



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del
proceso de fabricación de tubos estructurales en una empresa
metalmecánica

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTORES

Calderón Cárdenas, Yonathan Rubén

ORCID: 0009-0007-1323-9896

Diaz Huaman, Fernando Adrian

ORCID: 0000-0003-2384-7637

ASESOR

Mateo Lopez, Hugo Julio

ORCID: 0000-0002-5917-1467

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor(es)

Calderón Cárdenas, Yonathan Rubén

DNI: 71098126

Díaz Huaman, Fernando Adrian

DNI: 73142587

Datos de asesor

Mateo Lopez, Hugo Julio

DNI: 07675553

Datos del jurado

JURADO 1

Oqueliz Martinez, Carlos Alberto

DNI: 08385398

ORCID: 0000-0003-4872-7471

JURADO 2

Ballero Nuñez, Gino Sammy

DNI: 10426485

ORCID: 0000-0002-7991-3747

JURADO 3

Rodriguez Vasquez, Miguel Alberto

DNI: 08544988

ORCID: 0000-0001-9829-2571

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Fernando Adrian Diaz Huaman, con código de estudiante N° 201720511, con DNI N° 73142587, con domicilio en Jr. Bodegonos 416, distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, Lima y Yonathan Rubén Calderón Cárdenas, con código de estudiante N° 201720048, con DNI N° 71098126, con domicilio en Jr. Pelícanos 204 Urb. Los Heraldos Mz. A Lt. 39, distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

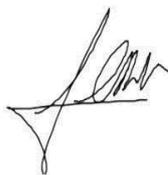
La presente tesis titulada: “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales en una empresa metalmeccánica” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Hugo Julio Mateo Lopez, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 20% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 02 de noviembre de 2023



Fernando Adrian Diaz Huaman
DNI N° 73142587



Yonathan Rubén Calderón Cárdenas
DNI N° 71098126

INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN

Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales en una empresa metalmecánica

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	21%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
8	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1%

Victor Manuel Thompson Schreiber
Mg. Ing. Victor Manuel Thompson Schreiber
Coordinador Programa Titulación por Tesis - TITES
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos y familiares que incondicionalmente creyeron en mí y que con sus enseñanzas ayudaron a formar quien soy ahora.

Yonathan Rubén Calderón Cárdenas

Esta tesis es dedicada a mis padres, abuelos y seres amados, los cuales mediante su compersión, valores y principios forjaron mis capacidades para ser un profesional ético y responsable para la vida.

Fernando Adrian Diaz Huaman

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a la empresa PRECOR S.A por abrirnos sus puertas; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Yonathan Calderón & Fernando Diaz

ÍNDICE

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.5 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 MARCO HISTÓRICO	16
2.2 INVESTIGACIONES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	18
2.3 ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO	26
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	48
2.5 HIPÓTESIS	49
2.5.1 Hipótesis general	49
2.5.2 Hipótesis específicas	49
2.6 VARIABLES	49
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 ENFOQUE, TIPO, MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
	vii

3.3.1 Técnicas e instrumentos	55
3.3.2 Criterio de validez y confiabilidad	56
3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos	57
3.4 DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS	57
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	59
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	103
4.3 ANÁLISIS FINANCIERO	118
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES	123
REFERENCIAS	124
ANEXOS	127
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA	127
ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	129
ANEXO C: DOCUMENTO DE AUTORIZACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fases de implementación de las 5´S	27
Tabla 2 Indicadores que se desarrollan mediante el Mantenimiento autónomo	44
Tabla 3 Siete pasos del mantenimiento autónomo	46
Tabla 4 Población y muestra pre y post	54
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de las variables	56
Tabla 6 Matriz de análisis de datos	57
Tabla 7 Porcentaje de merma de la Familia 96 Pre-Test	67
Tabla 8 Etapas de implementación de las 5´S	68
Tabla 9 Resumen de uso de tarjetas rojas	73
Tabla 10 Matriz de orden de materiales según su uso	75
Tabla 11 Implementación de Tercera S: Limpieza	79
Tabla 12 Resultados de la implementación	80
Tabla 13 Responsabilidades por área	80
Tabla 14 Porcentaje de merma de la Familia 96 Post-Test	82
Tabla 15 Tiempo de cambio de Familia 96 Pre-test	83
Tabla 16 Procedimiento de cambio de Familia	84
Tabla 17 Clasificación de actividades Internas y Externas	88
Tabla 18 Transformación de actividades internas a externas	90
Tabla 19 Tiempo de cambio de Familia 96 Post-Test	93
Tabla 20 Porcentaje de disponibilidad de la producción de la Familia 96 Pre-Test	94
Tabla 21 Capacitación sobre mantenimiento autónomo	96
Tabla 22 Porcentaje de disponibilidad de la producción de la Familia 96 Post-Test	100
Tabla 23 Datos Pre y Post test - Porcentaje de merma	102
Tabla 24 Prueba de normalidad - Primera hipótesis	103
Tabla 25 Tabla descriptiva - Primera hipótesis	104
Tabla 26 Prueba T de Student - Primera hipótesis	106
Tabla 27 Muestra Pre test y Post Test - Tiempo de cambio	107
Tabla 28 Prueba Normalidad - Segunda hipótesis	107
Tabla 29 Tabla descriptiva - Segunda hipótesis	109
Tabla 30 Resultado prueba T de Student - Segunda Variable	111
Tabla 31 Datos Pre y post Test - Porcentaje de disponibilidad	111
Tabla 32 Prueba de Normalidad - Tercera Hipótesis	112

Tabla 33 Tabla descriptiva - Tercera Hipótesis	113
Tabla 34 Prueba T de Student - Tercera Hipótesis	115
Tabla 35 Resumen de resultados de las variables	116
Tabla 36 Matriz de consistencia	125
Tabla 37 Matriz de operacionalización	128
Tabla 38 Matriz de operacionalización	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de fabricación	4
Figura 2 Histórico porcentual de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad	5
Figura 3 Indicador OEE 2023 x Tonelaje de producción	6
Figura 4 Indicadores de producción Tubera LAC	7
Figura 5 Toneladas de Merma por área	8
Figura 6 Tiempo de Set Up mensual en horas	9
Figura 7 Horas de parada por área	10
Figura 8 Vista satelital instalaciones planta Precor S.A	11
Figura 9 Tipos de actividades	28
Figura 10 Resumen de los desperdicios	29
Figura 11 Contornos para separar herramientas	32
Figura 12 Orden de objetos con separadores	32
Figura 13 Delimitación de objetos con cintas	33
Figura 14 Delimitación de consumibles por cantidad	33
Figura 15 Señalización en el suelo con redistribución en la planta	34
Figura 16 Control visual de Eses Operativas	36
Figura 17 Lección de un punto de seguridad	37
Figura 18 Lup de stock mínimo	37
Figura 19 Los 3 beneficios de la aplicación del Single Minute Exchange of Die	39
Figura 20 Gráfico de tiempo en un proceso para mejorar mediante SMED	40
Figura 21 Etiquetas para identificación de problemas	46
Figura 22 Organigrama de PRECOR S.A	59
Figura 23 Líneas de producción MTS y MTO en PRECOR S.A	60
Figura 24 Flujograma proceso de producción Tubera LAC	61
Figura 25 Diagrama de operaciones de proceso para la producción de un tubo de acero LAC de la Familia 96	64
Figura 26 Visita auditora al área de producción de la Tubera LAC	64
Figura 27 Organigrama comité 5´S	69
Figura 28 Cronograma de actividades de la implementación 5´S	70
Figura 29 Fases de implementación 5´S	71
Figura 30 Flujograma de clasificación de objetos	72
Figura 31 Tarjeta Roja	73
	xi

Figura 32 Herramientas utilizadas en el área previo a la implementación	76
Figura 33 Herramientas utilizadas en el área después de la implementación	77
Figura 34 Señalización antes de la implementación	78
Figura 35 Señalización después de la implementación	78
Figura 36 Fases de la implementación de la metodología SMED	83
Figura 37 Herramientas de calibración	84
Figura 38 Ciclo de cambio de Familia	88
Figura 39 Fases de la implementación del mantenimiento autónomo	95
Figura 40 Pareto de averías en los meses de enero a abril	96
Figura 41 Checklist de proceso lubricación y limpieza	98
Figura 42 Checklist de validación	99
Figura 43 Pre Test y Post Test - Porcentaje de merma	105
Figura 44 Pre test y Post Test - Porcentaje de merma	109
Figura 45 Pre test y post test - Porcentaje de disponibilidad	114
Figura 46 Tendencia mensual por costos de merma	117
Figura 47 Tendencia mensual por costos de tiempo de cambio	118
Figura 48 Tendencia mensual por costos de disponibilidad	119

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de contribuir en la mejora continua del área productiva de la empresa Precor S.A, empresa peruana que pertenece al rubro metalmecánico, comprometida con el desarrollo y suministro de sistema de construcción en acero. Se identificó oportunidades de mejora durante el proceso de fabricación de tubos estructurales LAC. Ante ello se determinó que mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing se lograría incrementar la productividad en el proceso de fabricación.

La investigación se sustentó en el marco metodológico, donde se definió que se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación del presente trabajo será aplicada, esto es debido a que se dará uso de recursos teóricos, artículos científicos para dar solución a la problemática.

El presente estudio comenzó con la implementación de la metodología 5'S para reducir los porcentajes de merma, el cual nos permitió mejorar los indicadores durante la producción; la metodología SMED con el objetivo de reducir los tiempos de cambio y optimizar la fiabilidad a través de la reducción de posibles de averías y el mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de la máquina LAC.

Se plasmó referencias bibliográficas y anexos para dar veracidad de los conocimientos. La solución se evidenció al diferenciar el Pre-test del Post-test y con la validación del software IBM SPSS Statistics se determinó si existe una mejora significativa en el desarrollo de nuestra implementación y poder dar solución a un problema real.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5'S, Mantenimiento autónomo, SMED.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to contribute to the continuous improvement of the production area of Precor S.A., a Peruvian company that belongs to the metal-mechanic industry, committed to the development and supply of steel construction systems. Improvement opportunities were identified during the manufacturing process of LAC structural tubes. It was determined that through the application of Lean Manufacturing tools it was possible to increase productivity in the manufacturing process.

The research was based on the methodological framework, where it was defined that it was developed under a quantitative approach, the type of research of this work will be applied, this is because it will make use of theoretical resources, scientific articles to solve the problem.

As part of the Lean tools that were used in the course of this thesis, we have the implementation of the 5'S methodology to reduce the percentages of waste, which allowed us to improve the indicators during production; the Smed methodology with the objective of reducing changeover times and optimizing reliability through the reduction of possible breakdowns; autonomous maintenance to increase the availability of the LAC machine, through constant supervision hand in hand with the proactivity of the operators, we sought to keep the machine as operational as possible.

The current approach seeks to achieve a significant improvement in productivity in order to have less labor costs, less downtime and more availability, according to the context of the organization.

Bibliographic references and annexes were included to give veracity of the knowledge. The solution is reflected by differentiating the Pre-test from the Post-test and with the validation of the IBM SPSS Statistics software it was determined if there is a significant improvement in the development of our implementation and to be able to give a solution to a real problem.

Keywords: Lean Manufacturing, 5'S, Autonomous Maintenance, SMED

INTRODUCCIÓN

El Lean Manufacturing es una herramienta de mejora continua, la cual se adecua notablemente a nuestras expectativas de solución, debido a que es una metodología adaptable a cualquier contexto de una empresa.

La presente tesis se lleva a cabo en la empresa metalmecánica Precor S.A, empresa peruana que ofrece productos como tubos, perfiles metálicos a distintos sectores como construcción, minería, agroindustria, comercial, industrial, entre otros. El área donde se aplica la implementación es en la fabricación de perfiles estructurales LAC, ya que es donde se identifica oportunidades de mejora.

La estructura del presente estudio se divide en cuatro capítulos, según lo detallado a continuación:

En el capítulo I, se plantean el objetivo general y objetivos específicos dando como eje principal de solución el uso de las herramientas de Lean Manufacturing tales como 5`S, SMED y el mantenimiento autónomo para poder incrementar la productividad del proceso de fabricación de tubos LAC, además se delimita el alcance de la investigación, importancia y justificación.

En el capítulo II, se establece la situación actual de la empresa demostrando esquemáticamente lo anteriormente mencionado. Se compone del marco histórico en el que se expone en mayor detalle las cómo dichas herramientas enfocan sus propuestas de solución, así como también la evolución de estas con respecto a la actualización de las industrias, investigaciones del estudio donde detallamos casos de éxito tanto en el Perú como en el extranjero reforzando aún más las herramientas, estructura teórica y científica. Principalmente se establece la hipótesis general e hipótesis específicas, para poder esquematizar de una mejor manera las variables.

En el capítulo III, se define aspectos metodológicos como el enfoque, tipo y diseño de la investigación, además población, muestra y técnicas e instrumentos de recolección de datos, la cual contribuye en la robustez del estudio, así como también formular conclusión.

En el capítulo IV, comienza con la implementación de la herramienta 5`S en la que se evidencia que se logra reducir en un 57% el porcentaje de merma generada en la producción; en segundo lugar se demuestra que luego de la ejecución de la metodología SMED el tiempo requerido para el armado y calibración del formato se reduce en un 58% aumentando las horas operativas de la máquina; por último se ejecuta el plan de

mantenimiento autónomo con la finalidad de aumentar la disponibilidad de la máquina la cual logra su propósito debido a que se aumenta en un 9% garantizando la continuidad de las operaciones. Todas las herramientas anteriormente mencionadas son explicadas mediante gráficos, esquemas y flujogramas.

Por último, se expone las conclusiones que expresan un análisis minucioso de las mejoras logradas a lo largo de toda la tesis y recomendaciones que son sugerencias basadas en nuestra perspectiva profesional y pericia obtenida en el entorno laboral.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la actualidad el uso de modelos de gestión viene siendo una buena guía para poder llevar un correcto desenvolvimiento en los procesos que intervienen en las empresas. Dado que ahora surge la necesidad de que las empresas sean más competentes y tengan un flujo de procesos mucho más estándar y eficiente, es decir, que generen valor. Para poder estar a la altura de los requerimientos que pide el mercado, ya que es un hecho que la distancia entre el consumidor final y el proceso de fabricación es, en su mayoría, bastante cercano ya que en el producto final que se manufactura en la empresa se puede evidenciar rasgos producto del proceso como son un mal acabado, rebaba, mal pintado, óxido, etc.; dichos rasgos son mensurables y pueden ser fácilmente delimitados en el proceso, ya que son desperdicios propios del mismo, y como tal deben ser levantados para producir más y mejor.

Para contextualizar mejor la puesta en valor que se mencionó anteriormente, el autor Palomino sostuvo lo siguiente:

El valor ahora se define según los estándares del cliente. Si antes era la empresa quien le daba valor al producto, ahora la empresa tiene que fabricar productos que tengan valor para el cliente. Por ello se hace necesaria la premisa de eliminar todo aquello que no agrega valor para el cliente. Se identifica y se elimina. (Palomino, 2012, p.3)

La empresa PRECOR S.A fundada en 1982, ha venido posicionándose en el mercado productos de acero PRECOR como lo son tubos, paneles y perfiles metálicos suministrando así la más completa línea de productos para la construcción en acero beneficiando a las industrias de sectores como construcción, minería, agropecuario, y demás ya que somos la alternativa más eficiente del mercado abasteciendo a todos los rincones del Perú y de América Latina. Actualmente ya laborando en su nueva planta ubicada en Chilca, se están implementando nuevas tecnologías apuntando a una industria 4.0 acorde a la vanguardia de las industrias en el mundo.

