s debe imperar el rigor y constancia. La Figura 2 muestra los 5 pasos sistemático que se debe realizar para el logro de esta metodología.



Figura 2. Los cinco pasos de las cinco S.

Fuente: Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos (citado por Madariaga, 2013, p. 36).

Separar (Seiri)

Según Madariaga (2013), consiste en clasificar los diversos elementos ubicados en los puntos de trabajo en dos categorías: necesarios e innecesarios. Los innecesarios es todo elemento que no es útil en un mediano

o corto plazo de las actividades cotidianas de producción, ya que dificulta la utilización de los elementos necesarios y origina grandes volúmenes en la zona de trabajo.

Ordenar (Seiton)

Según Hernández y Vizán (2013), manifiesta que en esta etapa se debe organizar todo elemento clasificado como útil, para que se logre encontrarlo con facilidad y se genere el retorno una vez utilizado. Los autores se enfocan en que se debe tener un nivel de orden estandarizado para producir con calidad y eficientemente, originando un ambiente de trabajo para los trabajadores.

Limpieza (Seiso)

Para Madariaga (2013), la suciedad es la causa de averías, ya que dificulta la identificación de situaciones anormales y provoca daño en las máquinas y componentes. En esta fase se busca la identificación de los puntos de suciedad y mitigarlos, manteniendo una zona de trabajo limpio, reduciendo los desperdicios generados por suciedad.

Estandarizar (Seiketsu)

De acuerdo con Socconini (2019), lograr que los procedimientos y prácticas obtenidas en las anteriores fases, se ejecutan continuamente para asegurar la permanencia de clasificar, ordenar y limpieza en la zona de trabajo. Es necesario establecer dichos procedimientos y retroalimentar a los involucrados para la permanencia del mismo.

Disciplina (Shitsuke)

Según Socconini (2019), en esta fase se debe dar los procedimientos establecidos en los pasos anteriores. Es fundamental que para esta etapa funcione, la formación de auditorías constantes para la aseguración de que se alcance el nivel esperado de la metodología.

b) Andon

Según Madariaga (2015), es una herramienta dentro del contexto japonés que se define como tablero que favorece a los operarios dentro de la producción, para lograr la visibilidad de las anomalías encontradas; con ello poder dar un aumento de la capacidad al grupo de trabajo para poder absolver los problemas detectados de manera rápida, logrando la fluidez del proceso y la permanencia de los procedimientos de fabricación.

Según Córdova (2012), la utilización del Andon debe continuar un esquema de 8 fases para la implementación en la organización, el éxito de la herramienta consiste en el factor crítico del líder de la implementación para dar con éxito cada fase.

- **Etapa I:** Capacitar al colaborador en los principios, características, beneficios y prerrequisitos de la herramienta Andon en la organización.
- **Etapa II:** Establecer el alcance de la herramienta.
- **Etapa III:** Redactar el objetivo general de la aplicación de la herramienta en término del proceso, el beneficio principal que se desea conseguir.
- **Etapa IV:** Mostrar las situaciones anormales dentro del proceso analizado.
- **Etapa V:** Relación de colores asignado para cada situación anormales y normales en la estación del trabajo.
- **Etapa VI:** Establecer el proceso o área de trabajo que contarán con indicadores luminosos para indicar las condiciones de trabajo.
- **Etapa VII:** Medición de la frecuencia y tiempo de repuesta frente a situaciones anormales.
- **Etapa VIII:** Monitoreo de las metas alcanzadas.

c) AMFE

Según Méndez (2008), el AMEF puede ser conocido como un procedimiento sistemático en la evaluación del desarrollo del producto, para el análisis del modo de fallas potenciales por medio de la severidad y probabilidad de falla. Dentro de las aplicaciones del AMEF existen diferentes tipos y son: de sistema, de diseño, del proceso, del servicio y de software.

2.2.3. Mapa de flujo de valor

Según Madariaga (2013), El mapa de flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM) es una esquematización gráfica, mediante símbolos, flujos de materiales y de información específica de una familia de productos dentro de la fábrica, desde la recepción del pedido hasta la entrega del mismo. Al ser una herramienta que se centra en la reducción del Lead Time, el VSM puede carecer del grado de detalle para mostrar los diferentes despilfarros en el sistema productivo. Ver Figura 3.

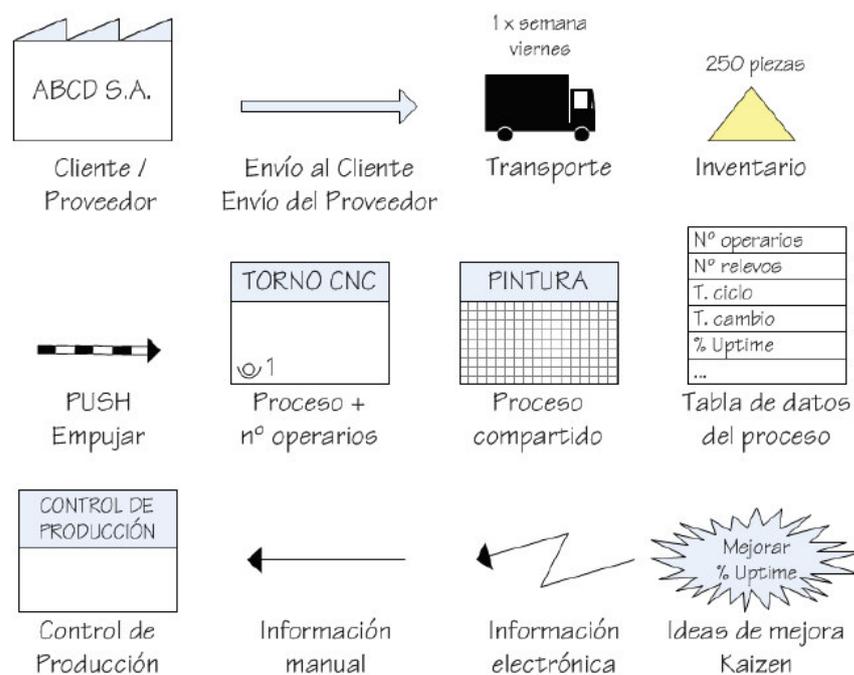


Figura 3. Símbolos del Value Stream Mapping.

Fuente: Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos (citado por Madariaga, 2013, p. 229).

Según Madariaga (2013) menciona que existe los siguientes pasos para la implementación de esta herramienta y son: Seleccionar una familia de productos, elaborar el mapa actual, dar ideas de mejora, plantear el mapa de la situación futura, reconocer los bucles Pull en el mapa futuro y elaborar un plan de mejora para generar valor al mapa futuro.

2.2.4. Tiempo estándar

Según García (2005) define el tiempo estándar como un resultado en unidades de tiempo de realizar una actividad, en el que se incluye elementos causales y contingencia dadas durante el desarrollo del estudio de tiempo, así mismo, se puede conocer esto como el tiempo normal sumando los suplementos propios del trabajo y como efecto determinar el tiempo tipo que ayuda a la planificación y sinceración del tiempo empleado para el trabajo.

Para el cálculo del número de observaciones necesarias para obtener el tiempo representativo con un error e% y un riesgo fijado R%.

$$N = \left(\frac{K \times \sigma}{e \times \bar{x}} \right)^2 + 1$$

Fuente: (García, 2005)

Dónde:

K = el coeficiente de riesgo cuyos valores son:

K = 1, para riesgo de error de 32%

K = 2, para riesgo de error de 5%

K = 3, para riesgo de error de 0.3%

X_i = los valores obtenidos de los tiempos de reloj

N = frecuencia de cada tiempo de reloj tomado

n = número de mediciones efectuadas

e = error expresado en forma decimal

Según (Kanawaty, 1996), la valoración del ritmo de trabajo del operario y los suplementos, expresa que el factor de calificación es una técnica para determinar de manera precisa el tiempo en que un operario realiza una operación a un ritmo de trabajo normal.

Según García (2005) menciona para el cálculo del tiempo normal se debe determinar la calificación del colaborador en su trabajo por el método Westinghouse, que presenta 4 factores para evaluar la destreza del trabajador: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Finalmente se considera la holgura llamada suplementos, que es los factores propios del ser humano y el entorno que generan una demora adicional en la ejecución del trabajo, la determinación del suplemento se le añade al tiempo normal para lograr determinar el tiempo estándar o también conocido tiempo tipo, que se calcula de cada elemento del proceso y sumando ello, da como resultado el tiempo estándar total del proceso.

2.2.5. Metodología Lean Manufacturing

Según Sarria (2017) menciona que la implementación de la filosofía Lean Manufacturing es una tarea compleja que va más allá de una herramienta, por lo cual es importante la involucración de la gerencia de todos los niveles de la organización, para ellos se plantea una metodología para la implementación de dicha filosofía, ver figura 4.

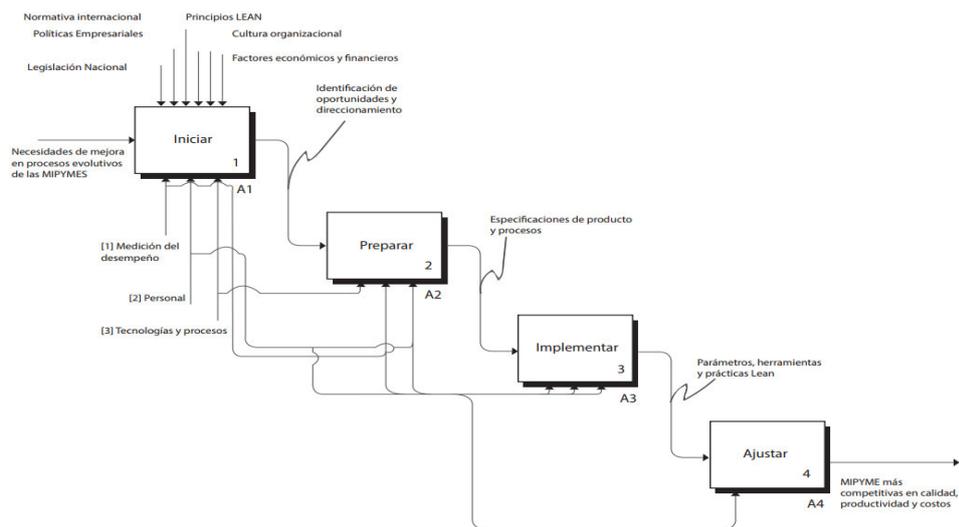


Figura 4. Diagrama general de implementación del Lean Manufacturing.

Fuente: Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. (Citado por Sarria Yépez, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C., 2017, p. 51-71).

Etapa 1

Según Sarria (2017), la primera etapa de la implementación de la metodología Lean Manufacturing debe empezar con un diagnóstico de la situación actual de la empresa mediante el VSM, ya que permite encontrar los problemas ocultos y actividades que no agregan valor, como se muestra en la figura 5.

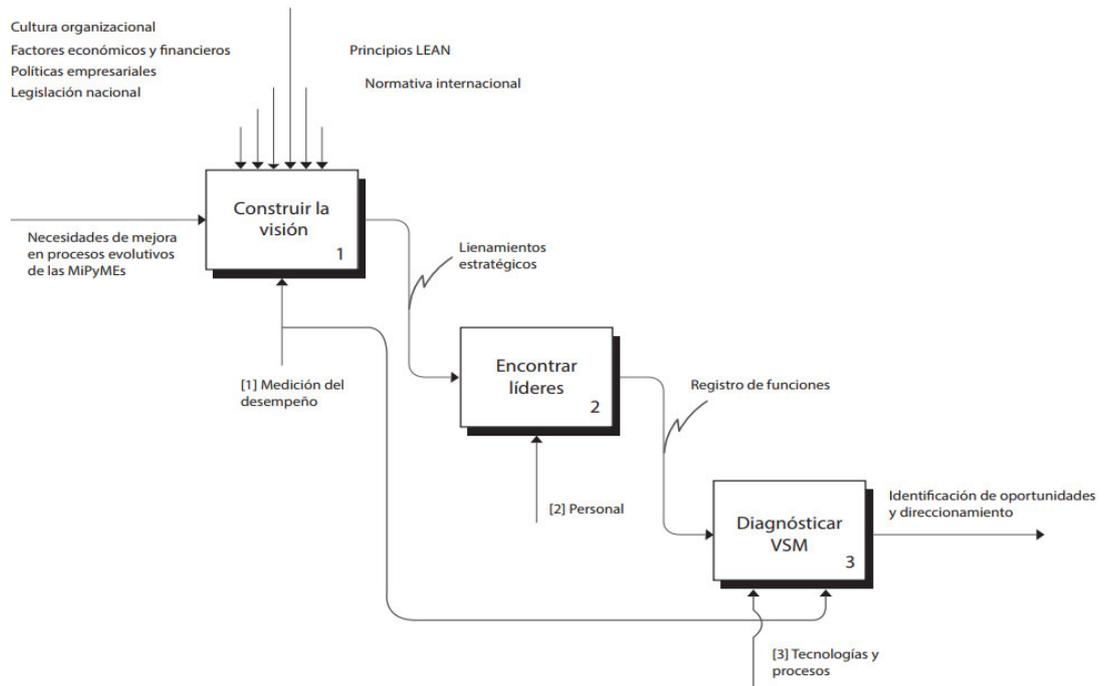


Figura 5. Diagrama de etapa 1 de implementación del Lean Manufacturing.

Fuente: Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. (Citado por Sarria Yépez, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C., 2017, p. 51-71).

Etapa 2

Según Sarria (2017), siguiendo la implementación de la metodología es importante seguir con la difusión de la metodología a los involucrados en el área, siguiendo con la implementación de la 5S y estandarización de los procesos, ver figura 6.

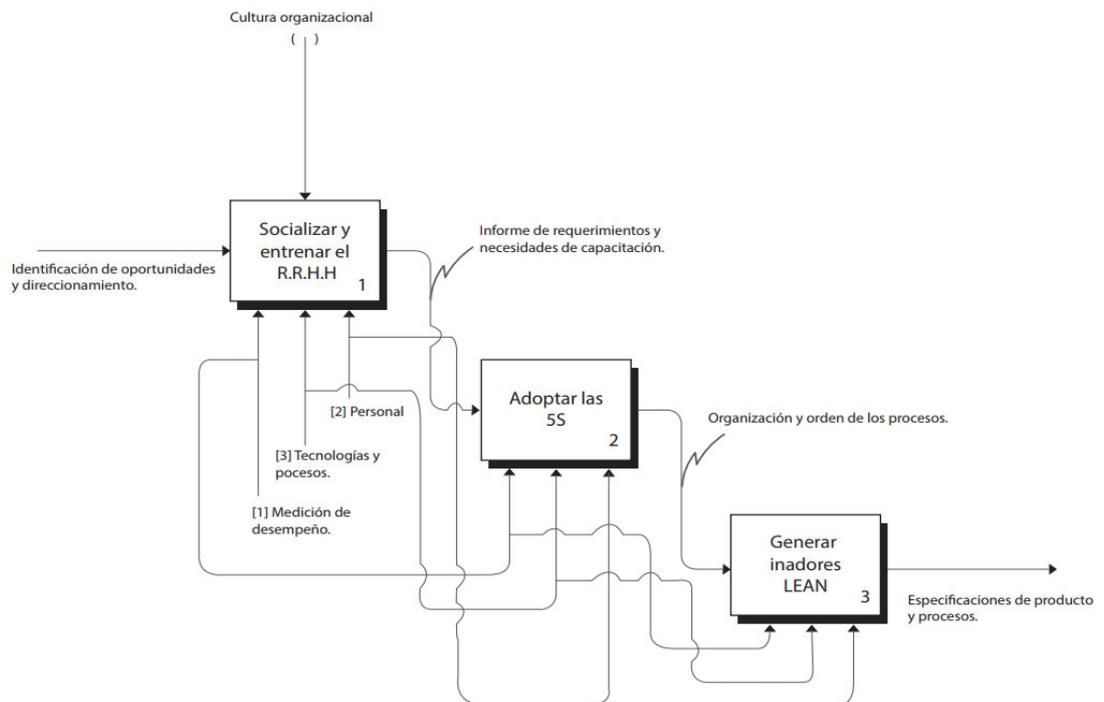


Figura 6. Diagrama de etapa 2 de implementación del Lean Manufacturing.