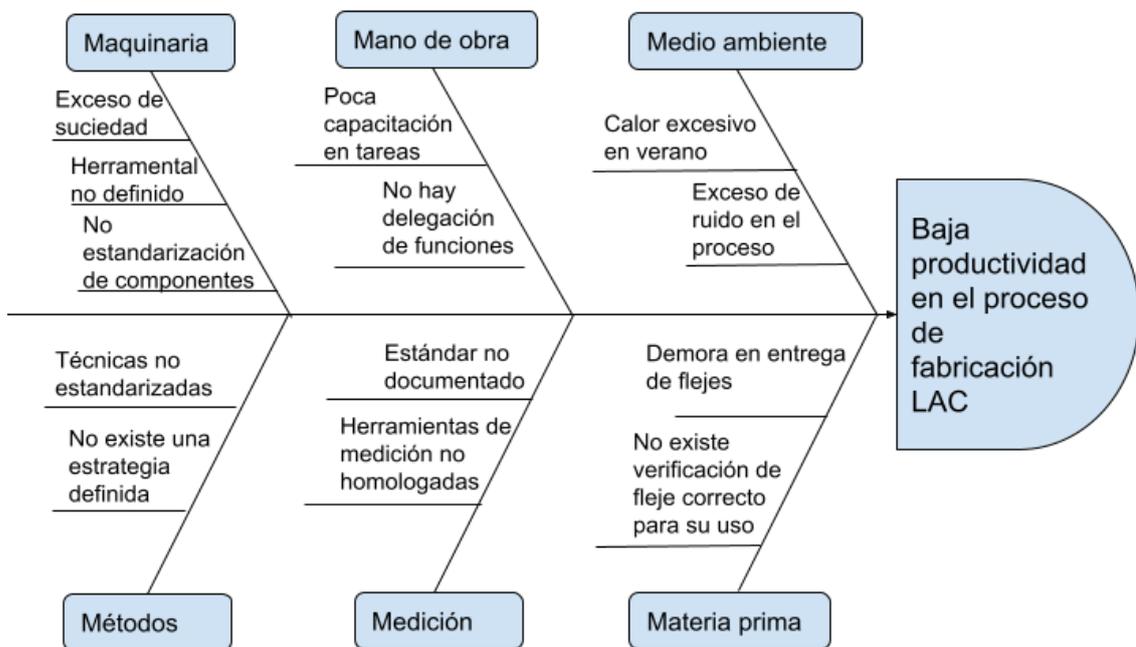
Debido a que la empresa presenta un plan de producción considerable en la mayoría de sus líneas, nos centraremos en el plan de producción de la Tubera LAC, el cual es la línea de producción más importante en la empresa, y que además al tener un tipo de plan MTS (Make to stock) es de bastante volumen por lo que se quiere que cada una de las partes del proceso deben ser estandarizados y sumamente eficientes, para garantizar el

cumplimiento de dicho plan en el plazo establecido así como también generar holguras para los mantenimientos preventivos y demás modificaciones que se quieran realizar para el mejoramiento de las mismas.

A continuación, en la figura 1 se detalla cada uno de los factores que generan esta baja productividad y que en su mayoría se deben a una mala gestión de procesos que pueden ser perfectamente tratados y llevados a una mesa de diálogo en la que se pueden tomar decisiones tanto a mediano como a largo plazo.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de fabricación



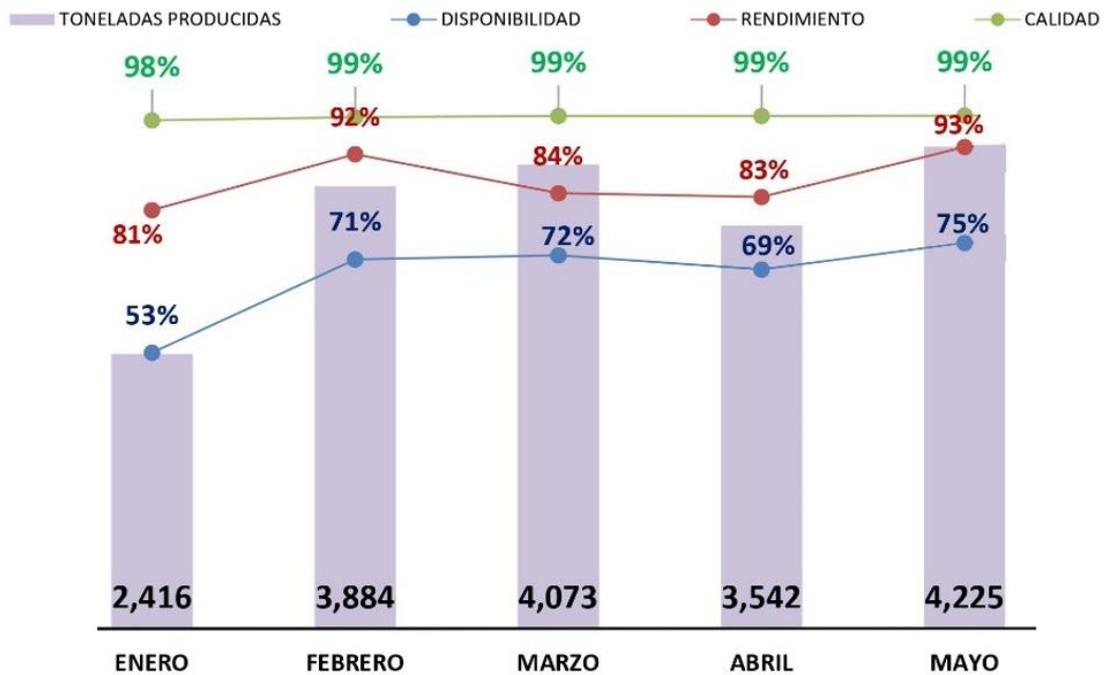
Nota. Elaboración propia.

Además a ello, en la figura 2 se puede apreciar que la disponibilidad de maquinaria es uno de los factores que más ha impactado en el proceso de fabricación de esta línea, y esto es debido a que en el proceso de mudanza de la planta ubicada en Av. Dueñas (Lima) hacia la nueva planta ubicada en Chilca, ha existido varios limitantes así como también la no continuidad de buenas prácticas de trabajo, sumado a la rotación de personal nuevo ha provocado que baje considerablemente este indicador, donde en años anteriores se lograba obtener una disponibilidad del 81% y que ahora a comienzos de año se haya obtenido un 53%, provocando que el OEE baje considerablemente. A continuación, se

mostrará el histórico del porcentaje de disponibilidad, rendimiento y calidad de la empresa en el año 2023.

Figura 2

Histórico porcentual de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad

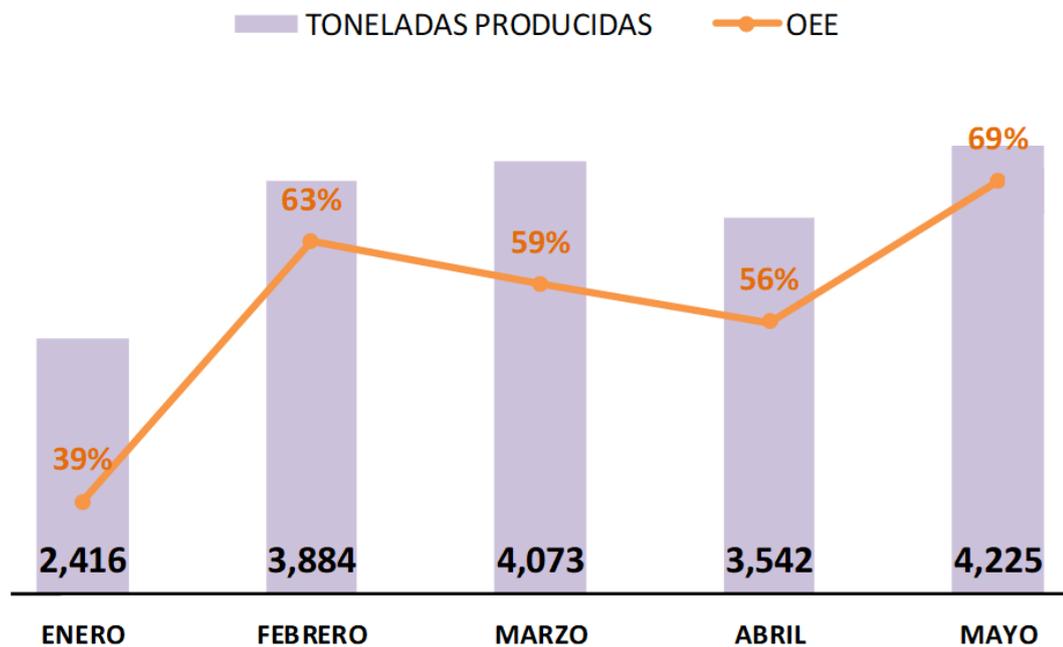


Nota. Hoshin LAC, por Precor S.A (2023)

Lo evidenciado en la figura anterior puede ser observado en la figura 3, en la que muestra el impacto que puede tener la disponibilidad de maquinaria en el OEE (Eficacia Global de Equipos Productivos), ya que tener una disponibilidad baja nos da alerta a que la cantidad de horas de parada que se han presentado durante el proceso productivo ha sido considerable, cabe resaltar que esas horas de afectan significativamente en el proceso ya que el recurso del tiempo es un recurso que no se puede recuperar, lo que ocasiona retrasos, incumplimiento del plan de producción, así como también un uso mayor de capital humano, mayores días de producción lo que en resumen sería un sobrecosto en nuestro proceso. A continuación, se presentará en la figura 3 el OEE en el proceso de producción de LAC y como este ha ido variando en los meses del año 2023.

Figura 3

Indicador OEE 2023 x Tonelaje de producción

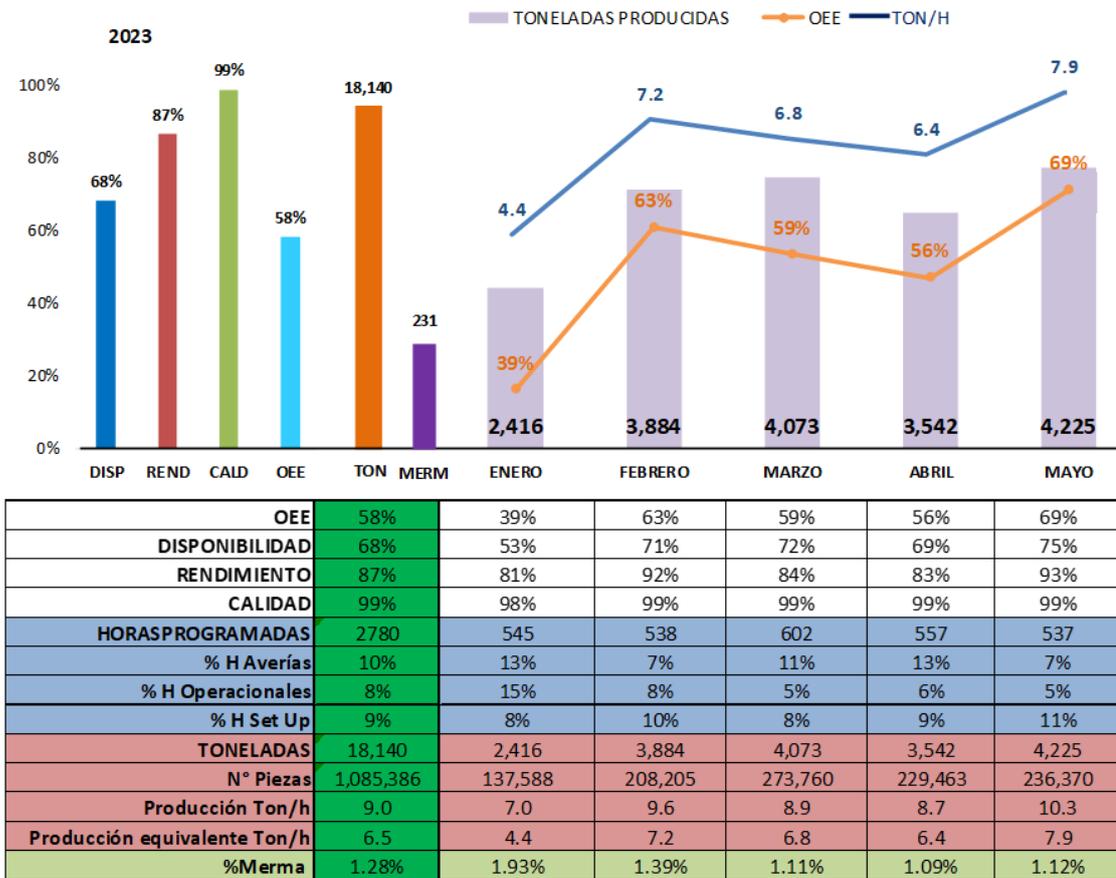


Nota. “Hoshin LAC”, por Precor S.A (2023)

En las gráficas mencionadas anteriormente se evidencia que uno de los factores que impacta significativamente el OEE es la disponibilidad, es por ello que se desglosa la información y se analiza de manera porcentual según las horas planificadas, de esa manera se podrá detallar cuales son los factores que más tienen participación tanto en la baja disponibilidad, así como también ver el comportamiento a lo largo de los meses. En la figura 4 se puede evidenciar de manera porcentual la participación de cada uno de los factores mencionados anteriormente:

Figura 4

Indicadores de producción Tubera LAC



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Con respecto al primer problema específico, referido a la implementación de la metodología 5S para reducir el porcentaje de merma en el proceso de fabricación de la Tubera LAC, consideramos que es necesario debido a que toda implementación de una nueva metodología debe comenzar con un cambio de mentalidad en cada uno de los trabajadores, ya que ellos son los que interactúan directamente en el proceso, por lo que al realizar las 5S en el puesto de trabajo lograrán tener una mejor limpieza del mismo, un mayor orden y sobre todo una mayor estandarización en utensilios, herramientas y demás componentes que intervienen en el proceso, además con ello se busca la continuidad de las buenas prácticas, para un mejor desenvolvimiento.

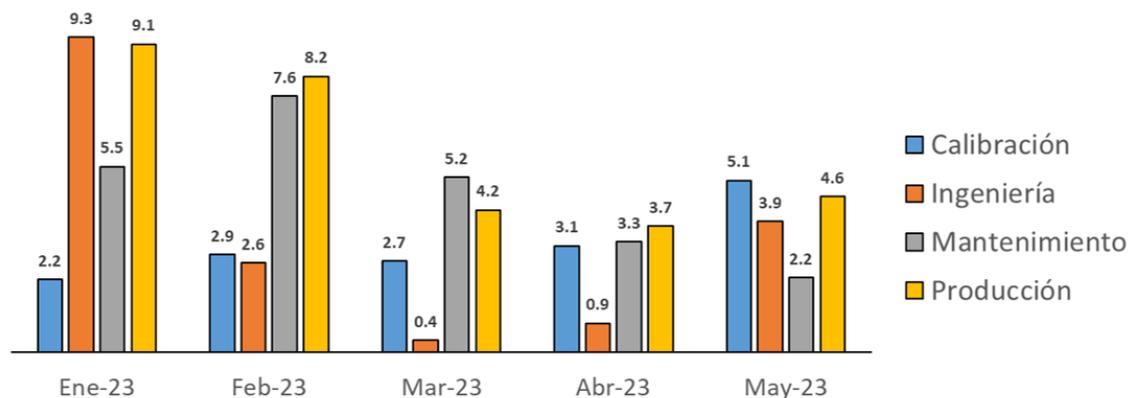
Para ello, se realizó un análisis para poder determinar en cual área de producción se debe tener más rigurosidad, así como también realizar mayor cantidad de auditorías, y de ser

el caso tomar las medidas disciplinarias para poder reducir dicho porcentaje de merma tan elevado.

En la figura 5 se puede apreciar las toneladas producidas de merma asociadas a las áreas de producción, en la que se evidencia que las áreas de producción y mantenimiento cuentan con un mayor índice por lo que es escogido para ser el foco de la solución, cabe resaltar que la calibración se lleva a cabo por parte de producción y se realiza en los cambios de formato.

Figura 5

Toneladas de Merma por área

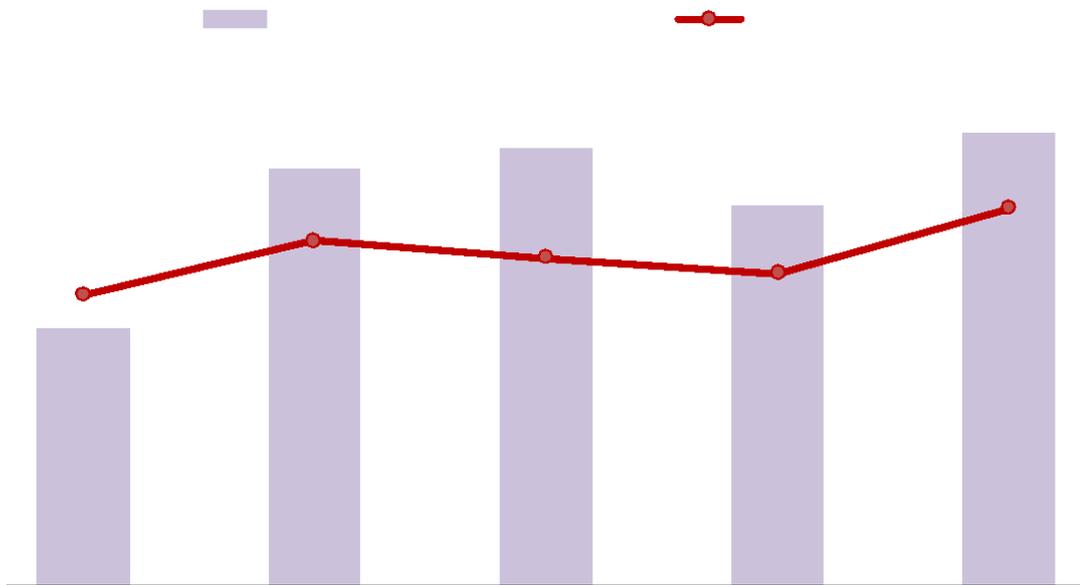


Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

El segundo problema es el tiempo de cambio que toma el cambio de familia (Cambio de diámetro de tubo), esto es debido a que no se encuentra una correcta delegación de las funciones de los involucrados que participan en el armado de dicho cambio, cabe resaltar que además a ello, no se cuenta con un plan detallado de acción desde el inicio hasta el fin del cambio, así como también la estandarización del método para dicho proceso, además a ello la correcta puesta en marcha del mismo, así como también medidas de acción en para la medición y análisis de posibles causas de error. En la figura 6, se aprecia el tiempo total de cambio de familia en los meses de enero, febrero, marzo y abril en los que se observa el tiempo consumido en las familias planificadas.