Fuente: Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. (Citado por Sarria Yépez, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C., 2017, p. 51-71).

Según Sarria (2017), posterior a la implementación de las bases de la metodología se debe buscar herramientas Lean que favorezcan y apoyen a mitigar los problemas encontrados en el diagnóstico inicial, para posterior evaluar los resultados logrados en el proceso de implementación.

2.3. Glosario

- **Despilfarro:** “Toda actividad que no añade valor al producto o al sistema productivo y que debe eliminarse” (Rajadell & Sánchez, 2010 p. 19).
- **Eficiencia:** “Es evaluar cómo se están utilizando los recursos reales con los planificados” (García, 2011 p. 16).
- **Kaizen:** “Filosofía que se enfoca en el mejoramiento progresivo orientado al objetivo de alcanzar las metas de eliminar los despilfarro en un sistema productivo” (Villaseñor & Galindo, 2011 p. 88).
- **Lead Time:** “Es el tiempo que toma en recibir y generar la orden de pedido hasta su despacho y entrega al consumidor o cliente” (Madariaga, 2013 p. 11).
- **Productividad:** “Es la relación de los recursos invertidos y los productos obtenidos en el empleamiento de estos y evaluar el grado de rendimiento de ambos” (García, 2011 p. 9).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis general

HG: Mediante la propuesta de utilizar herramientas Lean Manufacturing se logra la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica.

3.2. Hipótesis específicas

HE1: Mediante la herramienta 5S se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

HE2: Mediante la herramienta Andon se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

HE3: Mediante la herramienta tiempo estándar se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

HE4: Mediante las herramientas Lean Manufacturing se reduce el costo de fabricación en una empresa metalmecánica.

3.3. Identificación de variables

3.3.1. Variables independientes

Lean manufacturing

3.3.2. Variables dependientes

Productividad y costo de fabricación

3.4. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variables independientes: Lean Manufacturing	Socconini (2019), se define como lograr procesos continuos, sistemático de identificación y eliminación de desperdicio que no agregan valor al sistema productivo.	Se propone la implementación de herramientas Lean Manufacturing para medir el mejoramiento de los desperdicios en la empresa.	5S	Metodología 5's: Implementando / no implementando	Guía de observación	Nominal Implementado = 0 No implementado = 1
			Tiempo estándar	Tiempo estándar: Implementando / no implementando	Guía de observación	Nominal Implementado = 0 No implementado = 1
			Andon	Andon: Implementando / no implementando	Guía de observación	Nominal Implementado = 0 No implementado = 1
Variable dependiente: Productividad	García (2011), Es la relación de los recursos invertidos y los productos obtenidos en el empleamiento de estos y evaluar el grado de rendimiento de ambos.	Se elaboró una ficha de registros para recopilar los datos de los recursos empleados y su mejoramiento.	Productividad	<ul style="list-style-type: none"> Valores de productividad del 2021 valores de productividad del 2022 	Ficha de registro	Tonelada/soles
Costo de fabricación	Madariaga (2013), son todos los gastos que están involucrados en la fabricación de productos.	Se elabora un registro para la recopilación de los datos según el periodo determinado.	Costo de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> Valores de los costos de fabricación del 2021 y 2022 	Ficha de registro	Soles

3.5. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema principal</p> <p>¿En qué medida las herramientas Lean Manufacturing pueden mejorar la productividad en una empresa metalmecánica?</p>	<p>Objetivo principal</p> <p>Mejorar de la productividad en una empresa metalmecánica aplicando herramientas Lean Manufacturing.</p>	<p>Hipótesis principal</p> <p>Mediante la propuesta de utilizar herramientas Lean Manufacturing se logra la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Implementación el Lean Manufacturing y costo de fabricación</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Mejora de la Productividad</p> <p>Costo de fabricación</p>	<p>Método: Cuantitativo y cualitativo</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p> <p>Técnica de recolección de datos: Bases de datos por observación.</p> <p>Instrumento: Ficha de registro de datos.</p> <p>Población: Los procesos área de producción, con datos de productividad y del proceso, en el periodo de abril del 2021 hasta setiembre del 2022.</p> <p>Muestra: Los procesos de corte, pulido, granalla y pintura del área de producción, y los datos de abril del 2021 hasta setiembre del 2022.</p> <p>Análisis de datos: Se emplearán cuadros estadísticos, diagrama de bloques, de Pareto, de análisis del proceso, VSM e indicador de productividad.</p>
<p>Problemas secundarios</p> <p>¿En qué medida la herramienta 5S mejora la productividad en una empresa metalmecánica?</p>	<p>Objetivos secundarios</p> <p>Determinar en qué medida la herramienta 5S mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>Mediante la herramienta 5S se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>		
<p>¿En qué medida la herramienta Andon mejora la productividad en una empresa metalmecánica?</p>	<p>Determinar en qué medida la herramienta Andon mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>	<p>Mediante la herramienta Andon se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>		
<p>¿En qué medida la herramienta tiempo estándar mejora la productividad en una empresa metalmecánica?</p>	<p>Determinar en qué medida la herramienta tiempo estándar mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>	<p>Mediante la herramienta tiempo estándar se mejora la productividad en una empresa metalmecánica.</p>		
<p>¿En qué medida las herramientas Lean manufacturing reducen al costo de fabricación en una empresa metalmecánica?</p>	<p>Determinar en qué medida las herramientas Lean Manufacturing reducen al costo de fabricación en una empresa metalmecánica.</p>	<p>Mediante las herramientas Lean Manufacturing se reduce el costo de fabricación en una empresa metalmecánica.</p>		

3.6. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es experimental, ya que busca obtener las consecuencias posteriores de la implementación de herramientas Lean en una empresa metalmecánica, con enfoque cuantitativo y con resultado del tipo aplicativo.

3.7. Unidad de análisis

La presente tesis tiene como unidad de análisis al área de soldado en una empresa metalmecánica de Lima Metropolitana, sus principales procesos de producción son: Corte, soldadura, granalla, pintura y embalado, en un periodo de abril del 2021 hasta julio del 2022.

3.8. Población de estudio

La población de estudio está conformada por los 4 procesos productivos y los productos obtenidos durante el periodo de abril del 2021 hasta julio del 2022., en el área de producción de una empresa metalmecánica que comprende los siguientes procesos: Corte, soldadura, granalla, pintura y embalado.

3.9. Tamaño y selección de muestra

El estudio por las características del proceso de producción se ha determinado como un modelo no probabilístico y aleatorio simple. La muestra del análisis está conformada por los procesos más críticos dentro del área de producción, e implementar las mejoras propuestas para el sistema productivo. Se selecciona la muestra de acuerdo al área crítica y los datos necesarios para el análisis, siguiendo un periodo de 25 semanas en el 2021 y 2022.

3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación y estudio se basa en la toma de datos de la empresa, donde se ha recopilado toda la información directamente de los procesos de producción, indicadores de desempeño y datos históricos de importancia, siendo esto información cuantitativa. Además, se recopila trabajos realizados, aspectos externos de la empresa y lectura de artículos especializados para la

construcción de bases y fundamentos conceptuales para la propuesta de mejora a través de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica.

3.11. Análisis e interpretación de la información

En el análisis de los datos se emplearán cuadros estadísticos, diagrama de bloques, diagrama de Pareto y diagrama de análisis del proceso, que mostrarán el impacto de la propuesta en los indicadores y la productividad con las herramientas Lean Manufacturing. Además, se evaluará los controles de los indicadores establecidos, que servirá para medir si la propuesta del Lean Manufacturing puede mejorar la productividad de una empresa metalmeccánica.

CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la situación actual

4.1.1. Descripción de la empresa

La empresa metalmeccánica en estudio tiene 25 años en el mercado, ofreciendo estructuras metálicas con lona ignífuga para trabajos acorde a los clientes que maneja. En la figura 7 se muestra la constitución jerárquica de los diferentes puestos en cada área de la organización.

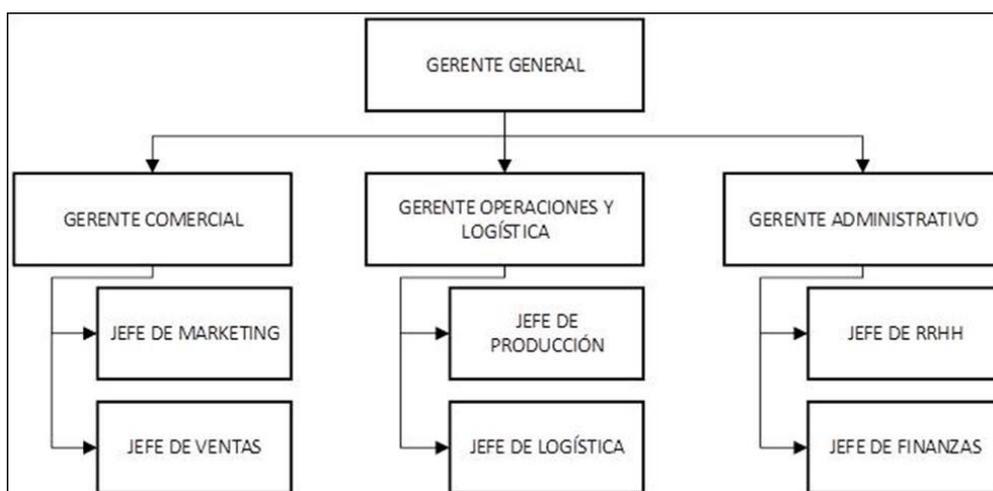


Figura 7. Organigrama de la empresa metalmeccánica.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Clientes

En la figura 8, se presenta los clientes que maneja la empresa metalmeccánica, dando énfasis que son del rubro minero donde se orienta la organización en estudio.



Figura 8. Listado de clientes de la empresa metalmeccánica.

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Productos

Para la búsqueda de los productos más representativo, se realizó un análisis ABC para determinar los principales, teniendo en cuenta las ventas en el periodo de un mes. En la figura 9, se muestra el diagrama de Pareto y los resultados de la clasificación.

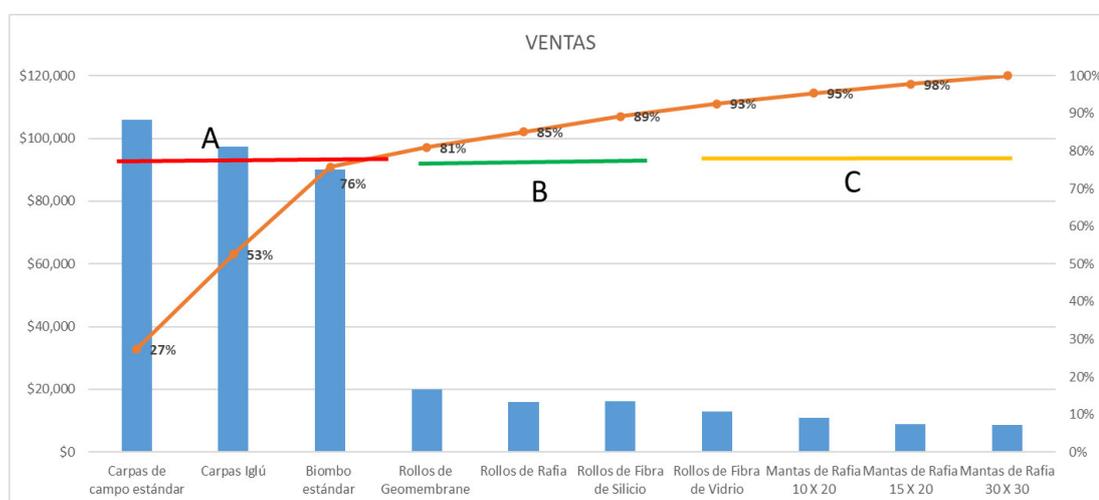


Figura 9. Clasificación ABC de clientes en la empresa metalmecánica.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los resultados en la clasificación se encontró que los productos principales son las carpas de campo estándar, carpa Iglú y biombo, en la tabla 1 se muestra la descripción de cada uno de esos productos.

Tabla 1. Productos principales.

	<p>Producto: Carpa de campo estándar Detalle: La empresa elabora una única presentación de esta carpa con medidas 5x4x6 (largo, ancho y altura). La organización no elabora la lona que es el recubierta de la carpa, lo que diseña y elabora es la estructura metálica de acuerdo a las medidas estándares.</p>
--	---

	<p>Producto: Carpa Iglú Detalle: La empresa elabora una única presentación de esta carpa con medidas 5x12x6 (ancho, largo y altura). La organización no elabora la lona que es el recubierto de la carpa, lo que diseña y fabrica es la estructura metálica de acuerdo a las medidas estándares.</p>
	<p>Producto: Biombo estándar Detalle: La empresa elabora una única presentación de esta carpa con medidas 5x5 (ancho y altura). La organización diseña y fabrica la estructura metálica de acuerdo a las medidas estándares.</p>

Fuente: Elaboración propia

El diagnóstico de la empresa se hará con esta familia de productos, para realizar una evaluación inicial con el Value Streaming Mapping (VSM)

4.1.4. Procesos Productivos

En este apartado se describe los procesos que serán parte del análisis (diagnostico actual) para determinar puntos de mejoras.

a) Proceso de corte

El proceso consiste en el corte de los metales (materia prima) para el diseño de las estructuras, asegurando el cortado de acuerdo al diseño estandarizado, para el siguiente proceso de soldadura.



Figura 10. Máquina guillotina de corte de metales.

Fuente: La empresa

Entre las piezas que sale en el proceso son los ángulos ranurados, perfiles, soportes, placa base y adaptadores, necesarios para la fabricación de los productos principales.

b) Proceso de soldadura

El proceso trata sobre la unión de piezas por medio de máquinas que se maneja en el área como MIG-MAG y MILLER, que ayudan para las puntaladas, unión parcial entre piezas, y unión completa de materiales conforme a las especificaciones.



Figura 11. Proceso de soldadura.

Fuente: La empresa

En el desarrollo del proceso se ejecuta diferentes actividades, el apuntalado, soldado, cortado, esmerilado y traslado del material, son las actividades propias de este proceso productivo.

c) Proceso de granalla

El trabajo consiste en dejar una superficie óptima para el acabado final que sería el pintado, al presentar problemas en este proceso el producto terminado quedaría descartado por las protuberancias que manifiesta la pieza, que se convertiría en una inconformidad.