Figura 6

Tiempo de Set Up mensual en horas

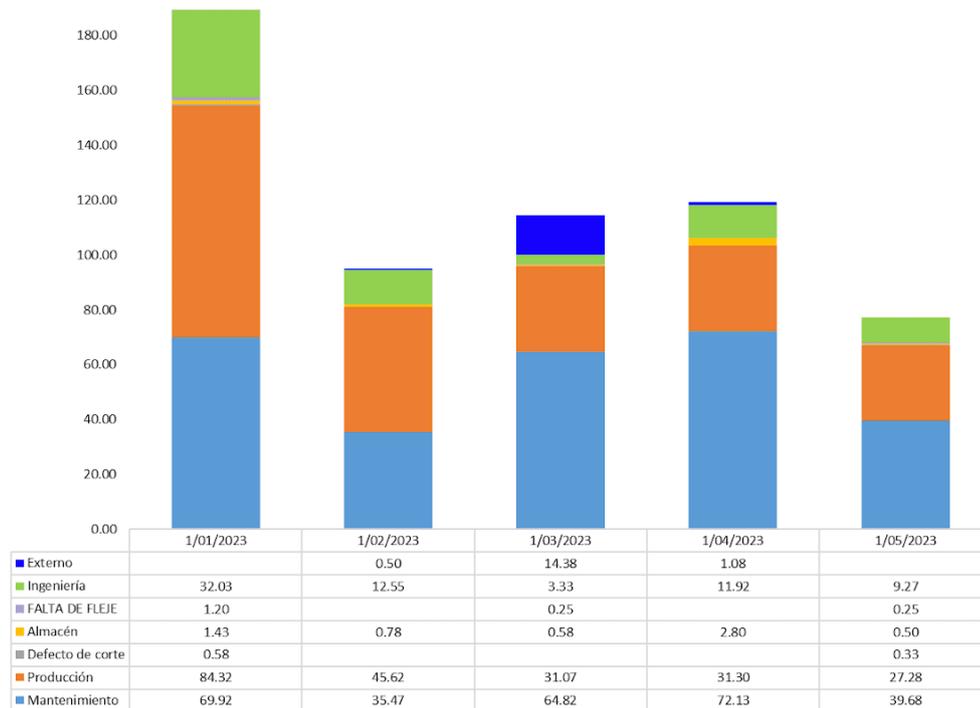


Nota. “Hoshin LAC”, por Precor S.A (2023)

En tercer lugar se implementará el mantenimiento autónomo, el cual busca involucrar más a todos los trabajadores para el mantenimiento de su zona de trabajo, así como también la comunicación entre las áreas para poder tener un mayor alcance de todas las partes que ocurren en el proceso expresadas de los involucrados más próximos a la línea, además a ello se busca reducir las horas de parada de la máquina, debido a que se evidencia en la figura 7 que tanto las horas de parada de producción y mantenimiento conllevan el 80% del total de horas de parada, por lo que una mayor énfasis y comunicación en la toma de decisiones podrían reducir considerablemente dichas paradas, así como también la predicción de los mismos, llevándonos hacia un proceso mucho más limpio.

Figura 7

Horas de parada por área



Nota. “Hoshin LAC”, por Precor S.A (2023)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de Lean Manufacturing puede mejorar la productividad del proceso de fabricación de perfiles LAC en una empresa metalmeccánica?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la implementación de la metodología 5S reduce el porcentaje de merma en una empresa metalmeccánica?
- ¿En qué medida la implementación de la metodología SMED reduce el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmeccánica?
- ¿En qué medida la implementación del mantenimiento autónomo incrementa la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmeccánica?

1.3 Objetivo general y específico

1.3.1 Objetivo general

Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de perfiles LAC en una empresa metalmecánica

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Implementar la metodología 5S para reducir los porcentajes de merma en una empresa metalmecánica.
- b) Implementar la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmecánica.
- c) Implementar el mantenimiento autónomo para incrementar la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmecánica.

1.4 Delimitación de la investigación

Delimitación espacial

La investigación se llevará a cabo en las instalaciones de la empresa Precor S.A ubicada en G7CG+R34 Chilca 15870, Lima. Se muestra a continuación una vista satelital de la empresa ubicada en Chilca en la figura 8.

Figura 8 Vista satelital instalaciones planta Precor S.A



Nota. <https://www.google.com/maps/place/PRECOR+CHILCA/@-12.478447,-76.7243027,481m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x910577acb90d8757:0x3ffed8514664a7db!8m2!3d-12.4779988!4d-76.7248073!16s%2Fg%2F11pd2xyjhy?entry=ttu>

Delimitación temporal

El presente estudio e implementación, considera datos desde enero del 2023 hasta agosto del mismo año, según lo que se detalla a continuación:

Periodo pre test: de enero a abril del 2023

Periodo de implementación: de abril a mayo del 2023

Periodo post test: de mayo a agosto del 2023

Delimitación teórica

La presente investigación busca implementar la metodología de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC en una empresa metalmecánica

1.5 Importancia y Justificación

Importancia

La presente tesis es de importancia, debido a que plantea una implementación de una mejora notable en la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC, basándose en las herramientas de Lean Manufacturing y ejecutando algunas de las principales tales como son las 5S, SMED y Mantenimiento Autónomo, con la finalidad de reducir los porcentajes de merma, disminuir el tiempo de cambio e incrementar la disponibilidad de la máquina LAC.

Mediante esta implementación se beneficia a la empresa metalmecánica Precor S.A. de acuerdo con la óptima gestión de unidades producidas por horas hombre empleadas, cumplimiento de las 5s con alcance de todos procesos en cuestión, midiendo eficazmente el indicador que muestra el nivel de eficiencia en los equipos y analizando eficientemente el tiempo disponible por tiempo programado.

Al finalizar se garantiza una mejora en la gestión productiva del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC, obteniendo una disminución sustancial en los tiempos que conlleva el cambio de familia en la máquina tubera, a su vez se incrementa la disponibilidad de la máquina tubera y se reducen los porcentajes de merma.

Justificación práctica

La justificación será práctica debido a que se aplicará la teoría y se concluirá con el desarrollo de la investigación, además se busca resolver un problema o por el contrario plantear estrategias que aporten para resolver dicho problema. (Bernal, 2010)

Es por ello que al buscar incrementar la eficiencia en el proceso de fabricación de tubos LAC evitando generar pérdidas en los recursos, se procedió a la información documental previa y sumado a ello un arduo trabajo de campo para obtener información pertinente que nos permitió identificar las causas y como consecuencia el haber formulado alternativas de solución para asegurar el indicador de productividad durante el proceso. El resultado nos permitió reducir los porcentajes de merma con el contexto de las necesidades de la organización, además se redujo el tiempo de cambio en la máquina tubera LAC al trabajar cada tipo de familia y se incrementó la disponibilidad. A su vez otras de las mejoras que se reflejaron en esta implementación nos permitió tener una gestión de inventario de repuestos necesarios para evitar desabastecimiento, aplicar un óptimo mantenimiento de la maquinaria y por consecuencia una mayor productividad.

Justificación teórica

La justificación será teórica cuando el fin del estudio es el de generar reflexión y debate a nivel académico, refutar una teoría, analizar los resultados con otras investigaciones similares o por otro lado el de conocer el origen, alcance y validez del conocimiento. (Bernal, 2010)

Actualmente en un mundo globalizado, el rubro de la metalmecánica se encuentra con la aparición constante de nuevas empresas que gracias a la exigencia de la oferta-demanda, es indispensable ser competitivos y efectivos a lo largo de toda la cadena de suministro. Por ello es fundamental para las empresas el aplicar metodologías de gestión. Estas razones son las que nos llevaron a tomar la decisión de mejorar la productividad en el proceso de fabricación de tubos LAC, esencialmente en el proceso de cambio de familia de la máquina tubera LAC.

La presente implementación se justifica teórica, ya que se aplicaron significativamente desde un enfoque cognitivo de gestión de herramientas Lean. Por último, este trabajo genera interés, reflexión, debate académico y en un futuro sirve como referencia para poder implementar en otras empresas del mismo rubro metalmecánico

Justificación metodológica

La justificación metodológica como tal se da cuando el estudio del proyecto que se va a realizar plantea un nuevo procedimiento o fórmula para generar un conocimiento veraz y sólido. (Bernal, 2010)

Para incrementar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC, se planteó la implementación de la metodología Lean Manufacturing, el cual fue aplicable

a todo contexto de gestión de trabajo en todo tipo de organización enfocado a mejorar la productividad de distintos procesos. Además, se buscó perfeccionar primordialmente las condiciones de trabajo, generando una comunicación más asertiva y el trabajo en conjunto, de esta manera se agregó valor al proceso productivo. Los resultados optimizados fueron en primera instancia en el tiempo de cambio y en la disponibilidad de equipos, los cuáles se reflejaron en las unidades terminadas.

Justificación económica

La justificación económica como tal consiste en que los recursos financieros que se invierten en el proyecto ya sea directa o indirectamente, son demostrados de forma esquematizada dentro del trabajo, a fin de asegurar el despliegue de cada uno de los factores que intervienen en el desarrollo de este. (Baena, 2017)

La implementación fue viable para su aplicación económica, debido a que su desarrollo, tuvo como premisa principal el ahorro para la empresa y la pertinente gestión de este, Además Lean Manufacturing se caracteriza por gestionar las finanzas de empresas, incrementando utilidades y aminorando los costos en la producción de estos.

Cabe resaltar que al implementar las herramientas Lean, que son 5s, SMED y TPM, se administró y redujo significativamente el tiempo de cambio de familia en la máquina tubera LAC e incrementó la disponibilidad de esta, por lo tanto, se redujo considerablemente el despilfarro del trabajo humano, tiempo, costos, entre otros.

Justificación social

El principal objetivo de la justificación social se materializa específicamente con el objetivo de ayudar a resolver una problemática de la sociedad (Hernández et al., 2014)

La justificación social de esta implementación inició desde el objetivo de estandarizar las condiciones de trabajo en las áreas que se vean comprometidas con el proceso de fabricación de tubos estructurales LAC, esto es conveniente puesto a que se priorizó la posición de los trabajadores en cuestión. Con la ejecución de las herramientas Lean se logró identificar las principales falencias del entorno de trabajo y se convirtieron en oportunidades de mejora al incrementar la eficiencia del proceso de producción.

Además, el óptimo desempeño de los trabajadores fue efectuado respetando sus derechos y leyes que los avalan, mediante capacitaciones de seguridad y reforzando sus conocimientos del trabajo en el rubro de metalmecánica

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

El concepto de Lean Manufacturing como tal es producto de la evolución de múltiples buenas prácticas que se fueron forjando debido a las constantes comparativas entre la diversidad de empresas manufactureras y que, siendo lideradas bajo un concepto japonés, forjaron lo que actualmente es una de las mejores prácticas de funcionamiento de las industrias.

Cabe resaltar que dio inicio en Japón, en 1937 cuando Toyoda, quien fue un ilustre inventor que mejoró la industria textil perfeccionando y mejorando el rendimiento de telares, así como también el de procesos; decide cambiar de rubro hacia el automovilístico, el cual era dominado por grandes fábricas americanas como lo fueron Ford y General Motors. Para ello enviaron a ingenieros japoneses hacia industrias americanas para poder analizar las técnicas y procesos que eran empleados para la gran flota que producían diariamente, aproximadamente 7000 unidades.

La segunda guerra mundial afectó a los implicados significativamente por lo que industrias como la japonesa se vio altamente chocada, Toyota se enfrentaba con situaciones que llevaron a sus dirigentes a buscar soluciones, por ejemplo, el mercado era pequeño, sin embargo, demandaba una gran variedad de vehículos, los empleados, incluyendo a los inmigrantes, exigían mejores condiciones de trabajo (Tejeda, 2011, p.283). Esto da a conocer que no existía aval para invertir en nuevas tecnologías de punta de la década, las cuales en su mayoría era tecnología americana y sumado a eso el mercado para su venta iba a ser limitado debido a la gran cantidad de competencia que tenían, por lo que una reestructuración de lo que se hacía y cómo se hacía era necesaria para cambiar de brújula.

Más adelante en el año 1950 Eiji Toyoda viajó a los Estados Unidos para poder analizar el sistema de producción en masa que manejaban sin embargo concluyó que cada movimiento del sistema quedó convencido de que esta metodología de trabajo no podía ser utilizado en Japón, ya que el pequeño mercado de Japón no justificaba los grandes volúmenes de producción, típicos de Ford y GM (Tejeda, 2011, p.283). Es por ello que Taiichi Ohno un ingeniero industrial que trabajaba en Toyota, se dedica al desarrollo de nuevos enfoques de producción, dado que ya se tenían definidas las debilidades que la producción en masa que se llevaba en occidente no iban a ser la más apropiada de aplicar en su industria, ya que contaban en su mayoría de una producción artesanal la cual se

caracteriza por no producir en cantidad; por lo que fruto de esa investigación dio origen a lo que hoy se conoce como el Sistema de Producción Toyota o como sus siglas en inglés “TPS (Toyota Production System)”.

Es aquí, donde Taiichi Ohno nos presenta las “mudas” o desperdicios los cuales eran observados luego del análisis progresivo que se hizo desde pequeños lotes, el cual detalla que la eliminación de dichos desperdicios son los que nos garantizarán continuidad en la producción. Además, a ello determina pilares de producción, tanto el jidoka y el justo a tiempo, ambos buscan garantizar la calidad del proceso, así como también buscar la raíz del problema, eliminándola y dando cabida a mesas de diálogo en las que se pueden evitar a futuro. Con estos dos grandes pilares, se observó que la eficiencia y el costo que implicaba producir se veían afectados considerablemente a provecho de la producción, por lo que su uso daría paso a nuevas estrategias de trabajo.

En 1955, fue contratado Shigeo Shingo el cual investigó y desarrolló el cambio de herramienta en un minuto “SMED” (Single Minute Exchange of Die), el cual al reducir el tiempo de cambio entre tipo de producto mientras la máquina está en funcionamiento así como también la simplificación de pasos en el proceso de cambio de formato lo que genera que los operarios sean mayor capacitados, pudiendo adaptar la producción a requerimiento de demanda muy cambiantes como lo es en la industria automotriz.

Por otro lado, se potenció una de las empresas más importantes durante la industria: La fuerza de trabajo. Es por ello que el autor Tejeda, sostuvo al respecto que:

Los trabajadores fueron agrupados en equipos de trabajo, a quienes se les asignaba un conjunto de actividades del proceso y eran dirigidos por un líder de equipo. Se les dio la libertad de hacer propuestas de cómo mejorar el proceso. Esta forma continua de mejora se llama “kaizen”. Asimismo, se les otorgó la responsabilidad de detener la línea de producción desde que surja un problema que ellos no puedan resolver. Utilizando los “5 Porqués” de Ohno, los trabajadores estudiaban las causas de los problemas para encontrar la causa raíz y de esto modo evitar que vuelvan a suceder (Tejeda, 2011, p.284-285).

Durante la crisis del petróleo en 1973, Japón se vio afectado considerablemente, pero la industrias como Toyota no se vieron afectadas ya que su proceso como tal no implicaba muchos desperdicios por lo que sirvió de inspiración para otras empresas implementen el TPS en sus instalaciones, generando así que a finales de los años setenta, la industria japonesa se vio fortalecida y competitiva.

Ya a mediados de los ochenta cuando el sistema productivo de Toyota (TPM) ya estaba más consolidado y daba mucho de qué hablar, investigadores estadounidenses del Instituto de Massachusetts, James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, decidieron ponerle el nombre de Lean Manufacturing para referirse al SPT, ya que éste utiliza menos de todos los recursos para obtener los productos (Tejeda, 2011, p.286). Más adelante el autor 2007 en el libro “The Machine that changed the world” los autores James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos explican más a detalles la evolución como el impacto de esta filosofía Japonesa del TPM sirvió para dar paso al Lean Manufacturing como actualmente algunos autores lo detallan y Tejeda lo define como “un sistema integrado socio-tecnológico cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios, minimizando o reduciendo suplidores y variabilidad interna” (Tejeda, 2011, p.286).