Figura 12. Máquina de granallado.

Fuente: La empresa

Las actividades propias del trabajo son el granallado, rasqueteado y reprocesos que se ejecutan, con el fin de cumplir con el programa de producción establecido semanalmente.

d) Proceso de pintura

El proceso de pintura es la etapa final del acabado del producto, se recubre con pintura acorde al metal que se está trabajando. La zona de trabajo de este proceso cuenta con 2 cabinas y el espacio necesario para el secado del metal post pintura.



Figura 13. Proceso de pintado.

Fuente: La empresa

El trabajo que se realiza en este proceso es de pintado, repintado y supervisión de secado de piezas, con el fin de encontrar alguna inconformidad en la superficie pintada, para posterior pase al siguiente proceso de embalado.

e) Proceso de embalado

Este es la última etapa del proceso productivo que sigue todos los productos de la empresa en estudio, ya que consiste en el embalado de piezas, estructuras, y cualquier producto que necesita tener una presentación para el envío al cliente de acuerdo a horario de entrega.

Este proceso se maneja de acuerdo a un programa diario de envío de acuerdo a prioridad de cada pedido de cliente, el supervisor que maneja al personal de este trabajo, se encarga del embalado de cada producto terminado según especificaciones estándares que maneja la organización.

4.1.5. Recolección de datos

Se procede obtener datos de la productividad que maneja la empresa en estudio, lo cual está por semanas y empieza desde inicio de abril del 2021 hasta finales de setiembre del mismo año. En el anexo N°1 se encuentra los datos recopilados de la organización con el fin del análisis y estado inicial en el que se encuentra la empresa.

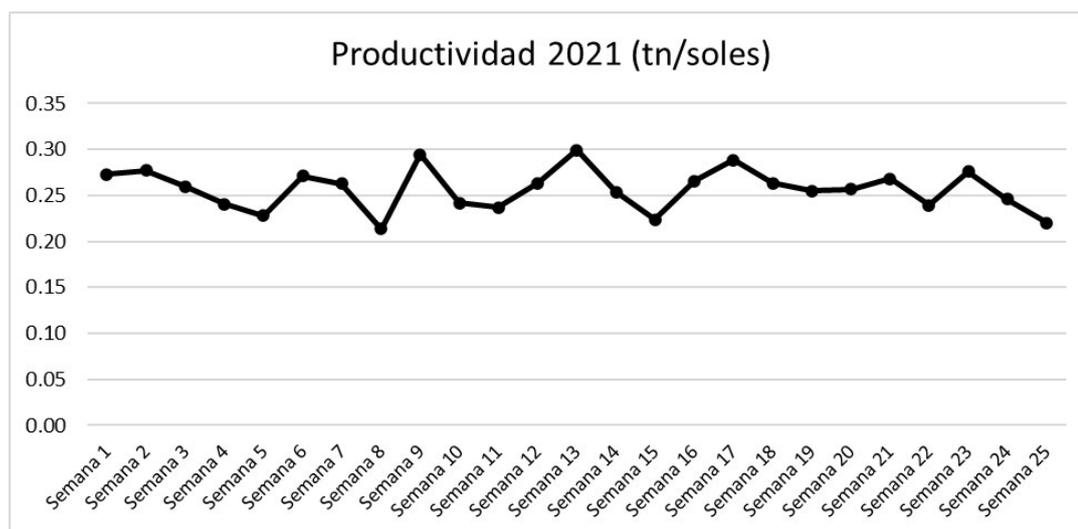


Figura 14. Productividad del 2021.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se puede observar que la productividad tomada en el periodo de abril hasta setiembre del 2021 oscila entre un rango 0.21 a 0.29 tn/soles, mostrando una caída en las últimas semanas del periodo tomado, estos resultados iniciales servirán para el análisis posterior que se realizará para encontrar las causas que originan una disminución en la productividad.

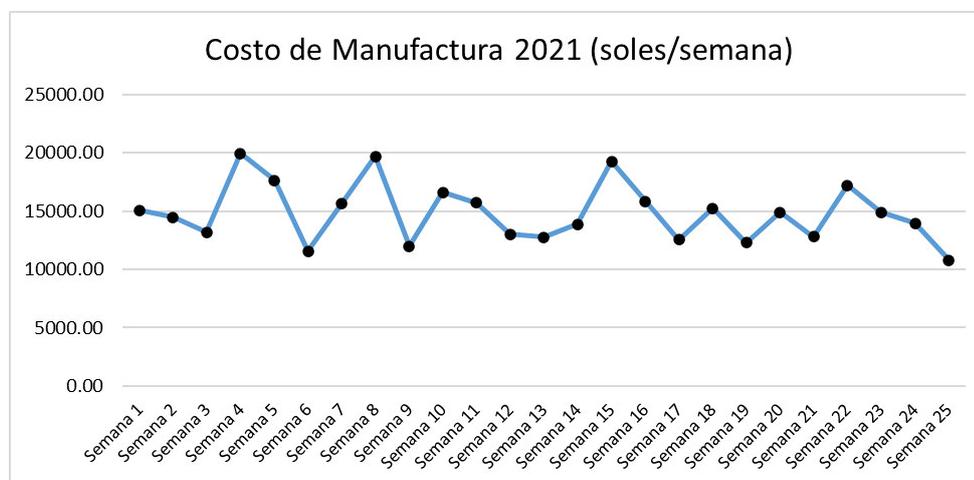


Figura 15. Costo de fabricación del 2021.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se muestra los costos de fabricación del periodo 2021, mostrando ascenso y descenso de dichos costos, teniendo picos de hasta 19718.97 soles, estos primeros datos servirán de análisis para la comparación final luego de las mejoras realizadas.

4.1.6. Resultado del VSM actual

Se utilizará el VSM para la construcción del estado inicial de los procesos y el Lead Time que cuenta el sistema productivo. Se construye una matriz producto-proceso con la familia de productos identificada en la figura N° 9. En la tabla 2 se observa la construcción de la matriz identificando los procesos en común que presenta el grupo de productos en la empresa en estudio.

Tabla 2. Matriz producto - proceso

PRODUCTOS	CORTE	SOLDADURA	GRANALLA	PINTURA	EMBALADO
Carpas de campo estándar	X	X	X	X	X
Carpas Iglú	X	X	X	X	X
Biombo estándar	X	X	X	X	X
Otros	X			X	X

Fuente: Elaboración propia

Los procesos que se van a analizar son los del área de corte, soldadura, granalla, pintura y embalado, este último, encargado del envío de los pedidos terminados hacia el cliente.

En la figura 15 se observa el VSM actual, teniendo las siguientes consideraciones: el Takt time o tiempo de ciclo (TC) se calcula por un periodo de un día, mostrando una demanda de 5,25 toneladas por día, además, el tiempo de cambio de pieza (TCP) y el tiempo de funcionamiento (TF), en cada proceso se considera solo un turno laboral.

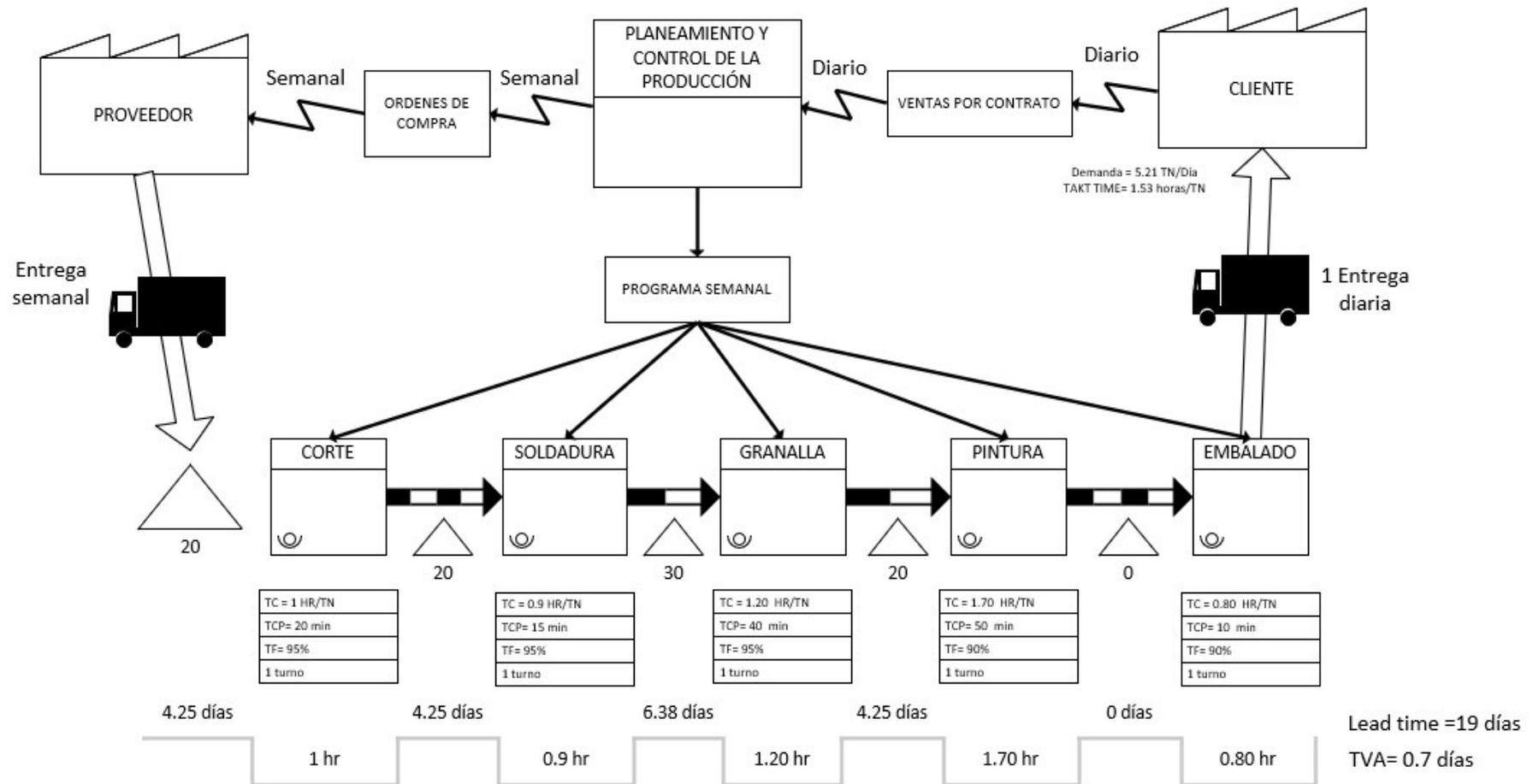


Figura 16. VSM actual.

Fuente: Elaboración propia

Utilizando el VSM actual se puede identificar algunas observaciones iniciales, que pueden servir para la profundización y posterior planteamiento de mejoras en los procesos críticos.

El proceso crítico lo representa el trabajo de pintura, ya que el tiempo de ciclo necesario es de 1.53 horas por toneladas y esta actividad supera llegando 1.70 horas, el segundo crítico es el de granalla y posterior el de corte.

Los resultados del Lead Time y el tiempo que si agrega valor es 19 días y 0,7 días respectivamente, dando como resultado que solo el 3.6% del tiempo total corresponde actividades que si agregan valor.

4.1.7. Análisis de causas

Se obtiene un notorio problema en el sistema productivo de la empresa metalmecánica y es la baja productividad, para ello se procede a identificar las causas que están ocasionando el problema central, con la ayuda de los responsables del área.

En el análisis de las causas encontradas se construye un diagrama de causa efecto, buscando relacionar las causas con cada factor que origina al problema, posterior a ello se construye un diagrama de Pareto, con el fin de poder determinar las causas de mayor relevancia para su mitigación o mejoría.

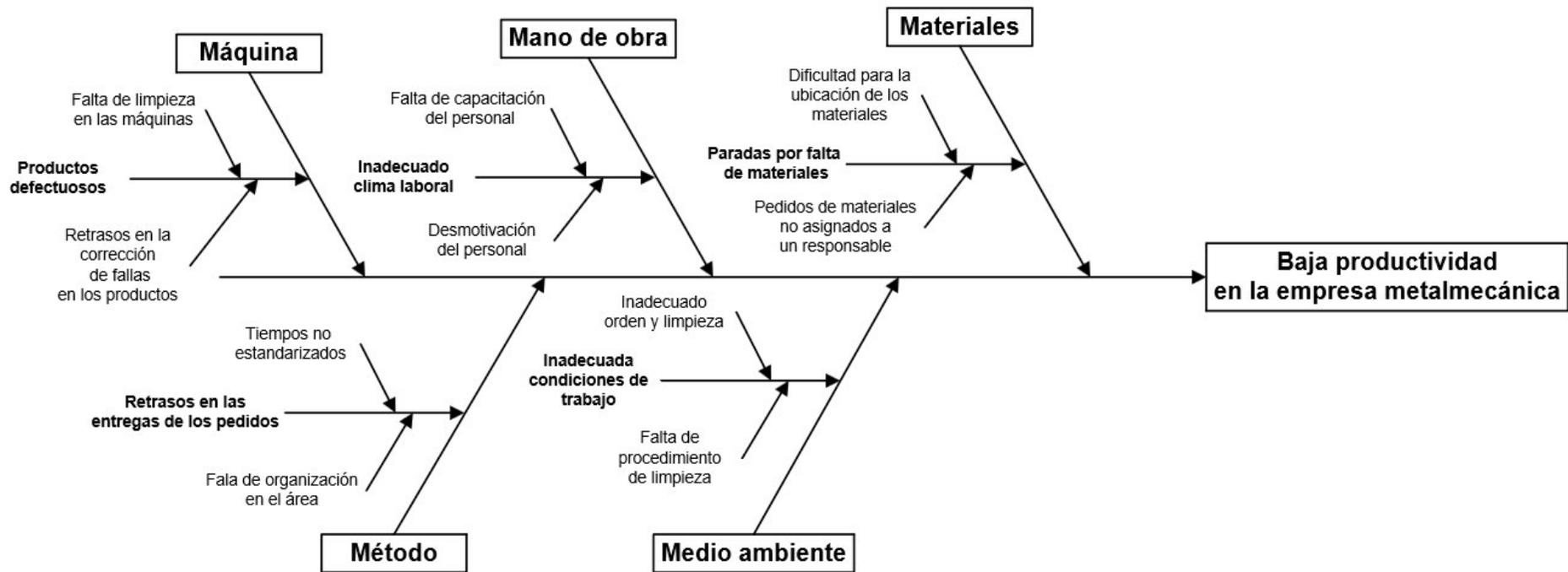


Figura 17. Diagrama de causa efecto

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se puede observar las diferentes causas que originan al problema encontrado, se encuentra que existen causas principales que son originadas con causas secundarias, como las inadecuadas condiciones de trabajo que son causante de un inadecuado orden y limpieza, y falta de procedimiento de limpieza.

Se tiene retrasos en las entregas de los pedidos que es producto de no tener tiempos estandarizados y una falta de organización en el área. Otro de los factores que se muestra es de mano de obra con un mal clima laboral y la obtención de productos defectuosos.