2.2 Investigaciones del estudio de investigación

Antecedentes nacionales

(Arroyo, 2018), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica” presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos señala lo siguiente:

Como objetivo general, mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica, a través de la implementación del Lean Manufacturing, utiliza como población todos los procesos del sistema de producción de la empresa metalmecánica y como muestra sólo los procesos más críticos del sistema de producción. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo, tipo transversal, nivel descriptivo y diseño no experimental. Como técnica e instrumentos para recolectar datos se obtuvo a través de reportes del área de Planeamiento y Control de la Producción (Arroyo, 2018).

La citada investigación como principales conclusiones determinó que gracias a las herramientas Lean se logró reducir notablemente los procesos críticos del área productiva. Asimismo, se obtuvo un ahorro de S/ 363.133,75 y utilizando la metodología SMED generó una disponibilidad del 84% en la máquina.

La tesis es de gran importancia debido a que nos detalla de manera cuantificada el ahorro producto de haber implementado las herramientas de Lean Manufacturing, a su vez demuestra que la disponibilidad aumenta a un 84% lo cual es significativamente favorable para nuestra investigación.

(Macetas y Salas, 2021) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cobertores para camiones en la empresa Novofibras” presentada en la Universidad Ricardo Palma señala lo siguiente:

Se aplica la metodología Lean Manufacturing para mejorar la producción de cobertores para camiones en la empresa Novofibras, utiliza como población la cantidad de cobertores para camiones la línea industrial de producción y como muestra un subgrupo de la población. El enfoque de esta investigación es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Como técnica e instrumentos utiliza análisis documental y ficha de registro de contenido del documento.

La citada investigación como principal conclusión determinó que la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing generó un ahorro de 11,310.03 soles, lo que se traduce en una reducción del 65.71% en horas extras, costos de materiales, inspección técnica por paradas no planificadas y rechazos de productos (Macetas y Salas, 2021).

La presente tesis es de gran importancia para la investigación ya que nos detalla en un rubro masivo como es la fibra de vidrio, en el que se debe ser muy cuidadoso ya que la merma producto de la fabricación es muy alta, que implementar las herramientas de Lean Manufacturing garantiza una reducción considerable en los costos de producción, ya que al tener mayor foco en la inspección se abarca mayor cantidad de puntos que pueden salir a la luz ya sea como una falla o avería a futuro, es decir, previniendo el desastre.

(Cruz y Flores, 2017) en su tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Industrial “Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de extrusión de una empresa del sector metalúrgico”, presentada en la Universidad Ricardo Palma, señala lo siguiente:

Como objetivo general, sostuvo que incrementa la productividad mediante las herramientas Lean en el área de extrusión en la empresa estudiada (Cruz y Flores, 2017, p.5). Su población son las varillas, perfiles, alambres y flejes de latón del área de producción, y como muestra la fabricación de varillas semiterminadas de Latón en el área de extrusión (Cruz & Flores, 2017, p.27). El enfoque de esta investigación es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental prospectivo. Como técnica se

utiliza herramientas de la ingeniería industrial tales DOP, DAP, así como también diagramas que esquematicen la información recopilada.

La citada investigación concluyó que se logró decrementar los tiempos de producción en un 53,15%, así como también se incrementó la producción de 6 a 8 piezas generando un rendimiento del 33,33% y esto a su vez se ve reflejado en que los costos de producción se reducen en un 34,71%.

Esta tesis aporta en nuestra investigación debido a que los autores recomiendan factores claves dentro del proceso de puesta en marcha de esta metodología tales como “estandarizar las tareas, actividades, funciones de las diferentes etapas del proceso, tiempos de producción de tal modo que estableciendo indicadores de logros y como resultado se estandarice el proceso” (Cruz y Flores, 2017, p.78). Además, a ello nos detallan que el diseño de un plan de educación y entrenamiento para la capacitación de los involucrados (Cruz y Flores, 2017, p.78) a fin de llevar de manera más ordenada el proceso, y a su vez generar un sentimiento de integración tal como en el TPM nos invita a realizar.

(Rodríguez, 2022), en su tesis para optar el grado académico de Magíster en Ingeniería Industrial “Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing”, señala lo siguiente:

Como objetivo general, “Incrementar la utilización de la capacidad de la empresa a 76% utilizando la metodología SMED y los pilares de TPM en una empresa metalmecánica” (Rodríguez, 2022, p.73). Trabaja con una población de máquinas del proceso productivo, y como muestra fue la del Torno CNC. El enfoque de esta investigación es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo, y diseño cuasi experimental. Como técnica e instrumentos para recolectar datos utiliza herramientas del TPM, así como también el registro de contenido con herramientas como tablas, esquemas.

La citada investigación concluyó que “los altos tiempos de SETUP son causados por falta de estandarización del proceso de SETUP; las paradas de máquinas son causados principalmente por un mal seguimiento del plan de mantenimiento” (Rodríguez, 2022, p.125) , además determinan que el promedio de horas de parada reduce en un 50% luego de haber hecho el análisis; así como también que al no utilizar la capacidad máxima de la máquina, de las 7237 unidades que se deben producir solo se fabrican 5024 apenas, lo que da un 69,41% de utilización dando un amplio margen de acción.

La tesis es de gran aporte a la investigación debido a que el impacto positivo obtenido luego haber sido implementada la filosofía Lean es bastante favorable hacia con la empresa, sin embargo, nos detallan que puede verse vulnerable con el tiempo así que se sugiere que tengamos bastante disciplina y control en cada una de las etapas de la implementación para poder llevar a cabo una permanencia en el tiempo. Además, a ello, en la investigación podemos apreciar gran cantidad de datos, fuentes, tablas y análisis que dan cabida a la investigación. Además, a ello ejemplifica muy bien cada una de las etapas y análisis que se deben seguir, así como también guías de desarrollo.

Holguin y Loro (2022) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Lean Manufacturing para incrementar la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos” presentada en la Universidad Ricardo Palma , señala lo siguiente:

Como objetivo general “Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos (Holguin y Loro, 2022, p. 11). Trabaja con una población del Lead Time de producción del área de Cartónplast, y su muestra fue el Lead Time de producción de los 5 productos más representativos (Holguin y Loro, 2022, p. 46). El enfoque de esta investigación es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo, y diseño cuasi experimental. Como técnica e instrumentos para recolectar datos utiliza el análisis documental brindado por la empresa, del lead time de la producción semanal, Registro de tiempo de actividad semanal de las máquinas y el Registro de tiempos de cambio de formato semanal. (Holguin y Loro, 2022, p. 49)

La citada investigación concluyó que La implementación de las técnicas de Lean Manufacturing mediante un programa de mantenimiento autónomo condujo a una notoria mejora en el tiempo de actividad o funcionamiento de la maquinaria utilizada para la producción, pasando de 71.7463 a 74.65 horas por semana. Esta diferencia de 2.9037 representa una mejora porcentual del 4.047%.(Holguin y Loro, 2022, p. 118); además de ello determinan que La implementación de las prácticas de Lean Manufacturing mediante la aplicación de la metodología SMED resultó en una notable mejora en la disminución de los tiempos de cambio de formato semanales, reduciéndose de 15.1344 a 12.3417 horas por semana. Esta diferencia de 2.7927 equivale a una mejora porcentual del 18.453%.(Holguin y Loro, 2022, p. 118);

La contribución sustancial de esta tesis a la investigación radica en el impacto positivo evidenciado tras la implementación de la filosofía Lean en la empresa. No obstante, se señala la posibilidad de vulnerabilidades a medida que avanza el tiempo, por lo que se sugiere mantener una disciplina y control rigurosos en todas las etapas de la implementación para garantizar una sostenibilidad a largo plazo. Además, la investigación proporciona una abundancia de datos, fuentes, tablas y análisis que enriquecen el estudio. Asimismo, detalla de manera ejemplar cada etapa y análisis necesario, ofreciendo pautas claras para el desarrollo. Antecedentes extranjeros

Bernal y Alzate (2018), en su presente tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Estrategias Lean Manufacturing para una empresa del sector metalmecánico” sustentada en la Universidad de San Buenaventura de Colombia señala lo siguiente:

Como objetivo general, aplica estrategias que permitan la mejora transversal de los procesos en la empresa Afil&Sol aplicando el Lean Manufacturing, como técnica e instrumentos se utiliza herramientas como el mapeo de procesos a un nivel detallado, métodos para realizar estudios de reproducibilidad, programas estadísticos y AMEF.

La citada investigación como principal conclusión determinó que se logró evidenciar el cumplimiento del objetivo general a través de la propuesta de estrategias para la mejora de múltiples procesos en la empresa; sin embargo, dado el alcance del trabajo y el tiempo de ejecución, la implementación no fue contemplada dentro de los entregables del proyecto.

Esta tesis es de gran importancia debido a que nos detalla la forma en que se trabaja en el extranjero ya que, pese a que es otra localidad sumamente diferente, las herramientas de Lean Manufacturing se mantienen en el ámbito de eliminar mudas del proceso.

Cruz (2018), presenta para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa metalmecánica” (Nivel Yellow Belt) presentada en la Universidad Nacional Autónoma de México señala lo siguiente:

Como premisa general, reducir tiempos de entrega de producto terminado utilizando la metodología DMAIC, para así disminuir la incidencia de quejas y reclamaciones del cliente, cancelaciones de pedido y pérdida de credibilidad y el riesgo que esto conlleva, como técnica e instrumentos se utilizó datos históricos como fechas de pedido, clientes,

órdenes de producción, fechas de arribo de materiales críticos, fechas de inicio de producción.

La citada investigación como principales conclusiones determinó que al aplicar técnicas de Estudio del Trabajo como balanceos de línea y estudio de tiempos y movimientos se logró disminuir el tiempo de producción. Asimismo, se presenta con estos resultados un plan que de la mano con el Sistema de Gestión de Calidad logre cumplir con los objetivos de cada área y de la empresa como tal.

La tesis mencionada anteriormente nos muestra de una manera más sistemática un modelo de balance de línea, el cual nos sirve de ejemplo en la presente investigación ya que nos proporciona una nueva herramienta que no se consideraba la cual es tomada y utilizada en la decisión de alternativas de solución de problemáticas.

Blanco y Hernandez (2020), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Diseño de propuesta de mejoramiento del área metalmecánica de la empresa ILK Ingenierías S.A.S mediante el método de las 5’S” presentada en la Universidad Tecnológica de Bolívar señalan lo siguiente:

Como objetivo general, Diseñar una propuesta de mejoramiento a partir de la aplicación de la metodología 5S, en el área de metalmecánica, de la empresa ILK, ingeniería, con la finalidad mejorar el uso de los espacios para incrementar la productividad (Blanco y Hernandez, 2020, p.30). Trabaja con una población de 12 trabajadores de la empresa, considerando la misma población como muestra. El enfoque es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi experimental. Como técnica e instrumento para recolectar datos, se utiliza las encuestas.

La investigación concluye en que una desorganización tanto de los materiales como de la maquinaria, generaron pérdidas de tiempo que pueden ser correctamente corregidas, que luego de implementar las 5’S en la planta se evidenció un mayor orden y predisposición por parte de los empleados en fomentar esta cultura, generando de que tanto los colaboradores como personal administrativo, se vean involucrados en la perduración de este.

La tesis es de gran aporte para la investigación debido a que nos presenta un caso que ocurre muy cerca de Perú, y que sin embargo se incumplen en los mismos principios de orden y limpieza, que además al comienzo de la implementación se ven timoratos u

ofuscados para implementar, pero que sin embargo luego con las mejoras presenta gran cantidad de satisfacción.

(Quezada, 2023) En su tesis para optar el grado profesional de Magíster en mejoramiento de procesos mención en optimización y productividad industrial “Mejoramiento del sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean Manufacturing en la producción de cal de MINABRADEC Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba” presentada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, señala lo siguiente:

Como objetivo general el “Mejorar el sistema productivo mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba.” (Quezada, 2023, p. 3). Trabajó con una población del número de sacos producidos de cal diarios, y una muestra de 36 sacos. El enfoque es cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi experimental. Como técnica de recolección de datos se utiliza diagramas de flujo, pareto, documentos de la empresa; como instrumento el análisis documental.

La investigación concluyó en que la evaluación del nuevo enfoque para el proceso de producción, llevada a cabo mediante una prueba piloto que incluyó la aplicación del VSM y la metodología 5S, demuestra un significativo aumento en los niveles de cumplimiento de seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, alcanzando un promedio del 78% (calificación: MUY BUENO). Esta estrategia condujo a una mejora en la productividad de 0.30 sacos por hora, lo que equivale a un incremento de 4.20 sacos en la producción durante la jornada laboral actual. (Quezada, 2023, p. 93).

La tesis es de gran aporte a la investigación debido a que nos muestra una herramienta más del Lean Manufacturing, la cual es el Value Stream Mapping (VSM) el cual su naturaleza radica en su capacidad para visualizar, analizar y optimizar los procesos dentro de una organización; los cuales son reflejados en la tesis ya que nos demuestra que se incrementó la producción luego de haber realizado dicho análisis.

(Castro, 2023) en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial “Propuesta de un plan de mantenimiento autónomo de una máquina tubera en una empresa metalmecánica en la ciudad de Guayaquil”, señala lo siguiente:

Como objetivo general el elaborar un plan de mantenimiento autónomo en base a las actividades de verificación, seguridad, arranque de máquina, limpieza y lubricación

(Castro, 2023, p. 5) Trabajó con una población del número de tubos producidos según el plan de producción y como muestra la producción de tubos del mes de abril. El enfoque fue cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi experimental. Como técnica de recolección de datos se utilizó el análisis documental mediante Checklist de planes de producción, de limpieza, de arranque de línea.

La investigación concluyó en que la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) con enfoque en el mantenimiento autónomo y la capacitación del personal en la Tubera garantiza respuestas inmediatas a problemas menores, involucrando a los operadores en su resolución. Mediante la metodología 5S, la organización priorizó la formación del personal, estableciendo una cultura de orden y limpieza. Esto resultó crucial para mejorar la disposición de herramientas, desde la calibración de la maquinaria hasta la gestión de inventarios. En términos de Costo/Beneficio, el proyecto se consideró factible y viable. (Castro, 2023, p. 5)

La tesis es de gran importancia debido a que detalla que el mantenimiento autónomo es crucial para la eficiencia operativa al empoderar a los operadores para realizar tareas de mantenimiento básicas. Esto reduce tiempos de inactividad no planificados, mejora la confiabilidad de los equipos y contribuye a una gestión más eficiente de los recursos. En última instancia, fomenta una cultura proactiva de cuidado y responsabilidad sobre la maquinaria, optimizando el rendimiento general de la operación.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Se fundamentan las herramientas de Lean Manufacturing que se utilizan en nuestra tesis, los cuáles son explicados detalladamente para su óptima ejecución al identificar los principales problemas e implementar una solución pertinente en la empresa.

Metodología 5´S

Esta metodología tiene como principio fundamental el de mejorar nuestras actividades y el contexto industrial en el que nos desenvolvemos día a día. Es por ello que algunos autores la denominan como una “Cultura de mejora continua”, ya que al estar en constante evolución, cada pequeño cambio que podamos notar en nuestro entorno conlleva a que se tenga que adaptar nuevas herramientas o metodologías.

Las 5S representan la metodología que ofrece al equipo la posibilidad de implementar mejoras tangibles como el aumento de la productividad, la mejora de la calidad y la

seguridad (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 11) Además, se incluyen aspectos no tangibles, tales como el ejercicio de liderazgo, el fortalecimiento de la asunción de responsabilidades, la iniciativa proactiva, la administración del talento y la colaboración sinérgica del equipo.

Dentro de esta metodología de la mejora continua se consideran 5 fases de implementación que están demarcadas con una palabra japonesa de letra S.

La primera “Seiri” que corresponde a la selección de artículos necesarios de los innecesarios; la segunda “Seiton” que corresponde al orden de dichos elementos en su lugar de trabajo; la tercera “Seiketsu” que corresponde a la estandarización según las normas que se acordaron durante la implementación de las S anteriores; y por último la quinta S es “Shitsuke” que corresponde a las auditorías para dar seguimiento y que a su vez corresponde a la mejora continua.