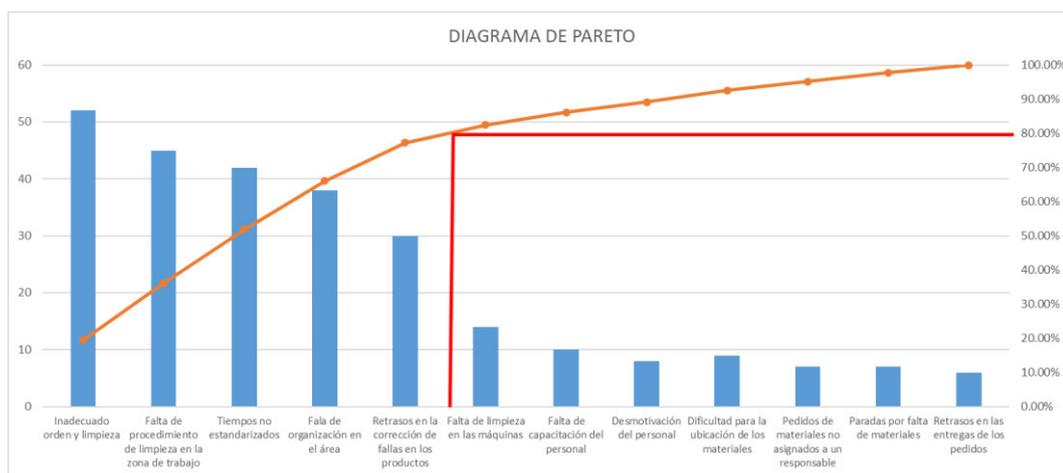


Figura 18. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Se toma un periodo de 30 días para determinar la frecuencia de ocurrencia de cada causa identificada y en el anexo N° 2 se puede observar los datos obtenidos, posterior a ello se construye un diagrama de Pareto con dicha información para obtener la figura 18, dando como resultado las causas representativas o de mayor importancia para la mejora de las mismas.

Se tiene un inadecuado orden y limpieza en el proceso identificado en el VSM actual, una falta de procedimiento de limpieza en la zona de trabajo y falta de organización, estas causas están orientadas en la zona donde se ejecuta el proceso de corte, lo cual se planteará la implementación de la herramienta de las 5S para mitigar las causas identificadas.

Dentro de los resultados obtenidos se tiene la falta de tiempos estandarizados que se sitúa en el proceso de pintura, encontrando retrasos con respecto a los tiempos de entrega, que fue identificado en el VSM actual y de la forma que se pueda solucionar se implementa el tiempo estándar en los elementos del proceso mencionado.

Otro punto importante en los resultados que se tiene en el diagrama de Pareto, es en los retrasos de la corrección de fallas en los productos, se recabo la información y se encontró que es originado en el proceso de granalla, ya que en este trabajo se genera altos índices de merma por no tener una rápida repuesta en la solución de los defectos en la salida de la máquina de granallado, para dar solución se implementara la herramienta Andon y servirá para la identificación de las situaciones anormales que puedan suceder en el proceso y poder originar indicadores visuales para disminuir la velocidad de respuesta de los mismos.

4.2. Implementación de herramientas Lean

En esta sección se revisa el esquema de implementación de herramientas Lean planteadas en el VSM futuro en cada proceso critico encontrado en el diagnóstico inicial.

4.2.1. Las 5S

La herramienta 5S se implementa en el proceso de corte, siguiendo sus 5 etapas, como lo es clasificar, ordenar, limpieza, estandarizar y disciplina. En el anexo N° 3 se puede observar el cronograma que se seguira para la implementación de la metodología.

El espacio del área de corte consta de 500 metros cuadrados, que según mediciones tiene una ocupación del 80% de la zona de trabajo con diferentes objetos que no son removidos por diferentes motivos.

La duración de la implementación es de octubre hasta noviembre del 2021, teniendo en cuenta cada etapa, comenzando con la fase de planificación y concientización que consiste en presentar y buscar la aprobación de la inserción de la herramienta en la empresa.

En la fase de planificación y concientización, se pide una reunión con gerencia y con los responsables del área para explicar los beneficios de la aplicación de la herramienta, los pasos que se seguirán en cada etapa y lo importante en cada una de ellas, mostrándoles el estado actual del espacio de trabajo, finalmente para medir el cumplimiento de la implementación se realizara una auditoria toda la zona donde se ejecutó la herramienta.

Se procede a la divulgación y capacitación de la metodología hacia todos los trabajadores que realizan el proceso corte, se le mostró los puntos crítico que hicieron fundamental la aplicación de la herramienta, la sensibilización que en las condiciones actual se está encontrando retrasos y dificultades para ejecutar correctamente la labor propia del proceso.

En esta primera etapa se cierra con la elección del comité de las 5S, que está conformado paritariamente, el supervisor de producción como jefe del comité, dos maquinistas y 3 colaboradores del área, con la finalidad de buscar una solidificación de ideas de mejora y análisis durante el ejercicio del trabajo. Se realizó una adecuada capacitación a los integrantes del comité asegurando la comprensión e importancia de la metodología y de su compromiso.

Se realizó el diagnóstico inicial de las 5S en la zona de trabajo, y se encontró variaciones en el cumplimiento de la herramienta, en el anexo N° 4 los resultados obtenidos de manera inicial de las 5S.

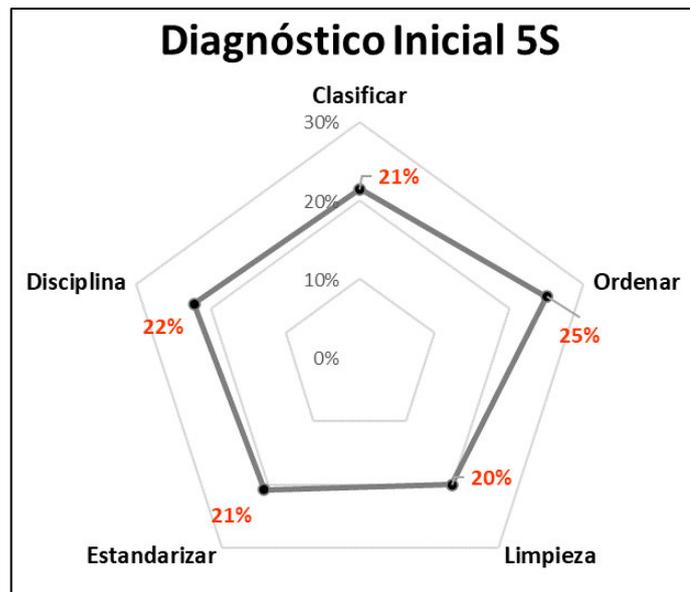


Figura 19. Diagnóstico inicial 5S

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultados de las 5S

5S	CALIFICACIÓN		Nivel de cumplimiento
	Esperada	Obtenida	
Clasificar	28	6	21%
Ordenar	28	7	25%
Limpiar	20	4	20%
Estandarizar	24	5	21%
Disciplina	20	4	22%
TOTAL	120	26	30%

Fuente: Elaboración propia

Se encuentra equipos innecesarios en la zona de trabajo, además de desechos que originan suciedad, sin criterio de separación según su tipo. Los trabajadores no tienen conocimiento de la ubicación de sus instrumentos de trabajo, lo cual originan retrasos en la búsqueda de los mismo. Se encuentra escaso espacio de almacenamiento para insumos en el área de trabajo que origina la mala ubicación de ellos.

En la organización y orden del área se encuentra que no se encuentran demarcados los espacios asignados a todo material, herramienta y equipo. No se encuentra botes de basuras clasificados de acuerdo al material desechado. Los almacenes o espacios de materiales no se encuentran debidamente identificados para su rápido alcance.

En cuanto a la limpieza el diagnóstico arrojó que se encuentra suciedad en el lugar de trabajo y máquinas, no se tiene iniciativa de limpieza por parte de los trabajadores a menos que se le indique hacerlo. No se encuentra una zona designada para los utensilios de limpieza y programa para la limpieza de cada lugar donde se ejecuta el proceso.

En la evaluación de la estandarización, se encontró que el personal no tiene el uniforme adecuado para el trabajo que realiza, a pesar que la empresa le ha designado una ropa adecuada para sus labores. No hay conocimiento y aplicación sobre temas de 5s.

En la última etapa evaluada, no se encuentra que se haya ejecutado ni realizado el seguimiento de la limpieza, clasificación de objetos innecesarios y organización en el área, no se encuentran evidencias de que exista una preocupación por parte de la jefatura y responsables del área sobre la importancia de las 5S.

En tabla 3, se puede observar los resultados cuantitativos obtenidos al evaluar por medio de las 5s el área de trabajo, esto servirá como línea base para una verificación futura del cumplimiento de dicha herramienta Lean y las mejoras que se puedan encontrar.

a) Aplicación del Seiri (Seleccionar)

Se procede con un registro fotográfico de la zona de trabajo, dando énfasis en los lugares donde se encuentra una mayor cantidad de objetos innecesarios o punto de mejora para la aplicación de la herramienta Lean.



Figura 20. Situación inicial - Seiri

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, se puede encontrar diferentes imágenes del estado inicial que se encuentra la zona de corte y que será punto de partida para la clasificación que realizará el personal con la utilización de las tarjetas rojas. Se procede a explicar a los colaboradores sobre la utilización de la tarjeta, su importancia y poder discernir los materiales, máquinas, herramientas o cualquier otro objeto que no deberían estar en la zona de trabajo.

TARJETA ROJA

Fecha de reporte: _____

Zona: _____

Reportado por: _____

Fecha de levantamiento: _____

Responsable de levantamiento: _____

Razón :

- Desecho
- Inecesario
- Defectuoso / Defectuoso
- Antiguo / obsoleto
- Extra
- Otros

Acción :

- Reubicar / Mover a otra zona
- Eliminar
- Acondicionar y mantener en la zona
- Cambiar

Figura 21. Tarjeta Roja

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 21, se puede observar la tarjeta roja que se emplea en la clasificación dentro de la zona de trabajo, dando cabida a que hay objetos que se pueden clasificar de desecho (inservible) para el área y otros que pueden ser direccionado a otro espacio lejos del lugar de trabajo.

b) Aplicación del Seiton (Organizar)

Todo objeto que ha sido clasificado como necesario e innecesario en el lugar de trabajo se debe organizar. Para este punto es importante tener en cuenta que su objetivo es darles un lugar a los objetos necesario en el área y poder con ello proceder a la demarcación del mismo.

El criterio para esta etapa es la correcta clasificación de los objetos necesarios y para ello se consultó a los responsables y personal involucrado en el proceso, para la correcta colocación de los mismo. Teniendo en cuenta su practicidad al identificar su ubicación y la rapidez para acceder a ellas.



Figura 22. Situación inicial del Seiton

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se puede observar los materiales que están clasificados, darle una ubicación y la demarcación correspondiente con el fin de que cada cosa tenga su lugar y cercanía al puesto de trabajo para evitar retrasos en la búsqueda de los mismos.

c) Aplicación del Seiso (Limpieza)

En la etapa de la limpieza, el personal recibe una charla sobre la importancia de la limpieza y lo que perjudica al ritmo de trabajo, el comité debe ser partícipe de la charla y el apoyo para el éxito de esta etapa.

Para el éxito de esta etapa se involucró a los altos y medios mandos, esto genera una motivación y compromiso por parte del personal operativo y con ello realizar el día de la gran limpieza. Esta dinámica consiste que un día no se tenga distinción por el puesto que tengas, todos deben participar en la limpieza de la zona donde se está implementando la herramienta para mejorar el acabado final del espacio de trabajo y la contribución significativa de todos los involucrados.



Figura 23. Situación inicial del Seiso

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se puede observar que se realizó la limpieza en el espacio de trabajo, y se dio importancia a mantener un espacio exclusivo para la continuidad del mismo, manteniendo un lugar impoluto o con condiciones básicas para la realización del trabajo.

d) Aplicación del Seiketsu (Estandarizar)

En esta etapa es fundamental tener la concientización de que las tres primeras “S” son de vital importancia, y establecer como una forma de trabajo a partir de ahora en el área, para ello es importante dar procedimientos, responsabilidades, el control y supervisión por parte de todo los involucrados.

Se formalizo que los días martes de cada semana, se realicen charlas al inicio de cada turno sobre puntos importantes de las 5S, tocar sobre mejoras por parte de los colaboradores, observaciones de cómo se está manejando la herramienta y reforzamiento de ello.

Para ayudar con el sostenimiento de la herramienta Lean, se estableció guías visuales o lecciones únicas de un punto (LUP), que consiste en lecciones que se deberían mantener como la limpieza, o ajuste de equipos, que ayudan de manera de recordatorio a los colaboradores. En la figura 23 se muestra el formato LUP que se manejará.

G - R02 - 3 Revisión 01		Lección de un punto	
Título:		Fecha:	
Área:	Lugar:	LUP N°:	
Departamento:	<input type="checkbox"/> Seguridad Calidad	<input type="checkbox"/> Mantenimiento Producción	<input type="checkbox"/> Procesos Medio Ambiente
Elaborada por:		Experto del tema:	
SITUACIÓN/PROBLEMA:			
DESVIACIÓN/CONSECUENCIA:		MEJORA/SOLUCIÓN:	

Figura 24. Formato de LUP

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en esta etapa se coloca estándares visuales sobre el estado correcto de la zona de trabajo, lugar donde se realiza el proceso, mapas y planos para las indicaciones de la vía de tránsito vehicular y peatonal, y las limitaciones entre estaciones de trabajo con almacenes pegado en los murales.

e) Aplicación del Shitsuke (Disciplina)

En esta etapa es principal poder asegurarse sobre la aplicación constante de la herramienta Lean, su perseverancia por parte de los responsables para la trasmisión hacia los colaboradores es clave. Seguir con un modelo de mejora continua ayudara a mitigar errores propios en la inserción de la herramienta en los puestos de trabajo.

En el anexo N° 5, se puede observar las políticas para el cumplimiento de las 5 S y el formato de auditoría que se utilizara para la verificación del cumplimiento de las 5S. La realización de las auditorias consiste en el cumplimiento de la herramienta, pero también en puntos de mejora para preservar el mejoramiento y constancia de todos los involucrados del trabajo.

4.2.2. Herramienta Andon

En este acápite se implementa la herramienta Andon para la disminución de los altos índices de defectos que se genera en el proceso de granalla. Se va a seguir 8 etapas para la implementación de la herramienta en el proceso.

Etapas I: Capacitar al colaborador en los principios, características, beneficios y prerrequisitos de la herramienta Andon en la organización.

Se realiza la capacitación sobre temas básicos de la herramienta Andon y su aplicación en el puesto de trabajo, el impacto que esto produce en la producción y calidad del producto. Explicar sobre los códigos de colores que utiliza, su aplicación en el proceso y sus elementos.

Como prerrequisito los responsables del área apoyan en la designación de lugares específicos que apoyen en la visibilidad desde toda la zona donde se ejecuta el proceso.

Etapas II: Establecer el alcance de la herramienta, en esta etapa se identifica cual será la zona de alcance del Andon, como se menciona en líneas arriba, el lugar donde implementa la herramienta es en la zona del proceso de granallado.

Etapas III: Redactar el objetivo general de la aplicación de la herramienta en término del proceso, el beneficio principal que se desea conseguir.

Dentro del objetivo que se busca obtener es “Detectar mediante herramientas visuales, los eventos anormales en el proceso de granallado,

con el fin de generar menores tiempo de repuesta y una disminución en las piezas defectuosas en la línea de producción”.

En los beneficios que se encuentran al aplicar en el proceso de granallado la herramienta Andon es: “Poder identificar piezas con anomalías y con ello evitar que continúen hasta el proceso contiguo que es pintado”.

Etapa IV: Mostrar las situaciones anormales dentro del proceso analizado.

Con la ayuda de la herramienta poder identificar rápidamente las situaciones anormales y ayude a la solución pronta del mismo y una disminución en el tiempo de respuesta en identificarlas. En la tabla 4 se menciona las diferentes situaciones anormales que puede presentar el proceso de granalla.

Tabla 4. Situaciones anormales en el proceso de granallado

Proceso	Situaciones anormales			
Granallado	Máquina Averiada	Ausencia de materiales	Espera por cambio de producto	Salida de producto defectuoso

Fuente: Elaboración propia

Identificados las situaciones anormales posibles en el proceso, se debe realizar la relación con cada código de colores que corresponde la siguiente etapa de la aplicación de la herramienta.

Etapa V: Relación de colores asignado para cada situación anormales y normales en la estación del trabajo.

En la tabla 5 se puede observar los códigos de colores utilizados de acuerdo a cada tipo de situación anormal y normal presente en el proceso tomado.

Tabla 5. Código de colores para la señal Andon

Color / Luz	Tipo de situación
	Máquina averiada
	Producto defectuoso

	Falta de material
	Espera por cambio de producto
Blanco	Fin de la lista de producción
No luz	Proceso operando normalmente

Fuente: Elaboración propia

Lo relevante a tomar a consideración, es que cada código presenta una situación específica en el proceso, es por ello que los colaboradores al observar la señal puedan responder con premura ante las situaciones anormales que ocurran, para superar la condición anormal del trabajo y restablecer la normalidad del mismo.

Etapas VI: Establecer el proceso o área de trabajo que contarán con indicadores luminosos para indicar las condiciones de trabajo.

En etapas anteriores se determinó el proceso de granallado para la implementación de la herramienta, además se muestra el diseño del dispositivo que servirá como indicador luminoso ante las situaciones normales y anormales en el proceso. En la figura 24 se tiene el diseño del dispositivo que servirá para la inserción en el proceso de granallado.

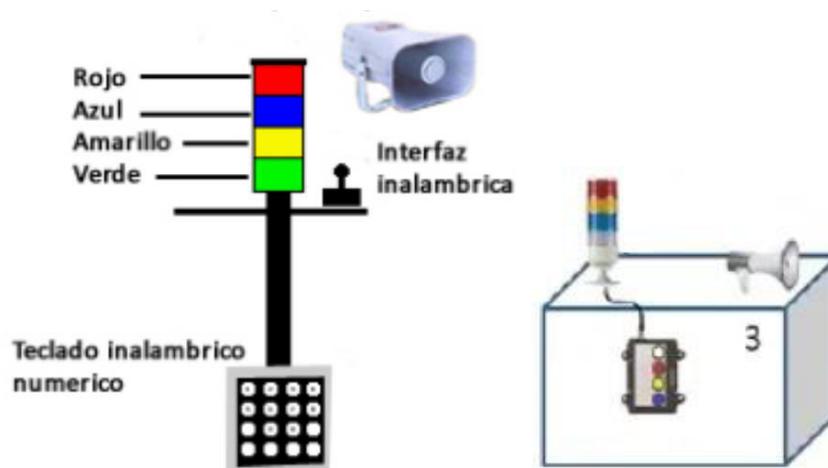


Figura 25. Dispositivo Andon
Fuente: Elaboración propia

Etapas VII: Medición de la frecuencia y tiempo de repuesta frente a situaciones anormales.

Se toma una muestra de 30 días para el monitoreo de la atención por parte de colaboradores del área, antes situaciones anormales que se presenta

en el proceso de granallado. En la tabla 6 se observa las frecuencia y tiempos de cada situación anormal que se presentó en el periodo tomado.

Tabla 6. Frecuencia y tiempo de repuesta en situaciones anormales

Tipo de situación	Número de veces que se presento	Tiempo promedio de respuesta sin Andon (min)	Tiempo promedio de respuesta con Andon (min)
Máquina averiada	10	16	8
Producto defectuoso	15	20	9
Falta de material	9	15	7
Espera por cambio de producto	6	19	9

Fuente: Elaboración propia

En la comparación de los resultados obtenidos, se puede observar una mejora en el tiempo de respuesta que da el personal responsable ante situaciones anormales en el proceso y con ello poder reducir los fallos originado en el producto originados por el proceso.

Etapa VIII: Monitoreo de las metas alcanzadas.

Los grupos de colaboradores para asegurar y mantener su compromiso con la aplicación de la herramienta y el conocimiento de los resultados de mejoría que se produce en los periodos cortos de tiempo, se elabora un mural exclusivamente para monitorear temas como seguridad (accidentes), calidad (defectos alcanzados en el proceso), entrega (retrasos de entrega por parte del proceso), costo e inventario.

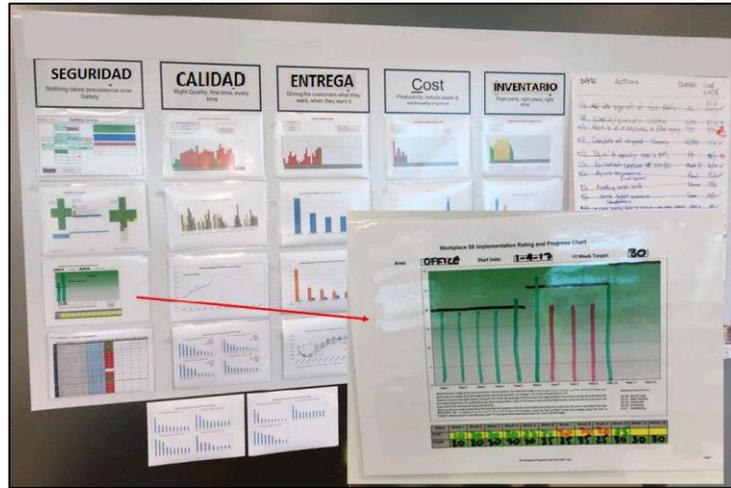


Figura 26. Mural de indicadores

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se observa el mural construido y que se seguirá para el establecimiento del monitoreo de las mejoras logradas producto de la implementación de la herramienta, se adiciona las políticas para el cumplimiento y mantenimiento de la herramienta como se observa en el anexo N° 5.

4.2.3. Tiempo estándar

Se utiliza el proceso de pintura para la medición del tiempo de dicho trabajo, cabe resaltar que se utilizará una medición por cronometraje con la técnica vuelta a cero y el producto que se toma como referencia para la medición es la carpa de campo estándar, además, tomando como referencia todos los elementos propios del proceso para la determinación del tiempo estándar.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS			
Proceso:	Pintado	Elaborado por:	Jose Andres Bravo Fernandez
Área:	Producción	Fecha:	23/11/2021
Método:	Actual		

ITEM	Descripción	Símbolos						Tiempo (min)	Distancia (mts)	Obsevaciones
		○	➡	D	□	▽	⊗			
1	Stand de piezas granallada	○	➡	D	□	▽	⊗	0.8		
2	Traslado de piezas a la cabina de pintura	○	➡	D	□	▽	⊗	1.52	1	
3	Pintado de primera capa de pintura	○	➡	D	□	▽	⊗	4.4		
4	Pintado de ultima capa de pintura	○	➡	D	□	▽	⊗	5.1		
5	Revisión de lados de la pieza	○	➡	D	□	▽	⊗	1.9		
6	Desplazamiento de piezas a zona de secado	○	➡	D	□	▽	⊗	2	1.5	
7	Revisión de imperfecciones en el pintado	○	➡	D	□	▽	⊗	3.1		Busqueda de grumos o alguna imperfección en la pieza
8	Secado de piezas	○	➡	D	□	▽	⊗	7.9		El operario espera a que se sequen las piezas.
9	Retiro a bandejas de PT	○	➡	D	□	▽	⊗	1.98		
10	Traslado a zona de embalado	○	➡	D	□	▽	⊗	2.43	2	
11	Almacen de piezas pintadas	○	➡	D	□	▽	⊗	0.8		

RESUMEN			
Operaciones	Símbolos	Cantidad	Tiempo
Operación	○	3	11.48
Transporte	➡	3	5.95
Demora	D	1	7.9
Inspección	□	2	5
Almacen	▽	2	1.6
Operación - Inspección	⊗	0	0
TOTAL		11	31.93

Figura 27. DAP – Carpa de campo estándar

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27 se realiza la construcción del DAP (diagrama de análisis del proceso) del producto que se está trabajando en el proceso de pintura para la implementación del tiempo estándar. Seguidamente teniendo claro los elementos propios que intervienen, se procede en el número de muestra para el inicio de la implementación.

El número de observaciones tomadas será de 15, se verificó con la fórmula de N (número de observaciones) y se encontró que es suficiente cantidad para la muestra, por ello se tiene el registro de los tiempos tomados en cada elemento del proceso en estudio. En el anexo N° 7 se puede observar los tiempos observados obtenidos hasta el cálculo del tiempo promedio de cada elemento del proceso.

Se realizó la valoración del ritmo de trabajo que efectúa el trabajador en condiciones normales en su puesto de trabajo y se obtiene los siguientes puntajes para cada factor por el sistema Westinghouse.

Habilidad: El trabajador tomado para el estudio cuenta con 5 años de experiencia en la ejecución del trabajo, siguiendo el criterio objetivo del analista se procede a valorar el puntaje correspondiente, obteniendo un indicador “promedio” que según el sistema Westinghouse es “D” y le sigue su porcentaje de 0.00.

Esfuerzo: El trabajo realizado por el colaborador a menudo incrementa su esfuerzo y es por ello que se le da una calificación “bueno” que según el sistema Westinghouse es “D” y el porcentaje que le corresponde 0.00.

Condiciones: La empresa metalmecánica en estudio presenta más de 25 años en el mercado y según la calificación dada es “aceptables” y según el sistema Westinghouse es “E” y el porcentaje que le corresponde -0.02.

Consistencia: En la organización no se ha registrado implementaciones del cálculo del tiempo estándar en sus procesos, no hay una búsqueda de la claridad de los datos manejados y según ello se da una calificación “aceptable” y según el sistema Westinghouse es “E” y el porcentaje que le corresponde -0.02.

Al término de la valoración del ritmo de trabajo por el sistema Westinghouse nos da como suma de porcentaje 96%, que se utilizara para el cálculo del tiempo normal de cada elemento.

Se procede con el análisis de los suplementos que afectan las condiciones normales en el trabajo que se realiza, para ello se va a considerar

holguras constantes y variables. En el anexo N° 7 se puede observar la lista de todos los suplementos de acuerdo a su categoría.

Holguras constantes: Las necesidades personales y el trabajo repetitivo que genera a la fatiga, se considera un 5% y 4% respectivamente.

Holguras variables: Se considera el estar de pie en el trabajo que da 2%, el peso que carga que da un 3%, la atención cercana al acabado de la pintura genera una holgura de 2%, el nivel de ruido es de 2%, el esfuerzo mental que se genera da 1%, la monotonía que se produce genera un 1% y finalmente el tedio que da un 2%.

Sumando los porcentajes de holgura de cada tipo se encuentra un total de 22%, que será añadido al tiempo normal para el resultado del tiempo estándar de cada elemento y posterior al proceso.

Tabla 7. Tiempo estándar por elemento de trabajo

Elementos	TP	CA	TN	S %	TE
Traslado de piezas a la cabina de pintura	1.32	96%	1.26	22%	1.54
Pintado de primera capa de pintura	3.84	96%	3.69	22%	4.5
Pintado de última capa de pintura	4.94	96%	4.74	22%	5.78
Revisión de lados de la pieza	2.19	96%	2.11	22%	2.57
Desplazamiento de piezas a zona de secado	1.97	96%	1.89	22%	2.31
Revisión de imperfecciones en el pintado	2.98	96%	2.86	22%	3.49
Secado del producto	7.15	96%	6.87	22%	8.38
Retiro a bandejas de PT	1.79	96%	1.72	22%	2.09
Traslado a zona de embalado	2.28	96%	2.19	22%	2.67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar los tiempos promedio (TP), la calificación o ritmo de trabajo (CA), el tiempo normal (TN), los suplementos (S%) y el tiempo estándar (TE) que sería el resultado del tiempo real de cada elemento del proceso. En la suma de todos los tiempos de cada elemento podemos obtener el tiempo estándar del proceso que sería 33.3 minutos.

El mantenimiento y preservación del tiempo estándar determinado, es necesario mantener las secuencias de trabajo establecido, se propone charlas a los colaboradores para respetar la secuencia de trabajo y tiempo de ejecución, de la misma forma a los supervisores, el cumplimiento del mismo.

4.3. Presentación de resultados

En este apartado se muestra los resultados obtenidos de las diferentes herramientas Lean implementada en la empresa metalmecánica en estudio y posteriormente su análisis de las mismas.

4.3.1. Resultados de la 5S

Partiendo del resultado inicial obtenido en la evaluación de las 5S y la implementación de la herramienta Lean, se realizó 3 evaluaciones mediante la utilización del formato de auditoria mostrado en el anexo N° 5, los periodos evaluados fueron abril, junio y setiembre del 2022. En la tabla N°9 se observa los resultados obtenidos de los diferentes periodos.

Tabla 8. Resultados de la evaluación de las 5S

Etapa	Puntaje Inicial	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Clasificar	21%	43%	50%	58%
Ordenar	25%	50%	56%	64%
Limpieza	20%	40%	48%	56%
Estandarizar	21%	42%	50%	58%
Disciplina	22%	44%	49%	57%
TOTAL	26	52	60	75

Fuente: Elaboración propia

En los resultados obtenidos, de la tabla 8, se observa una mejora en lo que es clasificar de 21% hasta un 58% de cumplimiento en el último periodo evaluado, se mantiene un lugar libre de objetos innecesarios y con ello el despeje del lugar de trabajo para una mejor localización de instrumentos y herramientas de trabajo.

En cuanto a organizar, se ve una mejora de hasta 64% en comparación de un cumplimiento del 25% que inicialmente arrojó el diagnóstico. Se tiene áreas con señalizaciones, rotulaciones y demarcaciones para una rápida

ubicación de los equipos, herramientas y el apoyo para mantenimiento del cumplimiento de esta etapa. En la figura 27 se muestra los resultados obtenidos en la aplicación de organizar.



Figura 28. Resultado del Seiton.

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de limpieza, se ha obtenido una mejora de hasta 56% con un crecimiento significativo en cada periodo tomado como muestra. La zona de corte se mantienen una limpieza y concientización que en la ausencia de ello genera problemas en las máquina y retrasos en los trabajos ejecutado por el área. En la figura 29 se observa los resultados obtenidos en la etapa de la limpieza.



Figura 29. Resultado del Seiso.