En la siguiente tabla 1 se puede apreciar lo mencionado anteriormente, así como también las fases de implementación de las 5’S:

Tabla 1

Fases de implementación de las 5’S

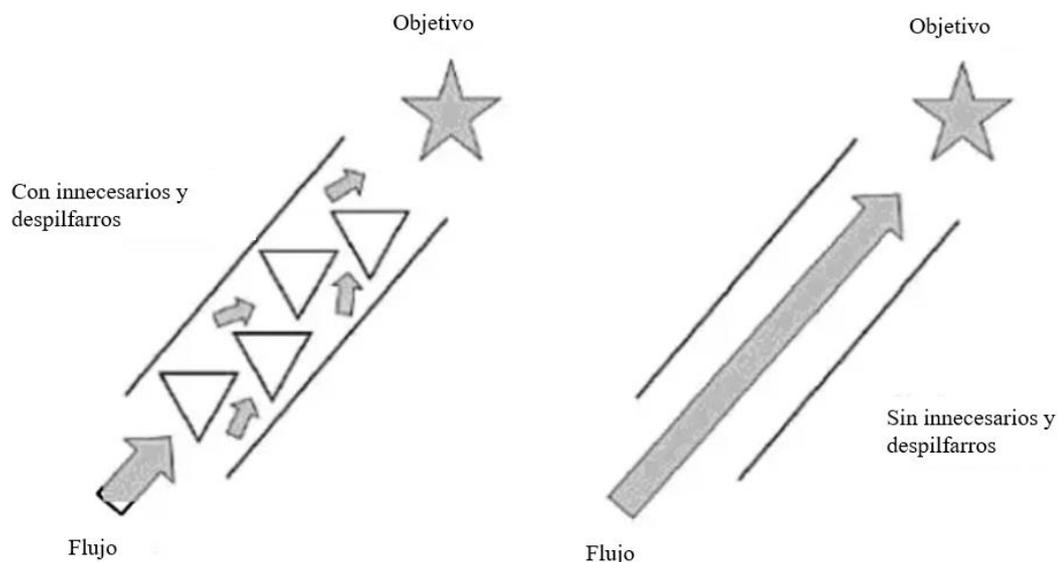
Fases de implementación	5S en japonés	5S en castellano	Representación gráfica
Operativa	Seiri	Seleccionar, Eliminar, Reducir	
	Seiton	Ordenar, Clasificar, Identificar	
	Seiso	Limpiar, Sanear, Anticipar	
Funcionales	Seiketsu	Estandarizar, Normalizar	
	Shitsuke	Auditar, Autodisciplina, hábito	

Nota. Adaptado de (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 13)

Un punto muy importante en la implementación de las 5`S es el tener un objetivo claro de donde se va a implementar, así como también saber en qué recursos se van a tener un mayor control para eliminar las tan mundialmente conocidas desperdicios o mudas. Algunos autores determinar que para poder llevar un buen control se debe de potenciar las actividades que generen valor al producto, reducir las actividades que no generan valor pero son necesarias y por último con lo anteriormente mencionado se puede detectar los despilfarros o desperdicios, ya que se tiene un panorama más claro. Los autores (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018) en la siguiente figura 9 se detallan de una manera más gráfica lo anteriormente mencionado:

Figura 9

Tipos de actividades



Nota. Adaptado de (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 18)

Como se puede apreciar en la figura anterior, cada desperdicio que se encuentre al momento de realizar un análisis es una oportunidad de mejora, ya que al eliminarlo aumentamos la cantidad de beneficios que se pudieron haber obtenido .

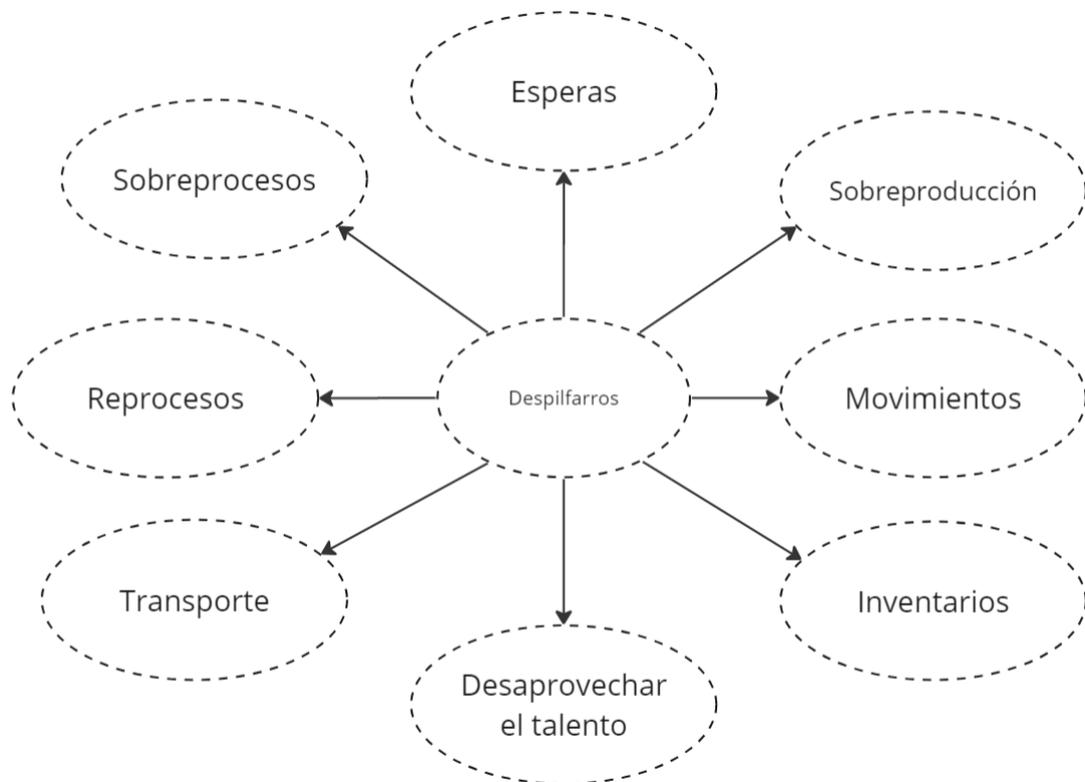
Además a ello es importante recalcar que los desperdicios, a manera de estudio, se dividen en 8 grandes grupos los cuales son: Sobreproducción implica generar más productos de los necesarios o sin la solicitud directa del cliente. Los inventarios se refieren al exceso de material o información que interfiere con el flujo de producción. Los movimientos innecesarios, ya sean de personas o máquinas, constituyen otra forma de pérdida. Los

reprocesos se originan a partir de trabajos adicionales y errores de calidad. Los sobreprocesos se refieren a operaciones inútiles o poco eficientes. Las esperas representan pérdidas de tiempo entre operaciones. Los transportes innecesarios involucran movimientos de materiales o información que no contribuyen al proceso. Finalmente, el desaprovechamiento del talento se produce al no aprovechar las capacidades, habilidades e ideas de los trabajadores. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 20)

En la siguiente figura 10 se puede apreciar a manera de resumen lo mencionado anteriormente:

Figura 10

Resumen de los desperdicios



Nota. Adaptado de (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 20)

Por último, se procede a explicar de las herramientas y etapas que conllevan cada una de las etapas de que conlleva la implementación de las 5'S, así como también las consideraciones y aspectos técnicos de cada una de las S.

Primera S: Seiri (Seleccionar, elimina, reducir)

En esta etapa de la implementación se diferencia lo que realmente es necesario, de lo innecesario para el lugar de trabajo. Es decir, se define los elementos que son necesarios o generan valor en el flujo del proceso para luego clasificarlos según las necesidades. Con estas acciones se busca reducir los artículos del puesto laboral que no intervienen durante el proceso, a fin de que todo esté a la mano y se reduzcan tiempos ociosos.

Los autores (Aldavert, Vidal, Antonio, & Aldavert, 2018) detallan que una buena selección y su respectiva eliminación o reubicación, son la base para establecer correctamente las demás S. Con un exceso de objetos, no se estaría teniendo un orden adecuado, ni tampoco al momento de la limpieza se podría realizar de manera satisfactoria. Si todo es importante, todo pasa desapercibido. (p. 29)

Beneficios de la implementación de la primera S:

- Ganancia de espacios útiles ya sea de forma física (entorno) o de forma virtual (computadora)
- Reducción de tiempo en búsqueda de objetos, herramientas, documentos.
- Mayor seguridad.
- Descanso mental al no haber sobreexposición de varias herramientas.
- Fomentar trabajo en equipo.

Factores para tomar en cuenta para la selección de lo que se va a utilizar:

Circulo de selección:

Es el más recomendable para objetos pequeños ya que se crea áreas en las que se van separando objetos y así determinar su futuro. Existen tres áreas que se deben tomar en cuenta son: Aceptación (Elemento útil para ser guardado), eliminación (el objeto es inservible) y reubicación (Funciona, pero hay que buscarle un lugar más apropiado). (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 32)

Tarjetas rojas:

Es un mecanismo de identificación muy visual, y se asigna a los elementos que requieren ser procesados. En estas tarjetas se lleva gran cantidad de información y además es utilizada para asignar responsables, así como también revisar la trazabilidad del cumplimiento de las mismas.

Segunda S: Seiri (Ordenar, Clasificar, Identificar)

En esta etapa de implementación se busca ordenar y organizar los elementos necesarios que son parte de la zona de trabajo. Con ello, se busca que herramientas, insumos, partes, repuestos y demás sean encontrados de forma más rápida y de un modo más fluido. Al

determinar un lugar para cada objeto se puede hacer un mayor manejo de la disposición de los mismos, y a su vez encontrar las mudas correspondientes.

Beneficios de la implementación de la segunda S:

- Consolidación de un equipo de trabajo, en el que se analiza, se tiene un conceso, se verifica resultados y se genera sinergia de equipo.
- Mejor manejo del lugar que ocupan los objetos, identificación llevadera.
- Interacción accesible y ergonómica con todos los elementos
- Ahorro en la compra de materiales, herramientas y repuestos que se puedan ver duplicados.
- Mayor cantidad de áreas libres para organizar futuros proyectos.
- Menor contaminación visual lo que genera un descanso mental.

Etapas o niveles de implementación de la segunda S

Primer nivel: Herramientas, utensilios, EPI y consumibles

El nivel inicial resulta altamente práctico para organizar objetos manuales, como herramientas o utensilios. La aplicación de estos sistemas tiene un impacto directo en la implementación de la tercera S, ya que permite la eliminación de desorden y simplifica el proceso de limpieza. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 58)

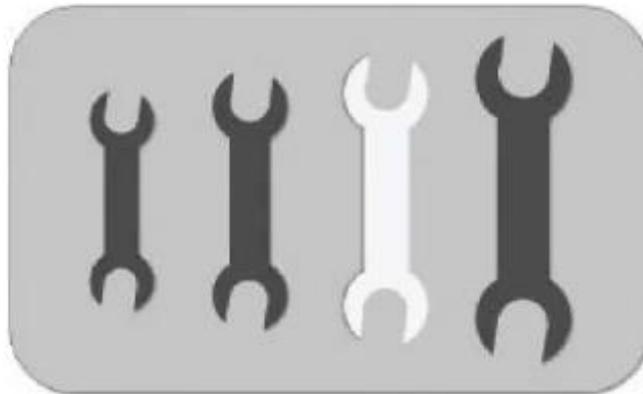
Recursos para ordenar:

Contornos:

Consiste en crear en una superficie los espacios exactos para colocar las herramientas, para ello es bueno conocer que tipo de herramienta se utiliza en cada lugar. Como los espacios se adaptan a la herramienta, no es posible cambiar el lugar de la misma. Así como se aprecia en la siguiente figura 11.

Figura 11

Contornos para separar herramientas



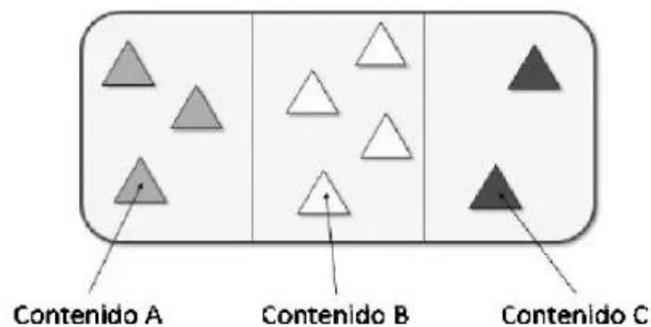
Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 58)

Separadores:

Sirven para delimitar gran cantidad de objetos pequeños que siguen ciertos patrones, como lo pueden ser pernos, arandelas, huachas; que debido a su gran cantidad son separados mediante la medida de su tuerca o de algún patrón en particular, así como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Orden de objetos con separadores



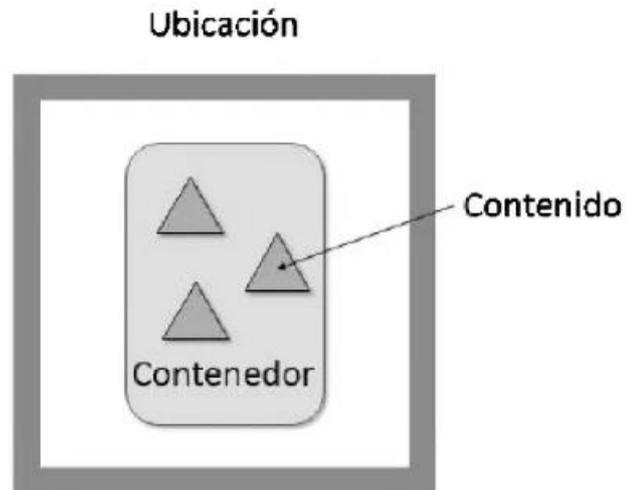
Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 58)

Cintas delimitadoras:

Con cintas adhesivas se colocan encima de los estantes, armario, mesa las líneas del espacio que se le está asignado a los objetos determinados; con ello se realiza la identificación del espacio y su contenido. En la figura 13 se puede apreciar lo mencionado anteriormente.

Figura 13

Delimitación de objetos con cintas



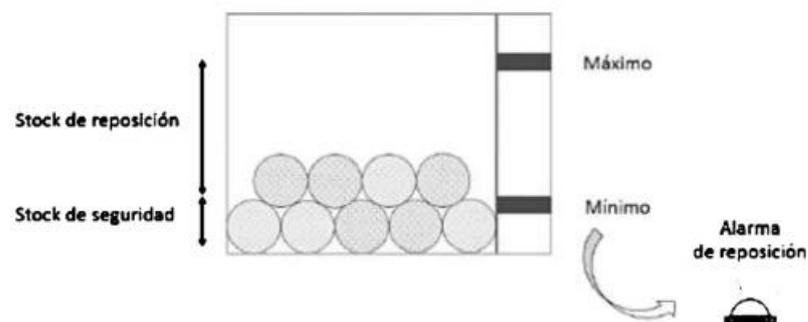
Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 60)

Control de reposición de consumibles

Este tipo de control visual sirve para insumos en la que el intervalo de rotación de stock no debe de ser por debajo de un límite ya delimitado. En la figura 14 se puede apreciar lo mencionado anteriormente.

Figura 14

Delimitación de consumibles por cantidad



Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 62)

Segundo Nivel: Documentación, materiales y productos

En este nivel se identifica y organiza gran cantidad de elementos de la zona de trabajo, se diferencia por tipologías así como también documentación de análisis.

Consideraciones de la implementación

- Codificación numérica
- Manuales de localización y registro del uso correcto
- Codificación por colores así como también tipologías
- Codificación por líneas, identificar las posiciones.

Tercer nivel: Maquinaria y mobiliario

El tercer nivel de identificación se vuelve especialmente relevante en entornos fabriles y logísticos, donde la convivencia de personas y maquinaria en vastas áreas resalta la importancia de la seguridad. Esta juega un papel crucial al posibilitar la identificación de objetos o áreas seguras, así como la ubicación de elementos móviles. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 68)

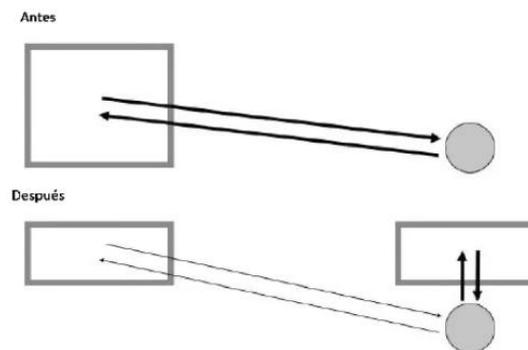
Consideraciones de la implementación

- Señalización en el suelo sin redistribución de la planta
- Señalización en el suelo con redistribución de la planta

En la siguiente figura 15 se podrá apreciar lo mencionado anteriormente:

Figura 15

Señalización en el suelo con redistribución en la planta



Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 71)

Tercera S: Limpiar, sanear, anticipar

En esta fase, se persigue de manera constante la detección de cualquier irregularidad para abordarla y resolverla. Adoptamos un enfoque preventivo, actuando antes de que la anomalía pueda convertirse en un problema significativo. Mantener las máquinas y equipos en condiciones óptimas de funcionamiento es la esencia de Seiso. En este proceso, la seguridad y el mantenimiento están intrínsecamente conectados, trabajando de la mano en la tercera S. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 75)

La suciedad en el puesto de trabajo genera gran cantidad de desmotivaciones ya que un ambiente en malas condiciones aumenta la cantidad de riesgos que se puedan ocasionar, así como también la merma, que conlleva un incremento del porcentaje de merma, reduciendo porcentualmente nuestra eficiencia. Es por ello que la tercera S más que limpiar, consiste en el diseño de sistemas que no permitan ensuciar, lo cual se resume en no limpiar.