Fuente: Elaboración propia

En los resultados generales de la auditoria, se da un incremento considerable en el cumplimiento de cada etapa de la herramienta, en la tabla 9 se observa el crecimiento que ha arrojado las auditorias en los 3 periodos tomados.

Tabla 9. Resultados de la evaluación de las 5S

Periodo	Resultados de auditoria 5S
Inicial	26
1	52
2	60
3	75

Fuente: Elaboración propia

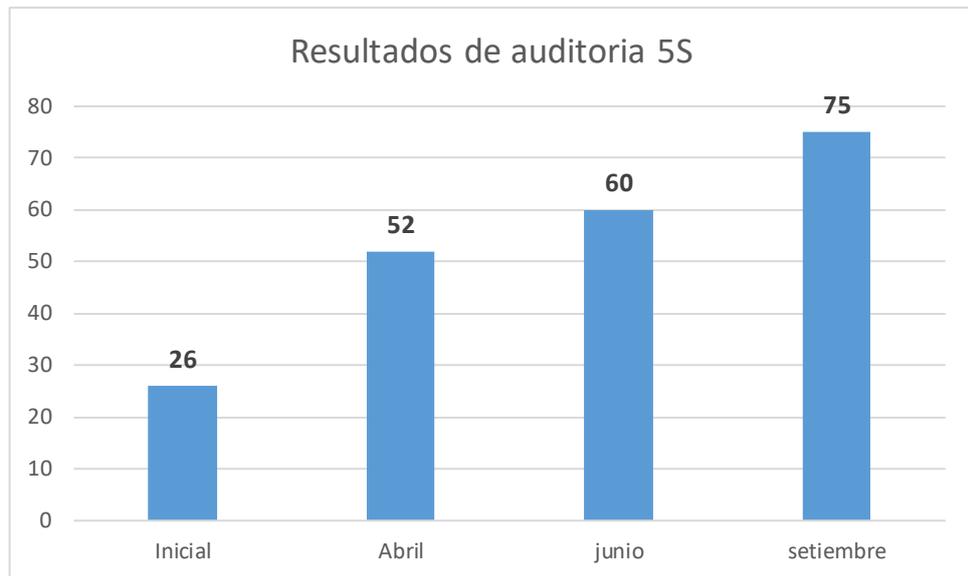


Figura 30. Resultado del Shitsuke.

Fuente: Elaboración propia

Estas mejoras obtenidas han logrado repercutir en los puestos de trabajo y en su ejecución, el clima laboral en la zona de implementación presenta una mejoría, ya que las quejas y/o conflictos por pérdida de material o retrasos por la ubicación del mismo se han disminuido, impactando en la productividad del personal y dando una reducción del 40% del espacio ocupado por diferentes objetos innecesarios y desorganización del área.

4.3.2. Resultado del Andon

Los resultados obtenidos posterior a la implementación de la herramienta Andon corresponde a los periodos de abril, junio y setiembre del 2022, que se busca poder obtener como los indicadores visuales impactaron en la detención de situaciones anormales en la ejecución del trabajo.

Tabla 10. Resultados de la evaluación de las 5S

Tipo de situación	Periodo inicial (min)	Periodo inicial 1	Periodo inicial 2	Periodo inicial 3
Máquina averiada	8	8	7	7
Producto defectuoso	9	8	7	7
Falta de material	7	7	6	6
Espera por cambio de producto	9	8	9	7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa los resultados obtenidos en los 3 periodos evaluados, tomando como referencia el tiempo en minutos que toma detectar: una máquina averiada, producto defectuoso, falta de material y espera por cambio de producto.

Se nota una mejoraría de hasta 12% en la reducción del tiempo de detección de la máquina averiada, una reducción del 22% en cuanto a detección de productos defectuosos, una mejora de 16% en el tiempo de intervención por falta de material y reducción del 22% en el tiempo de espera por cambio de producto.

4.3.3. Resultado de la productividad

Se toma las mediciones de un periodo de 6 meses posterior a la implementación de las herramientas Lean (5s, Andon y tiempo estándar), divididos en semanas, dando como resultado una toma de 25 semanas para la comparación final de los resultados luego de la implementación con los datos recopilados inicialmente. Se toma la muestra desde el mes de abril hasta setiembre del 2022.

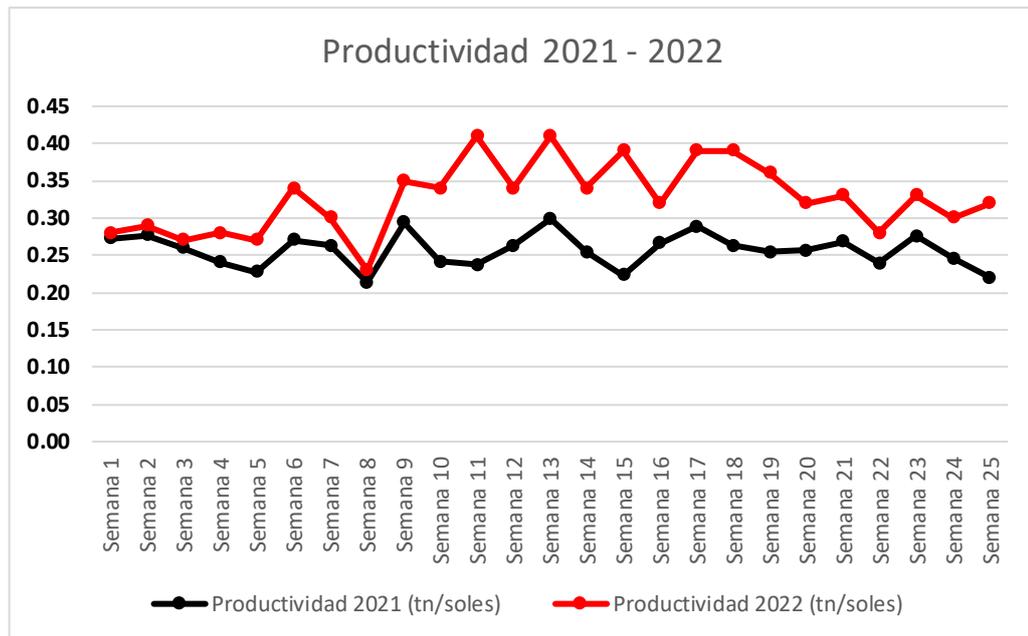


Figura 31. Productividad 2021 - 2022.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se muestra la comparación de cada periodo tomado por semana de la productividad inicial y post implementación, arrojando un incremento en la productividad final, esto debido a las implementaciones realizadas en las áreas claves (corte, granalla y pintura), arrojando aumentos de productividad de hasta un 60% aproximadamente.

4.3.4. Resultado del costo de fabricación

Posterior a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, se toma una muestra de 25 semanas del periodo de abril hasta setiembre del 2022.



Figura 32. Costo de fabricación 2021 - 2022.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32, se observa una disminución de los costos de fabricación en el periodo 2022, dando una reducción de los costos de hasta 6%, posterior a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing.

4.3.5. Resultado del mapa de flujo de valor

En la figura 32 se observa el VSM futuro, posterior a la implementación de las herramientas Lean: 5s, Andon y tiempo estándar en los procesos de corte, granalla y pintura respectivamente, se construye un VSM futuro con las mejoras obtenidas tomando como referencia la figura 16 y mostrando punto de partida para futuras mejoras partiendo de esta.

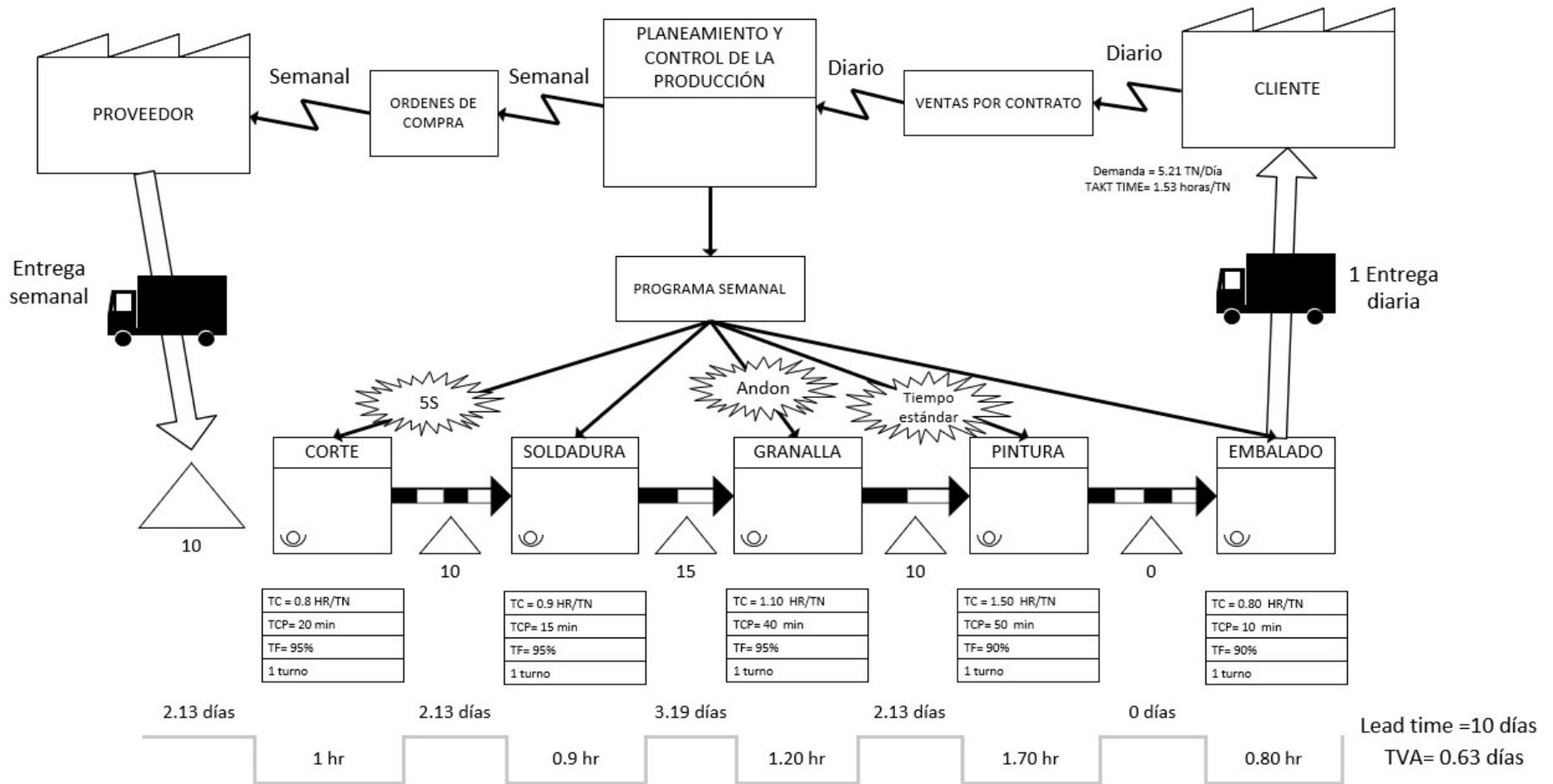


Figura 33. VSM futuro.

Fuente: Elaboración propia

Se puede encontrar una mejora de 0.63 días de tiempo de valor en comparación con el inicio de 0.7 días, teniendo una mejora del 10% en el flujo de valor de la empresa en estudio. El Lead Time se reduce de 19 días hasta 10 días, esto impacta en las entregas de pedidos hacia los clientes, mejorando la confiabilidad y adaptabilidad de la organización.

4.4. Contrastación de hipótesis

4.4.1. Prueba de hipótesis

Teniendo la estructura del planteamiento de la hipótesis y los datos de la productividad en el periodo 2021 y 2022, se realiza la evaluación de la prueba de análisis de varianzas con un factor (ANOVA), utilizándose el programa Minitab.

El primer paso es determinar que los datos tomados en el anexo N° 8 de los resultados de productividad presenta normalidad, para ello se realiza la prueba y los resultados obtenidos se adjunta en el anexo N° 9, obteniendo como resultado para el periodo 2021 un p valor mayor que 0.05, y para el 2022 un p valor 0.455, por ende, ambas muestras presentan normalidad.

En el segundo paso, se plantea la hipótesis nula y alterna del trabajo de investigación para las evaluaciones propia de la prueba.

Ho: Mediante la propuesta de utilizar herramientas Lean Manufacturing no se logra la mejora de la productividad en una empresa metalmeccánica.

Ha: Mediante la propuesta de utilizar herramientas Lean Manufacturing se logra la mejora de la productividad en una empresa metalmeccánica.

4.4.2. Prueba de análisis de varianza (ANOVA)

Se realiza la prueba de análisis de varianza con un solo factor y se toma los datos del periodo 2021 y 2022 de la productividad obtenida. Utilizando un nivel de significancia de 5% para la realización de la prueba.

Tabla 11. Resultados de análisis de varianza

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Periodo	1	0.06204	0.062037	45.28	0
Error	48	0.06576	0.00137		
Total	49	0.12779			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resultados del modelo

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
0.0370125	48.54%	47.47%	44.17%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultados de medias

Medias				
Periodo	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	25	0.25675	0.02259	(0.24187, 0.27164)
2	25	0.3272	0.04722	(0.31232, 0.34208)

Desv.Est. agrupada = 0.0370125

Fuente: Elaboración propia

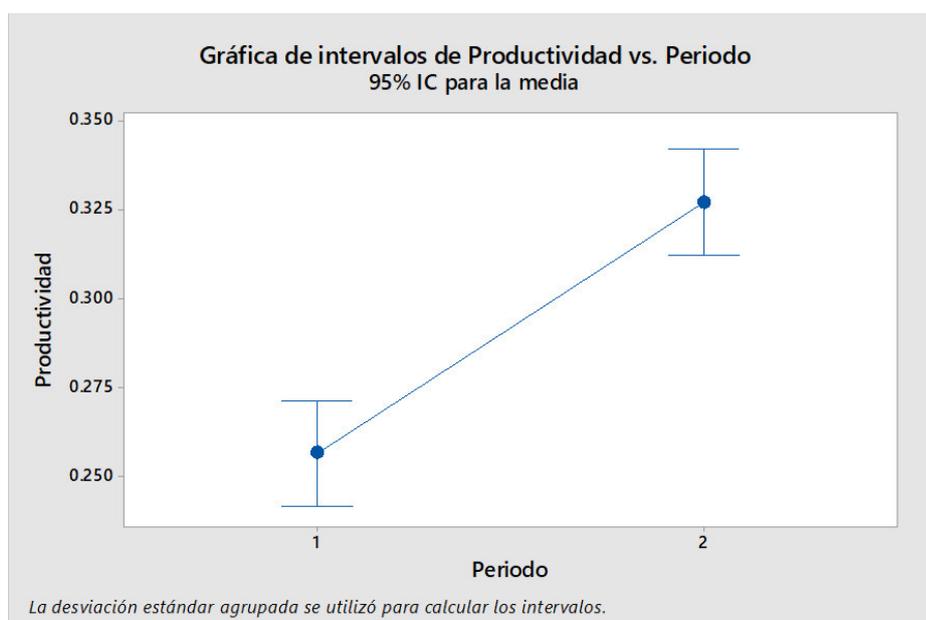


Figura 34. Grafica de intervalos

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Resultado de la prueba de análisis de varianza

De acuerdo a la prueba de Fisher y los datos de resultado de la tabla 11 se observa que el valor F es mayor al valor p , por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. Por lo tanto, la propuesta de utilizar herramientas Lean Manufacturing si logra la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica.