Beneficios de la implementación

- Mejora en el mantenimiento de las máquinas, reducción de las averías.
- Equipos de backup con un flujo más alto de rotación
- Reducción del tiempo de limpieza
- Planes autónomos de limpieza en la maquina
- Mayor calidad de producción, reducción del porcentaje de merma.
- Áreas de trabajo más agradables y menos saturadas

Cuarta S: Estandarizar, normalizar

Los estándares posibilitan la aplicación rápida de los procedimientos establecidos en diversas situaciones, independientemente de la persona que los implemente. La ausencia de estándares en el entorno laboral lleva a que las personas actúen según sus propios criterios, lo que puede resultar en resultados variados entre los individuos involucrados. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 85)

Beneficios de la implementación:

- Se aprovecha el intelecto y el potencial del personal de trabajo, ya que se transmite el conocimiento adquirido a lo largo de los años
- Se busca que el personal asuma mayores responsabilidades de trabajo
- Se fomenta en demasía el trabajo en equipo, consolidando equipos para intercambiar puntos de vista.
- Se sigue fomentando lo impartido las S anteriores ya que se sigue en búsqueda constante la eliminación de las mudas.
- El mantenimiento de maquinaria se hace de manera rutinaria, aumentando la disponibilidad del equipo.

Recursos para la estandarización de procesos

Estándar de Eses operativas

En esta ficha se muestran fotografías luego de la implementación de las S operativas, en estas imágenes se transmite a los receptores lo que se quiere que perdure en el tiempo, aquí se muestran los objetos necesarios para el desarrollo de la actividad. En la figura 16 se visualiza lo mencionado anteriormente.

Figura 16

Control visual de Eses Operativas



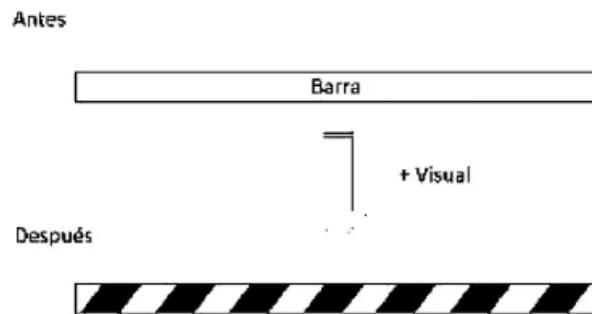
Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 89).

Estándares para la seguridad laboral

Se busca mantener las buenas prácticas de señalización de espacios que necesiten ser demarcados, así como también el fomento de una cultura en seguridad bastante comprometida. En la siguiente figura 17 se aprecia una forma en la que se demarca una zona peligrosa.

Figura 17

Lección de un punto de seguridad



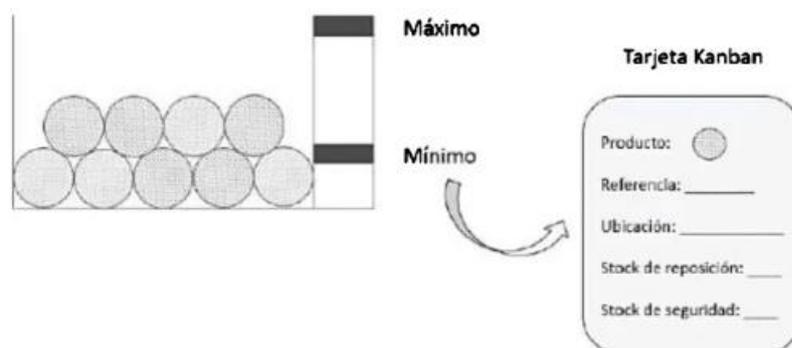
Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 92).

Gestion de stock

Sirve para llevar un control de la reposición que se debe tener como mínimo tomando en cuenta estandares como lo son el stock mínimo, así como también la promoción de las buenas costumbres empleadas en las eses anteriores. En la figura 18 se muestra lo mencionado anteriormente.

Figura 18

LUP de stock mínimo



Nota. (Aldavert, Vidal, Antonio y Aldavert, 2018, p. 93).

Quinta S: Auditar, autodisciplina

En la fase de la quinta S, se experimentará un desarrollo en los modelos de auditoría, incluyendo sus rutas, niveles de exigencia, frecuencia y la rotación de los auditores. Ya que anteriormente se tuvo gran cantidad de conocimiento previo y sobre todo aprendizaje, el cual nos aportará una mejor perspectiva a nuevos problemas que se puedan ocasionar.

Beneficios de la implementación

- Se desarrolla herramientas que permiten cuantificar avances y progresos
- Involucrar al personal en herramientas de resolución de problemas
- Capacitar al personal en nuevo conocimiento y habilidades adquiridas
- Hacer uso de registros, estándares, a los sistemas de gestión que se manejan.
- Implementar la cultura Lean, eliminando las mudas y generando valor.

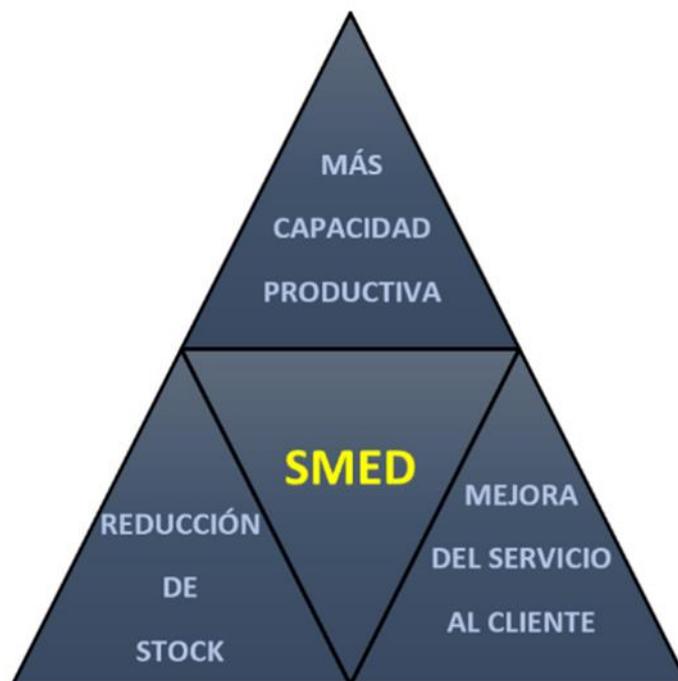
Metodología SMED

Con el uso de esta herramienta es posible reducir el tiempo perdido en los equipos cuando están en una parada de cambio y pasar de un tipo de producto a otro. Socconini (2008)

La implementación de la metodología Smed se basa en conseguir reducción en el tiempo de cambio de una máquina y a su vez generar ahorros en el proceso. Por este motivo es que la idea no es cambiar o comprar equipos más modernos con especificaciones técnicas de mayor nivel. En la figura 19 se puede apreciar de manera resumida lo anteriormente mencionado.

Figura 19

Los 3 beneficios de la aplicación del Single Minute Exchange of Die



Nota. Extraído de Instituto de Productividad Empresarial Aplicada

Pasos:

Preparación Previa:

Consiste en indagar, conocer el flujo completo de trabajo, productos, maquinarias, tiempos, reportes, historial de fallas. También asesorarse del personal experimentado, con preparación y conocimientos técnicos.

Análisis del proceso:

Se tiene que supervisar el proceso, identificar y documentar las falencias que se encuentren al trabajar el cambio en la máquina.

Dividir lo interno de lo externo:

Sirve para diferenciar las funciones que se le aplican al equipo, las externas son las que se realizan con el equipo en funcionamiento habitual y las internas con el equipo detenido, ambas están asociadas al set-up del proceso.

Actividades externas:

En este paso es útil apoyarse de una lista y considerar las actividades pertinentes al equipo cuando está en funcionamiento normal.

Convertir lo interno de lo externo:

Se requiere seleccionar las actividades internas que se han optado por convertir en externas y poder mantener el equipo en marcha.

Reducir los tiempos de las actividades internas: En esta etapa el objetivo es optimizar las actividades internas, ya que estas demandan que el equipo se encuentre en funcionamiento normal.

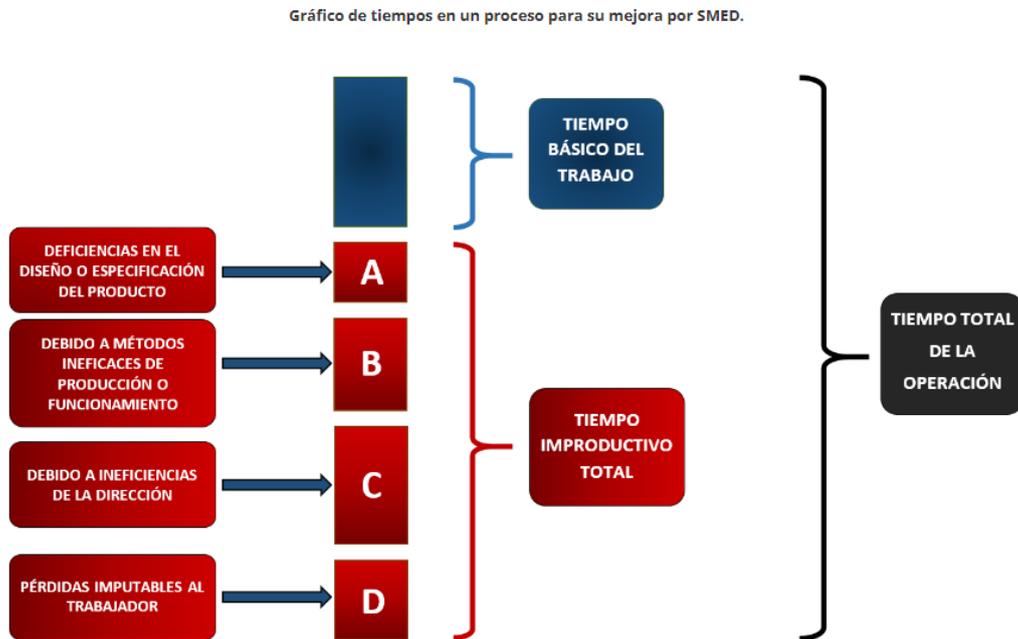
Seguimiento del proceso SMED:

Una vez concluida la implementación, es de suma importancia que se realice la supervisión respectiva y analice la efectividad de este, mediante reportes e indicadores.

En la figura 20 se aprecian las tres principales áreas donde se pueden obtener mejoras notables al aplicarse la metodología SMED. La capacidad productiva después de reducir tiempos de cambio, la reducción de stock al lograr una logística óptima de materias primas y el servicio al cliente al ofrecer calidad de atención de acuerdo con nuestro mercado.

Figura 20

Gráfico de tiempo en un proceso para mejorar mediante SMED



Nota. Extraído de Instituto de Productividad Empresarial Aplicada

Según lo que se aprecia en la figura 11, se entiende que además de reducir el tiempo de cambio en las máquinas también se logran completar objetivos que desde un punto de vista de indicadores de eficiencia catalogan a una empresa más competitiva.

Para un correcto desarrollo de la metodología SMED el autor (Shingo, 1989) lo divide en 8 técnicas para una correcta implementación:

Técnica 1: Separar las operaciones internas de SETUP de las externas.

Es crucial establecer de manera precisa qué tareas deben efectuarse durante el tiempo en que la máquina se encuentra detenida y cuáles son factibles de llevar a cabo mientras está en marcha. Por ejemplo, todas las labores relacionadas con la preparación o traslado de herramientas, dispositivos, calibres y materiales de y hacia la máquina pueden ejecutarse mientras esta se encuentra en funcionamiento. Las operaciones internas se limitan a la retirada e instalación del herramental, así como su fijación. Al separar y organizar de manera efectiva las operaciones internas y externas, se puede lograr una reducción significativa, de entre el 30% y el 50%, en el tiempo requerido para el cambio de serie.

Técnica 2: Convertir operaciones internas en externas.

Este representa el principio más impactante del sistema SMED, según la perspectiva de Shingo. Dicha transformación implica una revisión exhaustiva de las operaciones para

identificar pasos que hayan sido erróneamente internalizados, desorientando la operación interna; esto facilita la exploración de alternativas para externalizar las operaciones internas.

Para evitar pérdida de tiempo en el ajuste de altura de los platos de una prensa, se puede estandarizar la altura de los moldes o matrices mediante la adición de placas o bloques planos debajo de la herramienta inferior.

Otra transformación sencilla aplicable a herramientas operativas en caliente consiste en realizar un precalentamiento previo, eliminando así los 30 ciclos de ajuste en la prensa necesarios hasta que el herramental alcanza la temperatura adecuada.

Técnica 3: Estandarizar funciones, no formas.

Normalizar la forma y el tamaño de los moldes o matrices se traduce en una notable reducción en el tiempo requerido para el cambio de serie. Sin embargo, la normalización de la forma resulta redundante, ya que todos los herramientas se verán obligados a funcionar de acuerdo con las condiciones del molde más grande, generando costos innecesarios. En cambio, la normalización de las funciones implica solo la uniformidad de las partes esenciales para las operaciones de cambio de serie.

Por ejemplo, al añadir un bloque a la herramienta inferior para estandarizar la altura de la herramienta, se posibilita la utilización de los mismos dispositivos de anclaje en diversos cambios de serie.

Técnica 4: Utilice dispositivos de anclaje funcionales o elimine sujetadores

El tornillo, siendo el dispositivo de anclaje más comúnmente empleado, puede resultar en una inversión considerable de tiempo al ajustarlo para lograr la sujeción adecuada del molde. Consideremos un tornillo con 15 roscas, que requiere 14 vueltas para su ajuste, reservando la última vuelta para fijar el molde (es esencial asegurarse de que el estiramiento provocado por el torque no lo afecte). Desde una perspectiva práctica, la última vuelta es la que verdaderamente asegura el tornillo para fijar la herramienta; las 14 vueltas anteriores representan una pérdida de tiempo o un movimiento innecesario. Si el propósito del tornillo es ajustar o desajustar, debería contar con la longitud suficiente para poder realizar esta tarea en una sola vuelta. Esto transformaría al tornillo en un dispositivo de anclaje funcional.

Técnica 5: Utilice dispositivos intermedios.

Es posible reducir algunas de las demoras ocasionadas por los ajustes durante el tiempo interno de cambio de serie mediante el uso de dispositivos intermedios normalizados.

Estos dispositivos intermedios asumen la carga de trabajo, lo que resulta en un menor esfuerzo manual y permite llevar a cabo el cambio de molde de manera más eficiente, logrando así una significativa disminución en el tiempo total de cambio de serie.

Técnica 6: Adopte operaciones en paralelo.

Durante el cambio de serie en herramientas de moldeo de plástico y matrices de moldeo en prensas, las actividades abarcan tanto el lado frontal como el posterior de la máquina. Si estas tareas son llevadas a cabo por un solo operario, se generan pérdidas significativas de tiempo y movimiento, dado que el operador debe desplazarse de la parte frontal a la posterior de la máquina. Sin embargo, al asignar dos operarios para realizar estas actividades en paralelo, el tiempo de cambio de serie generalmente se reduce a menos de la mitad. Por ejemplo, una operación que toma 30 minutos para un solo operario puede completarse en 10 minutos con la colaboración de dos operarios. Aunque el uso de operaciones en paralelo mantiene las horas-hombre empleadas en el cambio de serie iguales o incluso menores en comparación con un solo operario, el tiempo efectivo de operación de la máquina aumenta. A pesar de estos beneficios, este enfoque suele ser desestimado por algunos gerentes que consideran que no pueden permitirse la pérdida de otro trabajador para asistir en el cambio.

Técnica 7: Eliminar el ajuste.

El establecimiento de las condiciones iniciales para un proceso y los ajustes constituyen entre el 50 y el 70% del tiempo interno de preparación, por lo que eliminar estas fases resulta en un significativo ahorro de tiempo.

La eliminación de la necesidad de ajustes comienza al reconocer que el establecimiento de las condiciones iniciales y los ajustes son funciones separadas e independientes.

La configuración inicial de las condiciones para un nuevo producto es una tarea esencial cada vez que se efectúa un cambio en el producto. Por otro lado, los ajustes se centran en corregir estas condiciones iniciales. En consecuencia, si se logra establecer correctamente las condiciones iniciales para un nuevo producto desde el principio, no sería necesario realizar ajustes.