CONCLUSIONES

- Se mejora las condiciones de trabajo por medio de la aplicación de las 5S, consiguiendo resultados de mejoramiento en más de 21% en cuanto a clasificación de objetos innecesario, en un 44% de mejora en mantener un lugar de trabajo ordenado, además manteniendo una mejora de hasta 30% en el mantenimiento de la limpieza en la zona de corte.
- La implementación de las 5 S, da un impacto positivo en la reducción del espacio de trabajo del área de corte, reduciendo de un 80% a 40% de la ocupación de la zona de trabajo, debido a la reducción de objetos innecesarios ocupados en el área que ocasionaban dificultades en el desplazamiento.
- Se logra una mejora en la estandarización de los tiempos que no estaban estandarizado en el proceso de pintura, por la implementación del tiempo estándar, repercutiendo en el tiempo de procesamiento llegando a procesar realmente una tonelada en 1,50 horas, esto llegando afectar el trabajo que origina el cuello de botella en el flujo de trabajo, impactando en la productividad del área.
- La aplicación y cálculo del tiempo estándar, mejora la planificación de la producción y sincera los tiempos de entrega de pedidos, el mantenimiento consta de poder brindar charlas a los colaboradores con una frecuencia semana (Los días lunes de cada semana), recordándoles sobre la secuencia de trabajo y los tiempos de ejecución de los mismo.
- Mediante la aplicación de la herramienta Andon, se logró la mejora del tiempo de detención de diferentes eventos anormales en la ejecución del proceso de granalla, que inicialmente daba un total de 33 minutos y luego de la implementación dieron resultados de una disminución de hasta 19% en dichos tiempos, esto ayuda a la corrección de fallos en la calidad y reprocesos en el proceso que originaban altos costos y repercutían en la productividad del área.

- Las diferentes causas que ocasionaban una baja productividad en el área de producción en la empresa en estudio, se vieron afectados con la implementación de las herramientas Lean (5S, Andon y tiempo estándar) impactando en una productividad inicial promedio de 0.26 toneladas/soles a una mejora de 0.33 toneladas/soles, dando resultados significativos en el incremento de la productividad.
- La mejora de la productividad impacta directamente en la eficiencia del área y ayuda al Lead Time de la empresa, como se pudo observar en el mapa del flujo de valor, obteniendo un tiempo inicial de 19 días y un tiempo de valor 0.7 días, posterior a la mejora se logra una reducción a 10 días con un tiempo de valor de 0.63 días, mostrando el efecto de las implementaciones realizadas en la organización.
- La implementación de las herramientas Lean Manufacturing, han logrado la reducción de los costos de fabricación en la empresa metalmecánica, reflejando una disminución de hasta 6% que equivale a un ahorro de 20 mil soles, impactando a la productividad y rentabilidad de la organización.
- Se realizó una prueba de hipótesis utilizando el análisis de varianza tomando un solo factor, para evaluar el impacto que tuvo las implementaciones de las herramientas Lean, dando un p valor menor que el valor de Fisher de 45,28, indicando un rechazo en la hipótesis nula y aceptando la alterna, que indica que sí hubo un impacto y mejoramiento en la productividad del área en la empresa en estudio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda insertar un programa de capacitación diario de diferentes temas que pueden contener: la importancia de las 5S y puntos de mejoras del mismo, así mismo, tocar los diferentes indicadores visuales implementados en el proceso de granalla y su retroalimentación, para su conservación y mejoramiento constante, por último, sobre la importancia de la estandarización en el trabajo y evitar con ello la improvisación por parte del personal operativo.
- La participación e imagen que originan la involucración de los niveles más alto del área es clave para la permanencia de las mejoras, y es un punto de partida para la continuidad del mejoramiento continuo del área y de la organización para la búsqueda de la competitividad y sostenimiento en el mercado donde ejerce.
- Para poder reforzar la conservación de la aplicación del tiempo estándar en el área de corte, es recomendable establecer manual, procedimientos e instructivos de las diferentes actividades y tareas que se ejecuten en el proceso.
- Se recomienda la búsqueda de más causas que originan la baja productividad en el área, debido a que, en el presente trabajo de investigación, solo se tomó las más relevantes, que posterior a su mitigación o reducción, las no tomadas pueden ocasionar un impacto significativo en el área, debido a su falta de análisis luego del mejoramiento alcanzado.
- Es recomendable una alineación de los objetivos estratégicos del área con los indicadores que se utilicen en el área de producción para generar más ideas de mejoramiento y tomar a considerar la inserción de otras herramientas Lean que pueden llevar a la empresa en la reducción de sus costos y generar una ventaja competitiva.

- Se recomienda un monitoreo constante de los indicadores establecidos producto de la implementación de las herramientas Lean, ya que el aseguramiento es clave para lograr resultados de alto impacto en un largo plazo o generar que se revierta las mejoras alcanzadas, ocasionando un impacto negativo mayor en la organización.
- Se recomienda evaluar la posibilidad de implementar la herramienta de mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en ingles), ya que dentro del análisis alcanzado en el presente trabajo de investigación se encontró diferentes problemas que están ocasionando por una mala gestión del mantenimiento, esta herramienta se complementaría enormemente con las 5S, debido a que el primer paso para el TPM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta Posada, J. G. (2007). *Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo*. Tecnura, 11.
- Arroyo Paredes, N. A. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Bermejo Díaz, J. L. (2019). *Lean Manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas. (Tesis de Grado)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Cardona Rendón, R. (2020). *Diseño de una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la Cadena de Abastecimiento del sector textil confecciones de la ciudad de Medellín. Tesis de maestría*. Universidad EAN, Bogotá, Colombia.
- Contreras Ortiz, N., Huertas Camacho, J. J., & Portugal Carrera, A. A. (2018). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar productividad en planta de producción de galletas. (Tesis de Maestría)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Córdoba Aparicio, F. D., & Bonilla Mallungo, K. (2019). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing e industria 4.0 para minimizar desperdicios en la empresa Cilindros Company S.A.S. (Tesis de grado)*. Universidad cooperativa de colombia, Neiva, Colombia.
- Córdova Rojas, F. P. (2012). *Mejoras en el proceso de fabricación Spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta. (Tesis de grado)*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Echeverry Sánchez, C. C., & Guzmán Ñañez, J. A. (2020). *Plan de mejoramiento de la productividad para la línea de producción de la plaqueta prefabricada mediante herramientas Lean Manufacturing en la empresa prefabricasa del Cauca. (Tesis de Grado)*. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.
- Gaibort González, G. D. (2017). *Mejora de la productividad con herramientas de manufactura esbelta para el área de confección de bividis en la*

- empresa M&B Textiles. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.*
- García. (2005). *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw Hill.
- García, A. (2011). *Productividad y reducción de costos: Para la pequeña y mediana industria* (2a ed.). México: Trillas.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid, España: Edit. Escuela de Organización Industrial.
- Huaman Marcelo, R. M. (2017). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de fabricación de piezas estructurales en la empresa Resemin S.A. (Tesis de Grado)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Madariaga Neto, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España: Editorial Budok.
- Massaki, I. (2013). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa*. México, México: Patria.
- Muñoz Reyes, K. A. (2017). *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de Control de Calidad de la empresa Maderas Arauco. (Tesis de grado)*. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). *Performance measurement system design. International Journal of Operations & Production Management*, 80-116.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Reyes Perfecto, H. (2021). *Propuesta de mejora de los procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa - Perú aplicando la metodología Lean Manufacturing. (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Sarria Yépez, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C. (2017). *Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. EAN*, 51-71.

- Shigeo, S. (1995). *Una Revolución en la producción: El sistema SMED*. Madrid, España: Neptuno.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. Barcelona, España: Marge books.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2016). *Sistema 5S's: Guía de implementación*. México: Editorial Limusa.

Anexo N° 1. Datos iniciales de productividad

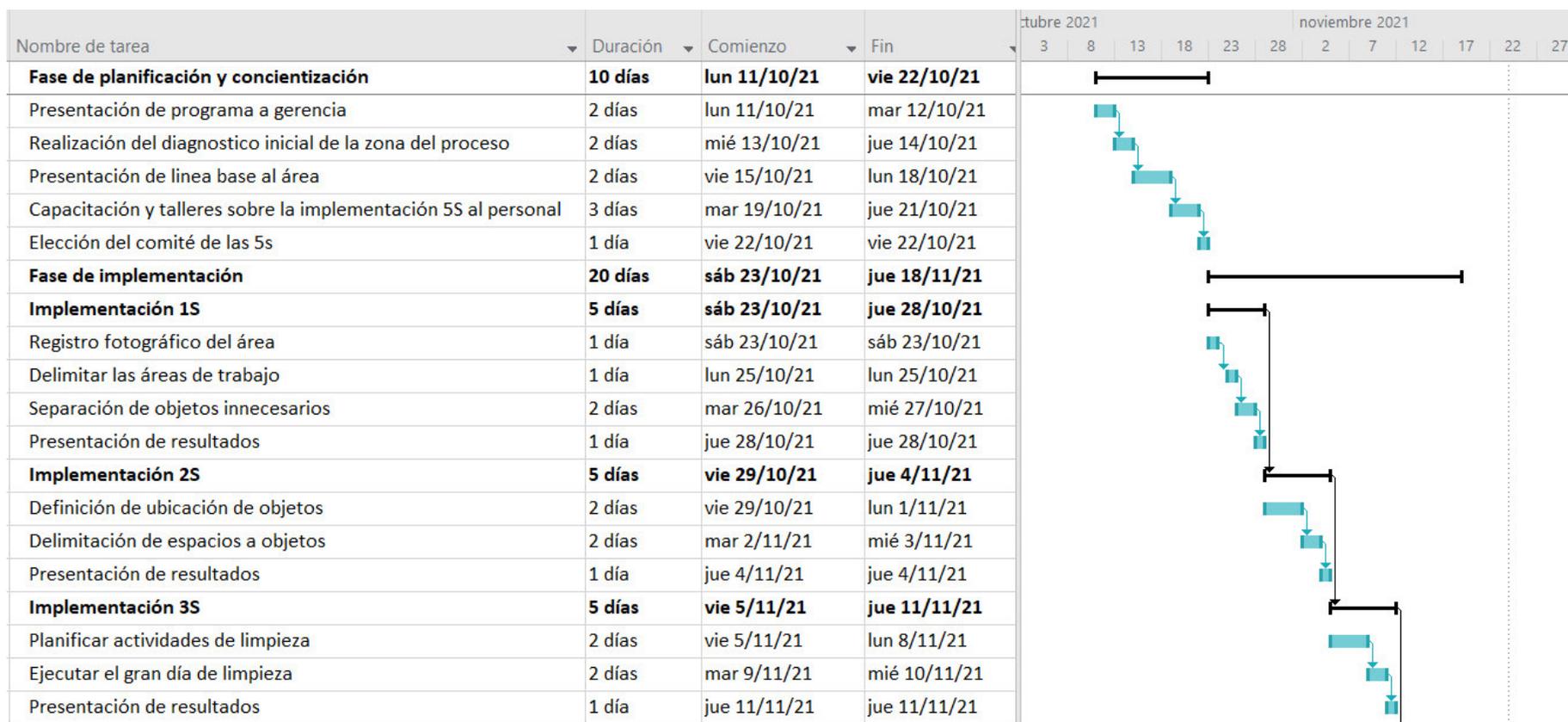
Fecha	Semanas	Productividad 2021 (tn/soles)
Abril	Semana 1	0.27
	Semana 2	0.28
	Semana 3	0.26
	Semana 4	0.24
Mayo	Semana 5	0.23
	Semana 6	0.27
	Semana 7	0.26
	Semana 8	0.21
Junio	Semana 9	0.29
	Semana 10	0.24
	Semana 11	0.24
	Semana 12	0.26
	Semana 13	0.30
Julio	Semana 14	0.25
	Semana 15	0.22
	Semana 16	0.27
	Semana 17	0.29
Agosto	Semana 18	0.26
	Semana 19	0.25
	Semana 20	0.26

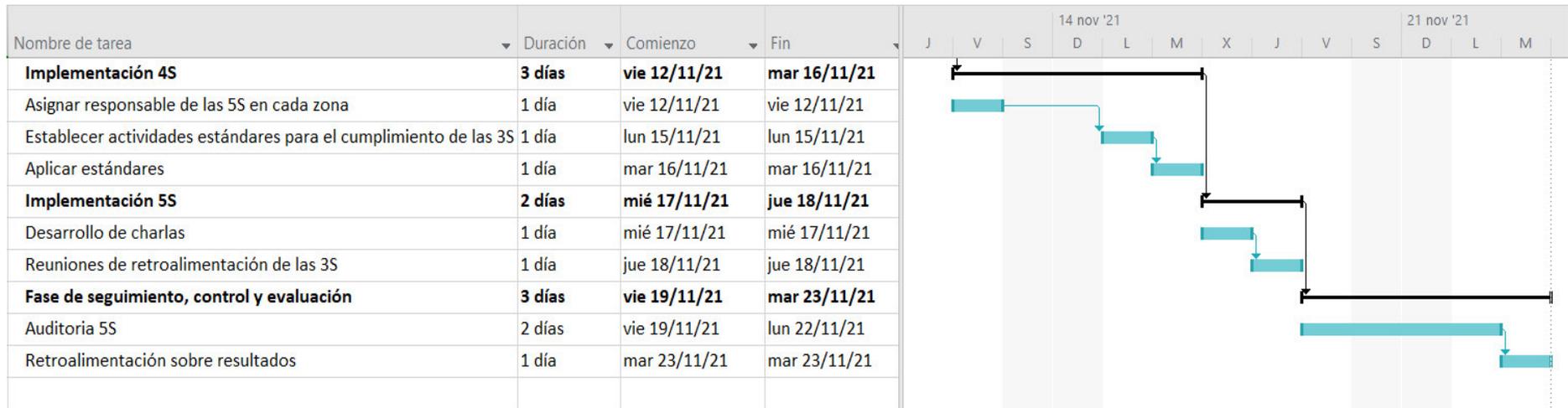
	Semana 21	0.27
Setiembre	Semana 22	0.24
	Semana 23	0.28
	Semana 24	0.25
	Semana 25	0.22

Anexo N° 2. Registro de causas y frecuencias

Causas	FRECUENCIA
Inadecuado orden y limpieza	52
Falta de procedimiento de limpieza en la zona de trabajo	45
Tiempos no estandarizados	42
Fala de organización en el área	38
Retrasos en la corrección de fallas en los productos	30
Falta de limpieza en las máquinas	14
Falta de capacitación del personal	10
Desmotivación del personal	8
Dificultad para la ubicación de los materiales	9
Pedidos de materiales no asignados a un responsable	7
Paradas por falta de materiales	7
Retrasos en las entregas de los pedidos	6

Anexo N° 3. Cronograma de aplicación 5S





Anexo N° 4. Diagnóstico de las 5S

FICHA DE EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA 5S						
Ubicación:	Zona de corte	Fecha:	13/10/2021			
S	Criterios de evaluación	Calificación				
		0	1	2	3	4
Clasificación	No existen elementos o equipos innecesarios en el área de trabajo.	x				
	Los desechos son separados según su tipo.		x			
	Las herramientas de trabajo y limpieza cuentan con un lugar dedicado a su almacenaje.	x				
	Los operarios cuentan con elementos de mayor uso a su alcance inmediato.		x			
	Los puestos de trabajo cuentan solamente con los materiales requeridos.		x			
	No hay presencia de objetos obsoletos o dañados en el área de trabajo.			x		
	Existen espacios de almacenamiento para insumos en el área de trabajo.		x			
Puntaje:		6				21.43%
Ordenar	Los puestos de trabajo se encuentran debidamente identificados.		x			
	Existe señalización en área (entrada, salida y demarcaciones).			x		
	No hay objetos como cajas y otros que obstaculicen el tránsito del personal.			x		
	Los botes de basura están en el lugar designado para éstos.	x				
	Existe un facil acceso a todos los materiales cuando son requeridos.		x			
	Los almacenes cuentan con señalización para identificar el lugar de cada cosa.		x			
	Todas las identificaciones en los estantes para materiales están actualizadas y se respetan.		x			
Puntaje:		7				25.00%
Limpieza	Los puestos de trabajo se encuentran limpios de polvo y tierra.		x			
	Las máquinas no presentan suciedad de grasas, aceites y/o pinturas.	x				
	En los pasillos o vías no hay restos de basuras o metales.		x			
	Las herramientas de trabajo se encuentra limpias.		x			
		Estantes y cajones se encuentran limpios en su exterior e interior.		x		
Puntaje:		4				20.00%
Estandarizar	Todos los contenedores se encuentran señalizados según su proposito.		x			
	El personal usa la vestimenta adecuada para la realización de sus labores.			x		
	En el área se pueden encontrar guías visuales sobre el orden y la limpieza.		x			
	Se cuenta con su programa de limpieza.		x			
	Existen en el área de trabajo instructivos o guías de la correcta ejecución de las labores.	x				
	El personal cuenta con capacitación en metodología 5S.	x				
Puntaje:		5				20.83%
Disciplina	El programa de limpieza se ejecutan según lo establecido.		x			
	Se audita el cumplimiento de la metodología 5S.		x			
	Se mantiene y se hace seguimiento a los indicadores de las 5S.		x			
	El compromiso del personal se verifica en el cumplimiento de los procedimientos.	x				
		El personal demuestra el conocimiento de cada de las etapas de las 5S.		x		
Puntaje:		4				22.22%
Puntaje total:		26				
Calificación final:		21.67%				

Guía de calificación	
< 30%	Incumplimiento
30% al 60%	Cumplimiento bajo
60% al 80%	Cumplimiento regular
80% al 100%	Cumplimiento Bueno

Anexo N° 5. Formato de auditoria

Auditoría/Hoja de Verificación de las 5S				
		ESCALA DE CALIFICACIÓN	# de Problemas Observados	Nivel de Calificación
Área:			5 o más	5
Fecha:			4	4
Llenada por:			3	3
			2	2
		1	1	
		0	0	
Categoría	Preguntas Clave	Guía de los Puntos a Verificar	Calificación	
Clasificar (Organización)	<i>Distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es</i>			
	¿Hay exceso de materiales de trabajo sobre, alrededor o debajo de las estaciones y superficies de trabajo?	No hay exceso de materiales de trabajo que no se estén utilizando; las áreas del piso están despejadas		
	¿Hay herramientas, instrumentos y otros objetos sobre, alrededor o debajo de las estaciones o superficies de trabajo?	No hay exceso de herramientas, instrumentos y otros objetos; las áreas del piso están despejadas		
	¿Todas las áreas de tránsito circundantes y áreas perimetrales del piso están libres de objetos y materiales?	Las áreas circundantes del piso están despejadas		
	Hay un exceso de objetos obsoletos en las zonas compartidas y en las zonas de trabajo?	El área está libre de inventario /suministros / partes y materiales		
Organizar (Orden)	<i>Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar</i>			
	¿Todos materiales están almacenados de manera ordenada?	Los lugares asignados para materiales son evidentes visualmente.		
	¿Las herramientas y utensilios están guardados de manera ordenada?	Las herramientas y utensilios están ordenados, identificados y se puede acceder a ellos con facilidad.		
	¿Las instalaciones electricas y toma corriente están posicionadas de manera ordenada y segura?	Las instalaciones electricas y toma corriente están asegurados y alejados del peligro.		
Asear (Limpieza)	<i>Mantener las zonas de trabajo limpias</i>			
	¿La zona de trabajo está limpio y libre de mugre y polvo?	Las partes visibles y ocultas de las superficies de la zona de trabajo y equipo están libres de mugre y polvo.		
	¿El uniforme de los trabajadores están limpias para realizar el trabajo?	Los uniformes de los colaboradores están limpias y correctas para realizar el trabajo..		
Estandarizar (Observancia) y Mantener (Disciplina)	<i>Mantener y controlar las primeras tres etapas; mantener la disciplina y el seguimiento de manera continua</i>			
	¿Existe un procedimiento de trabajo estándar con responsabilidades formalizadas para mantener el lugar de trabajo organizado y limpio?	Los procedimientos, las responsabilidades y expectativas del trabajo estándar para las 5S continuas están documentadas y se entienden		
	¿Existe un proceso de auditoría continua con seguimiento de datos y mostrado en forma visual?	A los resultados de auditoría se les da seguimiento y se publican		
Calificación Total (máximo de 55 posibles):			0	0

Políticas de las 5 S

Las políticas establecidas son de carácter imperativo para el sostenimiento de las 5 S y su difusión es clave para lograr los resultados esperados, dichos puntos son los siguientes:

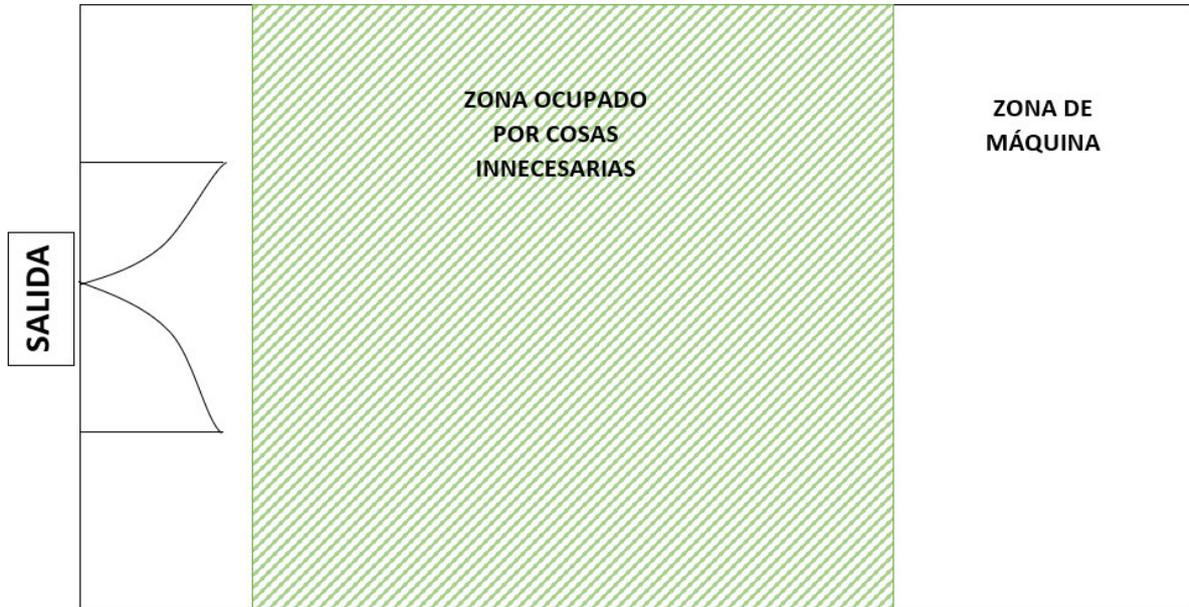
- Las 5 S debe ser un trabajo rutinario para todo el personal.
- La primera segunda y tercera S, deben desarrollarse de manera concienzuda, asegurando su cumplimiento a cabalidad.
- El instructor e implementador de las 5 S de guiar las primeras etapas de la implementación, asegurando su cumplimiento y comprensión del personal.
- Las evidencias fotográficas deben estar visibles para todo el personal, mostrando un antes y después de la mejora.
- Brindar incentivos por el cumplimiento de las 5 S y cuando la misma arroje resultados favorables.

Políticas del Andon

Las políticas establecidas son de carácter imperativo para el sostenimiento del Andon y su difusión es clave para lograr los resultados esperados, dichos puntos son los siguientes:

- El instructor e implementador del Andon de guiar las primeras etapas de la implementación, asegurando su cumplimiento y comprensión del personal.
- Todo el personal debe recibir charlas semanales para incentivar la comprensión y toma de puntos de retroalimentación de la implementación del Andon.
- Las evidencias fotográficas deben estar visibles para todo el personal, mostrando un antes y después de la mejora.
- Brindar incentivos por el cumplimiento del Andon y cuando la misma arroje resultados favorables.

Área de corte



Anexo N° 6. Registro de toma de tiempos

HOJA DE OBSERVACIONES																
Proceso:	Pintado						Analista:					Bravo Fernandez Jose Andres				
Elementos	Tiempo observados (min)															Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Traslado de piezas a la cabina de pintura	1.33	1.20	1.30	1.41	1.50	1.21	1.10	1.29	1.55	1.08	1.35	1.42	1.16	1.37	1.49	1.32
Pintado de primera capa de pintura	3.73	3.60	3.78	3.92	3.61	3.59	4.20	3.86	4.12	3.85	3.73	3.87	4.23	3.69	3.80	3.84
Pintado de ultima capa de pintura	4.80	4.63	4.86	5.04	4.64	4.61	5.40	4.96	5.30	4.95	4.80	4.97	5.44	4.75	4.89	4.94
Revisión de lados de la pieza	2.13	2.06	2.16	2.24	2.06	2.05	2.40	2.20	2.35	2.20	2.13	2.21	2.42	2.11	2.17	2.19
Desplazamiento de piezas a zona de secado	2.06	2.02	1.87	1.96	1.79	1.99	1.80	2.06	1.91	1.84	1.95	2.09	2.06	1.98	2.16	1.97
Revisión de imperfecciones en el pintado	2.98	3.05	2.95	2.97	2.92	3.00	2.87	3.06	3.04	2.94	3.05	2.94	3.01	2.99	2.94	2.98
Secado del producto	7.16	7.32	7.07	7.13	7.01	7.19	6.89	7.33	7.28	7.06	7.31	7.06	7.22	7.16	7.06	7.15
Retiro a bandejas de PT	1.79	1.83	1.77	1.78	1.75	1.80	1.72	1.83	1.82	1.77	1.83	1.77	1.80	1.79	1.76	1.79
Traslado a zona de embalado	2.15	2.09	2.41	2.21	2.50	2.17	2.33	2.40	2.49	2.16	2.37	2.18	2.25	2.19	2.31	2.28

Anexo N° 7. Ritmo de trabajo y suplementos

Hoja del listado de suplementos

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal	5
2. Holgura por fatiga básica	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda	0
b) Incómoda (flexionado)	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado)	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado	0
b) Bastante abajo de lo recomendado	2
c) Muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino	0
b) Trabajo fino o exacto	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente: fuerte	2
c) Intermitente: muy fuerte	5
d) De tono alto: fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo	1
b) Espacio de atención compleja o amplia	4
c) Muy complejo	8
9. Monotonía:	
a) Baja	0
b) Media	1
c) Alta	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

Fuente: (García, 2005)

Valoración del ritmo de trabajo por el sistema Westinghouse

CONDICIONES		
0.06	A2	IDEALES
0.04	B	EXCELENTES
0.02	C1	BUENAS
0	D	REGULARES
-0.02	E	ACEPTABLES
-0.07	F	DEFICIENTES

ESFUERZO O EMPEÑO		
0.13	A1	EXCESIVO
0.12	A2	EXCESIVO
0.1	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.05	C1	BUENO
0.02	C2	BUENO
0	D	REGULAR
-0.4	E1	ACEPTABLE
-0.8	E2	ACEPTABLE
-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.17	F2	DEFICIENTE

DESTREZA O HABILIDAD		
0.15	A1	EXTREMA
0.13	A2	EXTREMA
0.11	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.06	C1	BUENA
0.03	C2	BUENA
0	D	REGULAR
-0.05	E1	ACEPTABLE
-0.1	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE

CONSISTENCIA		
0.04	A2	PERFECTA
0.03	B	EXCELENTE
0.01	C1	BUENA
0	D	REGULAR
-0.02	E	ACEPTABLE
-0.04	F	DEFICIENTE

Anexo N° 8. Resultado de productividad

Semanas	Productividad 2021 (tn/soles)	Productividad 2022 (tn/soles)
Semana 1	0.27	0.28
Semana 2	0.28	0.29
Semana 3	0.26	0.27
Semana 4	0.24	0.28
Semana 5	0.23	0.27
Semana 6	0.27	0.34
Semana 7	0.26	0.30
Semana 8	0.21	0.23
Semana 9	0.29	0.35
Semana 10	0.24	0.34
Semana 11	0.24	0.41
Semana 12	0.26	0.34
Semana 13	0.30	0.41
Semana 14	0.25	0.34
Semana 15	0.22	0.39
Semana 16	0.27	0.32
Semana 17	0.29	0.39
Semana 18	0.26	0.39
Semana 19	0.25	0.36
Semana 20	0.26	0.32
Semana 21	0.27	0.33
Semana 22	0.24	0.28
Semana 23	0.28	0.33
Semana 24	0.25	0.30
Semana 25	0.22	0.32

Fecha	Semanas	Costos de manufactura 2021 (soles/semana)	Costos de manufactura 2022 (soles/semana)
Abril	Semana 1	15074.81	14622.57
	Semana 2	14494.70	13769.97
	Semana 3	13192.31	13851.93
	Semana 4	19953.61	18357.32
Mayo	Semana 5	17625.31	16567.79
	Semana 6	11574.22	12731.64
	Semana 7	15654.35	14871.63
	Semana 8	19718.98	17747.08
Junio	Semana 9	11983.26	11264.26
	Semana 10	16612.07	15283.10
	Semana 11	15702.11	14288.92
	Semana 12	13018.75	11716.88
	Semana 13	12781.17	12269.92
Julio	Semana 14	13892.51	13475.73
	Semana 15	19273.88	17539.23
	Semana 16	15846.21	16796.98
	Semana 17	12565.69	13570.95
Agosto	Semana 18	15255.20	13729.68
	Semana 19	12302.44	10949.17
	Semana 20	14898.23	13706.37
	Semana 21	12795.63	12027.89
Setiembre	Semana 22	17205.30	15828.88
	Semana 23	14904.30	14010.04
	Semana 24	13946.18	12830.49
	Semana 25	10809.65	10052.97

Anexo N° 9. Prueba de normalidad