Técnica 8: Mejoras mecánicas.

A pesar de que el cambio de troqueles, dispositivos y calibres puede ser relativamente simple, a menudo se requieren mejoras mecánicas para lograr un movimiento eficiente de matrices o moldes grandes. Mecanismos neumáticos e hidráulicos son opciones convenientes, al igual que el cierre de una prensa mediante motores. Sin embargo, las

inversiones en mejoras mecánicas deben ser evaluadas cuidadosamente, manteniendo en mente el objetivo de la operación. Es crucial considerar cualquier mejora mecánica únicamente después de haber agotado todos los esfuerzos para mejorar el tiempo de preparación utilizando las técnicas descritas anteriormente.

Mantenimiento Autónomo

Según Nakajima (1989), el Mantenimiento Autónomo está comprendido por 7 pasos para su implementación, los cuáles requieren enfatizar la educación y constancia del operario. El conseguir personas con educación, voluntad y capacitados técnicamente se obtendrá un funcionamiento óptimo en las actividades de control autónomo.

En la tabla 2 se detalla que el mantenimiento autónomo consiste en hacer asumir la función a todos los trabajadores de responsabilizarse por el estado del equipo o máquina que estén utilizando, mediante inspecciones y monitoreo de forma independiente.

Tabla 2

Indicadores que se desarrollan mediante el Mantenimiento autónomo

	I. ESTABILIDAD			II. FIABILIDAD		III. CAPACIDAD		IV. GESTIÓN AUTÓNOMA	
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°		
Mantenimiento autónomo	Limpieza y etiqueta Estándar Provisional			Inspección general	Inspección Autónoma del Proceso	Organización y Orden Gestión Autónoma			
Mantenimiento planificado	Evaluación del Equipo		Gestión de la información		Programas de Mantenimiento Preventivo Periódico	Programa de M. Preventivo Condicional	Sistema de Evaluación Permanente		
Mejora específica	Base para mejorar			Mejoras de Restauración	Mejoras de Superación	Mejoras de Innovación			
	Eliminar conter FS Mejorar LDA			Implementar Análisis de Fallos y Ciclo de Mejoras	Implementar Análisis MP Ciclo de Mejora	Desarrollar Material y Tecnología			
Formación y práctica	Desarrollar competencias			Conocer Equipo	Conocer Proceso	Aprendizaje Continuo			
	Formación Básica Matriz de Habilidades			Formación Especifica Academia TPM	Formación principios funcionales Matriz de Conocimiento	Centros de Aprendizaje			

Nota. Extraído de Kaizen Institute.

En la Tabla 1 identificamos las actividades de mayor valor que se desarrollan desde la perspectiva del mantenimiento autónomo. La esencia es lograr la armonía con el mantenimiento preventivo a través del operador y una máquina eficiente.

Pasos:

Aumentar el conocimiento de los empleados:

En este paso inicial es clave capacitar al trabajador y después evaluar su correcto aprendizaje, esta es la manera para que confiar en que el empleado de forma

independiente pueda detectar cambios y resolver problemas habituales en los equipos manteniéndose así en las mejores condiciones posibles.

Limpieza e inspección inicial:

Después de que los empleados sean capacitados y tengan autonomía en sus funciones, ellos podrán liderar las inspecciones de toda índole. Con la experiencia adquirirán la confianza para reconocer un desperfecto de la máquina a través de sus sentidos.

Sin embargo, si ellos consideran que hay funciones que no pueden resolver, es su deber de informarlo a tiempo para que sea atendido a tiempo.

Eliminar las fuentes de contaminación:

En este paso se destaca el conocimiento avanzado del trabajador sobre el equipo en cuestión, ya que por la experiencia de trabajo es el quién conoce sus necesidades y lo mejor para mantenerlo. Por ello se les debe dar las facultades de dar las validaciones técnicas al momento de cambiar piezas, ejecutar las compras, sugerencias de optimización en métodos de trabajo.

Estandarizar inspecciones: En esta etapa del proceso es fundamental implementar y establecer estándares, los cuáles deben adecuados a cada equipo, máquinas, bien o suministro, con la asesoría de técnicos especializados e ingenieros y aprobados por la alta dirección.

Inspección y monitoreo de actividades:

Está claro que el objetivo es aumentar la productividad, para esto se recomienda evitar el saturar de funciones y trabajo al operario. Las actividades del empleado monitoreadas y programadas por los supervisores de área.

Mantenimiento visual:

En este paso se implanta la buena práctica de ejercer inspecciones visuales al final y comienzo de cada turno, la realización de este promete buenos resultados, identificando desperfectos en el proceso y evitar que se materialicen.

Mejora continua:

Finalmente es obligatorio un monitoreo transparente y estar dispuesto a escuchar una retroalimentación, para esto la formación del personal sigue siendo un aspecto importante y ayudaría a obtener indicadores reales. En la figura 21 vemos un ejemplo de lo mencionado.

Figura 21

Etiquetas para identificación de problemas

Formulario de identificación de problemas en rojo. El formulario incluye los siguientes campos:

- EMPRESA
- Etiqueta N°.
- OPERACIÓN
- Etapo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
- Prioridad: A, B, C
- ANOMALÍA DETECTADA
- Equipo: _____ Local: _____
- Procedido por: _____ Fecha: / /
- DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA (área con líneas para escribir)
- Tiempo estimado de reparación: _____ horas
- COLOQUE ESTA ETIQUETA EN EL EQUIPO

Nota. Extraído de Kaizen Institute

La figura 21 es una etiqueta que se recomienda implementar al realizar el mantenimiento preventivo, consiste en reportar anomalías en los equipos. Estos deben tener un lenguaje entendible para que cuando cada operador inicie su accionar con la máquina tenga el estatus exacto de en qué condiciones está recibiendo el equipo. En la tabla 3 se detallan los pasos a seguir.

Tabla 3

Siete pasos del mantenimiento autónomo

PASO	ACTIVIDADES
1. Limpieza Inicial	Limpiar para eliminar polvo y suciedad principalmente en el bastidor del equipo, lubricar y apretar pernos; descubrir problemas y corregirlos.
2. Contramedidas en la fuente de los problemas	Prevenir la causa del polvo, suciedad y difusión de esquirlas; mejorar partes que son difíciles de limpiar y lubricar, reducir el tiempo requerido para limpiar y lubricar.

3. Estándares de limpieza y lubricación	Establecer estándares que reduzcan el tiempo gastado limpiando, lubricando y apretando (específicamente tareas diarias y periódicas).
4. Inspección general	Con la inspección manual se genera instrucción; los miembros de círculos descubren y corrigen defectos menores de equipo.
5. Inspección autónoma	Desarrollar y emplear listas de chequeo para inspección autónoma.
6. Organización y orden	<p>Estandarizar categorías de control de lugares de trabajo individuales; sistematizar a fondo el control del mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estándares de inspección para limpieza y lubricación. -Estándares de limpieza y lubricación. -Estándares para registrar datos. - Estándares para mantenimiento y herramientas.
7. Mantenimiento autónomo pleno	Desarrollos adicionales de políticas y metas compañía; incrementar regularidad de actividades mejora. Registrar resultados análisis MTBF y diseñar concordantemente contramedida.

Nota. <https://spcgroup.com.mx/mantenimiento-autonomo-en-7-pasos/>

2.4 Definición de términos básicos

- Cambio de Familia: Es el proceso en el cual la máquina se detiene en su totalidad para recibir modificaciones en cada estación de trabajo, para poder prepararla en función de los requerimientos de los perfiles metálicos que sean asignados.

- Disponibilidad: Es una capacidad que facilita la determinación del tiempo durante el cual una máquina o equipo está disponible para desempeñar su función designada. Esto no implica obligatoriamente que esté activa o en funcionamiento, sino que se encuentra en condiciones ideales para operar. (Perez, 2021, p. 23).

- Estaciones: Se denomina estaciones a las 16 estructuras metálicas conformadas por ejes, piñones, chumaceras. En ellas van colocados los rodillos los cuales son los que dan la forma al fleje para convertirlo en tubo (1 a la 9), y dar forma requerida (Redonda, rectangular, cuadrada) en las estaciones 10 a la 13.

- Máquina tubera LAC: Es la máquina que se encarga de la fabricación de los tubos estructurales LAC (perfiles metálicos), esta es conformada por varias estaciones de trabajo, las cuales portan rodillos metálicos que mediante un proceso de rozamiento va produciendo los tubos LAC.
- OEE: Evalúa y asigna calificaciones a las diversas formas de pérdidas que podrían ocurrir durante un proceso de producción. Esta categorización se deriva de manera similar al enfoque del TPM, donde se identifican las 'Seis Grandes Pérdidas'. Estas incidencias disminuyen el tiempo efectivo de procesamiento y afectan la producción óptima que se busca alcanzar. (Gonzáles, 2009, p. 2)
- Productividad: La eficiencia en la utilización de recursos, como el trabajo, el capital, la tierra, los materiales, la energía y la información, define la productividad en la producción de diversos bienes y servicios. Se refiere a la capacidad de incrementar la producción mediante el aumento de cualquiera de los factores productivos mencionados anteriormente. (Sladogna, 2017, p. 1690)
- Stock: Se refiere a un grupo de productos almacenados, listos para ser utilizados en el futuro cercano, facilitando un suministro constante a los consumidores sin exponerlos a las interrupciones asociadas con la fabricación o los posibles retrasos en las entregas provenientes de los proveedores. (Ferrín Gutiérrez, 2007, p. 47).
- Tipo de Familia: Se le denomina a la línea de producción de un único tipo de perfil metálico que se va a trabajar en la máquina tubera LAC. La ejecución de un tipo de familia se define por normas de fabricación, tolerancias, longitudes, espesor, pesos, ángulos y formas.
- Tubos estructurales LAC: Se trata de tubos que se forman en frío y se unen mediante el proceso de soldadura por inducción de alta frecuencia (HFIW), utilizando tiras de acero laminado en caliente o galvanizado. Estos tubos, fabricados en sección redonda, encuentran aplicación en diversas estructuras metálicas ligeras como tijerales, barandas, portones, andamios, vehículos todoterreno y otros. (SIDERPERU, 2019, p. 2)

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Si se implementa Lean Manufacturing se podrá mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC en una empresa metalmeccánica.

2.5.2 Hipótesis específicas

- a) Al implementar la metodología 5S se reduce el porcentaje de merma en una empresa metalmecánica.
- b) Al implementar la metodología SMED se logra reducir el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmecánica.
- c) Al implementar el mantenimiento autónomo se incrementa la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmecánica

2.6 Variables

2.6.1 Variable Independiente

- Lean Manufacturing
- 5S
- SMED
- Mantenimiento Autónomo

2.6.2 Variable Dependientes

- Productividad en la fabricación de tubos
- Porcentaje de merma generado
- Tiempo de cambio en el armado de familia
- Disponibilidad de la máquina

2.6.3 Indicadores

- Unidades producidas/ Horas-hombre empleadas
- Porcentaje de merma
- Total de horas efectivas de cambio de familia
- Porcentaje de disponibilidad

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación

Enfoque de la investigación

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, por ello se empleó la recolección de datos de las variables dependientes para la comprobación de las hipótesis, tales como las condiciones de trabajo, el tiempo de cambio y la disponibilidad, las cuales en el desarrollo de la investigación fueron analizadas para el cumplimiento del objetivo planteado en la investigación.

Según Ñaupas et al (2013) definen al enfoque cuantitativo como:

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial, en tratamiento estadístico y la prueba de hipótesis; la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formalizado de los tipos de investigación; el muestreo, etc.

Tipo de la investigación

El tipo de investigación del presente trabajo fue aplicada, esto es debido a que se dio uso de recursos teóricos, artículos científicos, fuentes de información académica que fueron usados para la solución del problema general, así como también los problemas específicos.

Según Ñaupas et al (2018) define a la investigación aplicada como tal porque se basa en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de las ciencias naturales y sociales, que hemos visto, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida social de la comunidad regional o del país.

Nivel de la investigación

El autor Hernández et al (2006) define al nivel explicativo como:

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (p. 95)

La investigación fue de un nivel explicativo debido a que no solo se centró en la explicación de fenómenos o en la relación de conceptos, sino más bien en la explicación del fenómeno que en esta situación fue nuestro problema y como este se desarrolla con el uso de la teoría que fue usada para el manejo de dichos problemas.

Diseño de la investigación

El diseño de la presente tesis fue preexperimental, debido a que la información documentaria nos permitió analizar apropiadamente el desarrollo de las hipótesis. A través de la variable independiente, la cual se relaciona con la variable dependiente y medir sus efectos en el proceso.

Según Aria (2006), una investigación se considera preexperimental cuando no se posee el completo control de los grupos de estudio, puesto que los sujetos son destinados aleatoriamente. Esto no permite asegurar si los resultados obtenidos son producto de la variable independiente o del proceso.

3.2 Población y muestra

La población comprende todas las unidades de análisis disponibles para el estudio, y como investigador, se llevarán a cabo las mediciones necesarias para ejecutar la investigación. En casos de poblaciones extensas, se hace necesario emplear técnicas de muestreo para agilizar el proceso investigativo. (Gallardo, 2017, p.63)

La muestra consiste en el grupo más reducido de unidades de análisis al cual el investigador puede acceder. La elección de la muestra, influenciada por consideraciones de cantidad, accesibilidad y rapidez en el procedimiento investigativo, determina la confiabilidad de los resultados obtenidos a través de la técnica de muestreo empleada. (Gallardo, 2017, p.64)

Si nos referimos a la unidad de análisis, es porque consideramos que la unidad definida puede ser comprendida mediante algún tipo de proceso de investigación. En otras palabras, al intentar analizar una unidad, estamos presuponiendo que esta es comprensible y que para adquirir conocimiento sobre ella, debemos emplear procedimientos específicos. (Azcona y Mazini, 2013, p. 69)

En la presente investigación las muestras fueron no probabilísticas debido a que fueron seleccionadas según nuestro propio criterio en relación con la resolución de nuestra problemática.

A continuación, se detalla para cada variable lo siguiente:

✓ Variable dependiente 01 (Porcentaje de merma)

Población

Merma total generada en la producción (n infinito).

Muestra Pre Test

Porcentaje de merma generada en la producción en el periodo de enero a abril.

Muestra Post Test

Porcentaje de merma generada en la producción en el periodo de mayo a agosto.

Unidad de análisis

Un tubo de merma

✓ Variable dependiente 02 (Tiempo de cambio de familia)

Población

Tiempo total efectivo de cambio de familia (n infinito).

Muestra Pre Test

Total de horas efectivas de cambio de familia en el periodo de enero a abril.

Muestra Post Test

Total de horas efectivas de cambio de familia en el periodo de mayo a agosto.

Unidad de análisis

Una hora de cambio de familia

✓ Variable dependiente 03 (Disponibilidad de la máquina en la producción)

Población

Total de la disponibilidad en la producción (n infinito).

Muestra Pre Test.

Porcentaje de disponibilidad en la producción en el periodo de enero a abril.

Muestra Post Test

Porcentaje de disponibilidad en la producción en el periodo de mayo a agosto.

Unidad de análisis

Un valor porcentual de disponibilidad

En la siguiente tabla 4 se detalle en resumen la población, muestras pre y post test y la unidad de análisis para cada variable dependiente.

Tabla 4*Población y muestra pre y post*

Variable Dependiente	Indicador VD	Población	Muestra Pre	Muestra Post	Unidad de análisis
Porcentaje de merma	% (Tubos en mal estado/Total de la producción)	Merma total generada en la producción (n infinito).	Porcentaje de merma generada en la producción en el periodo de enero a abril.	Porcentaje de merma generada en la producción en el periodo de mayo a agosto	Un tubo de merma
Tiempo de cambio de familia	Suma de horas del proceso de armado	Tiempo total efectivo de cambio de familia (n infinito).	Total de horas efectivas de cambio de familia en el periodo de enero a abril.	Total de horas efectivas de cambio de familia en el periodo de mayo a agosto.	Una hora de cambio de familia
Porcentaje de disponibilidad	% (Horas operativas/ Horas totales)	Total de la disponibilidad en la producción (n infinito).	Porcentaje de disponibilidad en la producción en el periodo de enero a abril.	Porcentaje de disponibilidad en la producción en el periodo de mayo a agosto	Un valor porcentual de disponibilidad

Nota. Elaboración propia.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas e instrumentos

Técnica para recolección de datos:

Según Urbano y Yuni (2014) las técnicas de recolección de datos se constituyen por una serie de métodos a través de los que se genera una data efectiva y válida utilizada para generar información científica (p.29). Los resultados de la aplicación de una técnica de recolección de datos deben ser almacenada en un medio material a fin de disponer de la misma posteriormente.

Se utilizará el análisis documental para las tres variables, ya que con dicha técnica se puede estructurar todos los datos que se observan durante las etapas de desarrollo con fin de recolectar la mayor cantidad de información que sea necesaria para el cumplimiento de objetivos.

Instrumentos para recolección de datos:

Los instrumentos que se utilizarán son los análisis documentales de las herramientas de Lean Manufacturing de la ingeniería industrial tales como las 5S, así como también SMED, y el TPM. Las cuales serán respaldadas mediante uso de diagramas DOP, DAP, diagramas de recorrido y demás, que ayuden a solidificar el análisis de las variables.

Ficha de captura de datos.

Según Urbano y Yuni (2014): “El instrumento es el mecanismo o dispositivo que utiliza el investigador para generar la información. Estos instrumentos pueden ser aparatos de carácter mecánico, los formularios de un cuestionario, una guía de observación estructurada, una cámara de vídeo, etc.” (p.33)

Para el presente trabajo de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos para cada una de las tres variables dependientes se detallan en la tabla 5.

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de las variables

Variable dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Porcentaje de merma	% (Tubos en mal estado/Total de la producción)	Análisis documental	Reporte de producción de

			porcentaje de merma
Tiempo de armado en el cambio de familia	Suma de horas del proceso de cambio de familia	Análisis documental	Reporte de producción de horas de proceso de cambio de familia
Disponibilidad de la máquina	% (Horas operativas/Horas totales)	Análisis documental	Reporte de producción de porcentaje de disponibilidad de la producción

Nota. Elaboración propia.

3.3.2 Criterio de validez y confiabilidad

Criterio de Validez

Según LoBiondo-Wood y Haber (2013) la validez de un instrumento es la capacidad que tiene el mismo de medir una característica de un concepto de forma precisa (p. 290).

Criterio de confiabilidad

De la misma manera, LoBiondo-Wood & Haber (2013) sostienen que la confiabilidad de un instrumento se entiende como la capacidad de producir los mismos resultados en diferentes mediciones. Simultáneamente a través de los cuestionamientos de validez se logra también entender la confiabilidad del instrumento. (p.298)

Para las variables dependientes del presente trabajo se utilizarán la siguiente información:

- Reportes de producción de porcentaje de merma de la producción
- Reportes de producción de horas del proceso de cambio de familia
- Reportes de producción de porcentaje de disponibilidad de la producción

Los criterios de validez y de confiabilidad son los siguientes:

- Criterio de validez del instrumento: Reportes elaborados y evaluados por la empresa, los cuales validaron la información recopilada.
- Criterio de confiabilidad del instrumento: Reportes elaborados y evaluados por la empresa, los cuales validaron la información recopilada y aprobaron la información como confiable.

3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se inició con la solicitud al área de producción de la documentación relacionada a las variables dependientes del presente trabajo de investigación como son: Cumplimiento de las 5S, OEE y el cálculo de la disponibilidad. La empresa disponía de información documentada en forma física a través de reportes archivados con resúmenes mensuales producto de la observación directa. En línea con la delimitación temporal del estudio, se procedió a extraer la información pertinente ligada a las variables desde mayo a junio del 2023.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos

A través del establecimiento de las variables y sus indicadores estructurados en los puntos anteriores es posible medir, analizar y verificar los datos, y de esta manera generar la información consolidada y requerida para el estudio de los resultados de la investigación. Se utilizaron herramientas de análisis de información como el software Microsoft Excel y SPSS. Se desarrolló la matriz de análisis de datos que permite una rápida identificación de las herramientas y estadísticas empleadas las cuales se muestran en la tabla 6:

Tabla 6

Matriz de análisis de datos

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Porcentaje de merma	% (Tubos en mal estado/Total de la producción)	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda) Dispersión (varianza, desviación estándar)	T-student para muestras no relacionadas
Tiempo de cambio de familia	Suma de horas del proceso de armado	Escala de proporción o razón		T-student para muestras no relacionadas
Porcentaje de disponibilidad de la máquina	% (Horas operativas/Horas totales)	Escala de proporción o razón		T-student para muestras no relacionadas

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Generalidades de la empresa

Precor es una empresa peruana fundada en 1982, actualmente cuenta con 41 años de producción caracterizándose por producir una amplia gama de productos de acero de acuerdo con las necesidades del mercado, las cuales son siempre de primer nivel. Además, se caracteriza por estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías enfocando su sistema de producción a una industria 4.0, y para ello se da abasto con la implementación de nuevas maquinarias del rubro metalmecánico, así como también la estandarización de sus procesos para una mayor eficiencia de estos.

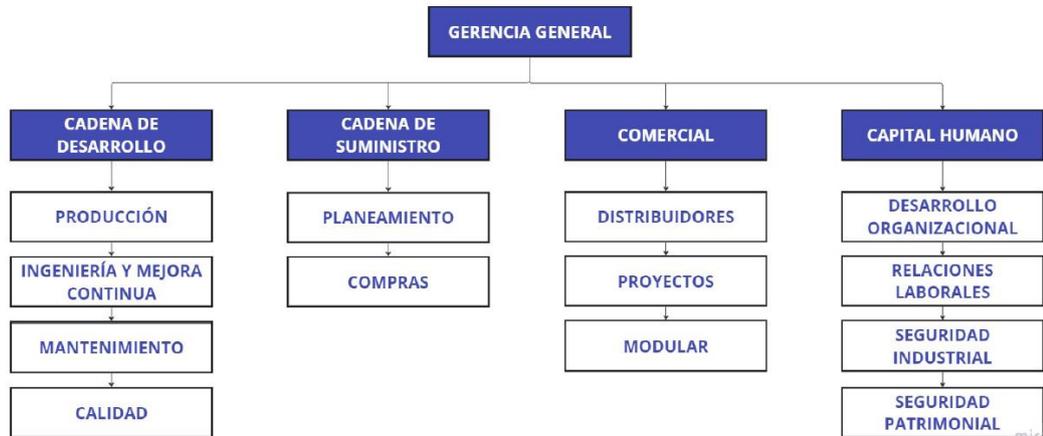
Actualmente la empresa produce soluciones de tubos (LAF, LAC, Galvanizados), así como también perfiles estructurales (Esquinero, Omega, Parante, Riel), además de masilla, cinta metálica y baldosas (cielo raso y drywall), Supertecho (TR4, TCA), sistemas modulares y sistemas entresijos (Topes). Estas soluciones garantizan el mejor desempeño y durabilidad para el sistema constructivo planeado. En la figura () se muestra los productos que veremos en el desarrollo de la tesis Tubos LAC

4.1.2 Organización actual

Actualmente la empresa Precor se divide en 4 gerencias principales: Cadena de desarrollo, Cadena de suministro, Comercial y Capital Humano; a su vez se dividen en subáreas las cuales serán detalladas en la figura 22 que se muestra a continuación.

Figura 22

Organigrama de PRECOR S.A

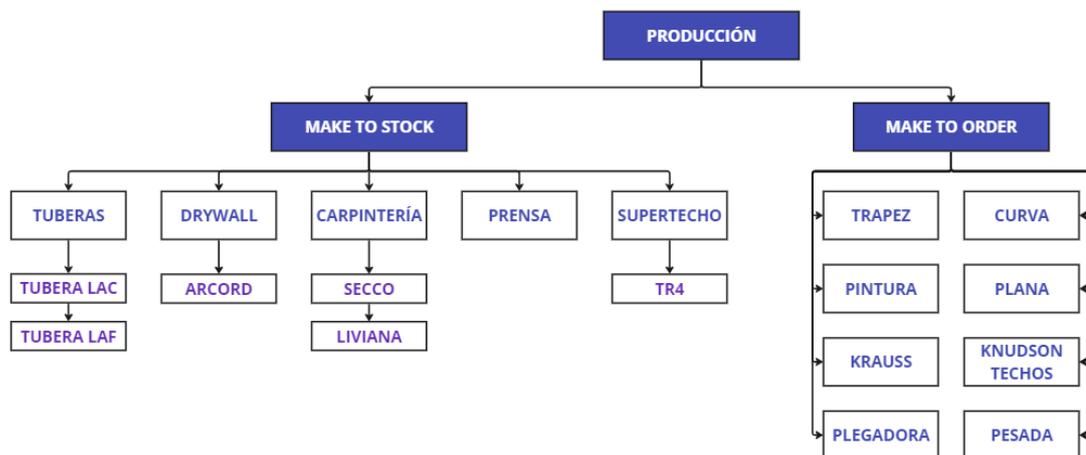


Nota. Adaptado de Organigrama PRECOR S.A

La fabricación de Tubos LAC será comandada por el área de Cadena de Desarrollo subárea de Producción la cual se segrega en las líneas de producción que mencionaremos en la figura 23, y daremos énfasis en la Máquina Tubera LAC la cual será objeto de estudio en la que desarrollaremos la investigación.

Figura 23

Líneas de producción MTS y MTO en PRECOR S.A



Nota. Elaboración propia con datos de PRECOR S.A

4.1.2 Descripción del proceso de fabricación.

El proceso de fabricación de la tubera LAC comienza desde el área de planeamiento de la producción, quien es el encargado de generar las Ordenes de Fabricación (OF) de las líneas de Producción tanto para la fabricación para almacenamiento (MTS) como la

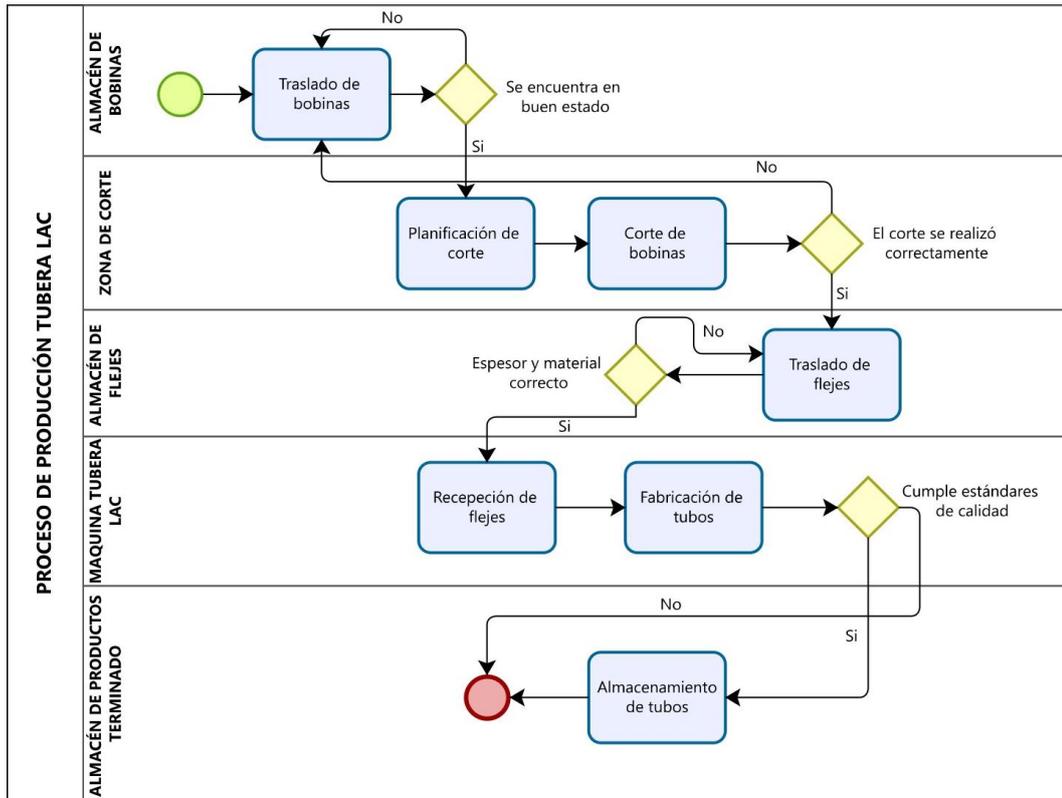
fabricación a pedido (MTO), cabe señalar que el plan de producción para MTS dependerá del nivel de rotación de los inventarios por tipo de producto, así como también la demanda pronosticada por el área Comercial, el cual genera además la proyección de compra de la materia prima más importante del proceso: “Las bobinas de acero”.

Una vez que se ha establecido el plan de producción, en este caso de la Máquina Tubera LAC, se realiza el proceso de recepción de bobinas de acero del tipo: LAC, GALVA, LAF. Una vez se culmina la recepción las bobinas de acero en el almacén se procede a planificar el corte en el área de Slitter, con el cual se obtendrá el producto “Fleje” el cual tendrá por composición uno de los tres tipos de acero que se utilizan; además a ello esta planificación dependerá del avance de la producción que se tenga a la fecha, así como también la disponibilidad de la máquina debido a que las paradas (Averías, Fallas Operacionales, Set-up) y el desempeño del rendimiento de la máquina son las que generarán holgura, o no, de las bobinas cortadas en esta área.

Seguido de ello se procede a trasladar los flejes al almacén de flejes el cuál será de tránsito debido a que están próximos a ser utilizados en el proceso de fabricación como tal de la Máquina Tubera LAC, para su uso los flejes se cargan al debobinador y seguido de ello se da pase a las demás etapas del proceso de fabricación; una vez que el proceso termine en la recepción de paquetes para ser entregados al área de almacén. Luego de ello son trasladados al almacén principal donde son contabilizados, y seguidamente vendidos según la demanda de nuestra clientela. En la figura 24 se aprecia en resumen lo detallado anteriormente.

Figura 24

Flujograma proceso de producción Tubera LAC



Nota. Elaboración propia con datos de PRECOR S.A

4.1.3 Descripción del proceso de fabricación de tubos LAC

El proceso comienza con la recepción de los flejes de acero de un determinado material (LAC, LAF, Galvanizado) los cuales serán utilizados de acuerdo con el plan de producción del mes en curso, que a su vez se valida con la orden de producción (OF) asignada y se traslada contiguo al debobinador. Una vez realizada la validación del fleje, se procede a validar el sentido de la rebaba del corte del fleje (Proveniente del área de Slitters), el cual nos indicará en qué sentido se debobinará el fleje ya que existen los lados “A” y “B”, esta validación nos garantizará en un futuro evitar problemas con ondas y en el raspado de rebaba. Luego de ello el fleje sigue hacia la zona de soldado, en el cual se empalma mediante la soldadura de punta y cola de fleje; luego se dirige al acumulador horizontal de flejes, el cual garantiza la velocidad de la línea. Seguidamente el fleje se dirige a la zona de conformado, en la que pasará por un aplanador (Flattener) el cual tiene como función el de corregir las ondas salientes del acumulador, a continuación, pasa por

dos rodillos guías laterales el cual demuestra que el fleje está contenido y está en correcto posicionamiento para las etapas consiguientes.

Acto seguido, el fleje pasa por rodillos formadores (Estación 1 al 9) las cuales tienen como objetivo el de dar una forma de “U” al fleje; cabe resaltar que existen entre estaciones rodillos laterales, el cual satisface mantener la forma de una estación previa y así evitar la deformación del fleje. Luego de salir de la última estación, entra al rodillo lama guía cuya función es la de cerrar lo máximo posible al fleje, así como también la de orientar la abertura del fleje lo más centrado posible para evitar problemas de achatamiento en etapas posteriores. Acto seguido el tubo pasa por una bobina inductora la cual calentará el tubo para poder formar la soldadura pero que sin embargo no se calentará en su totalidad debido al “Impider” en su interior, el cual no permitirá el paso en toda la estructura, solo en la abertura. Más adelante los rodillos soldadores se encargan de generar un hilo de soldadura en la que posteriormente se retirará la rebaba con un inserto, el cual garantizará un buen acabado.

Posteriormente, el tubo pasa por una canoa de enfriamiento la cual reduce el calor con el que el tubo llegará a la siguiente etapa de calibración; esta etapa es muy importante ya que de llegar el tubo muy caliente nos perjudicaría en los siguientes pasos debido a que genera grifado de los rodillos. Seguidamente el tubo pasa por un sistema de verificación de la soldadura que es complementario para la detección de huecos en el tubo. Seguidamente, en los rodillos calibradores es el que le dará la redondez, y fuerza al tubo. Ya en la etapa de los rectificadores se define la forma final que tomará el tubo, de ser el caso una forma redonda se utilizarán 2 rectificadores, en caso contrario sea cuadrada o rectangular se utilizarán 5; cabe resaltar que en esta etapa las cabezas turcas es la estructura en la que se posicionan los rectificadores. Después de ello se realiza el secado de forma externa para poder realizar el proceso de impresión y luego se lubrica el tubo dependiendo del tipo de material. El siguiente paso es el sistema de corte el cual trabaja con conjunto con un dispositivo que le informa la velocidad en cual llega al sistema, todo ello para garantizar un corte limpio y con la menor cantidad de rebaba posible.

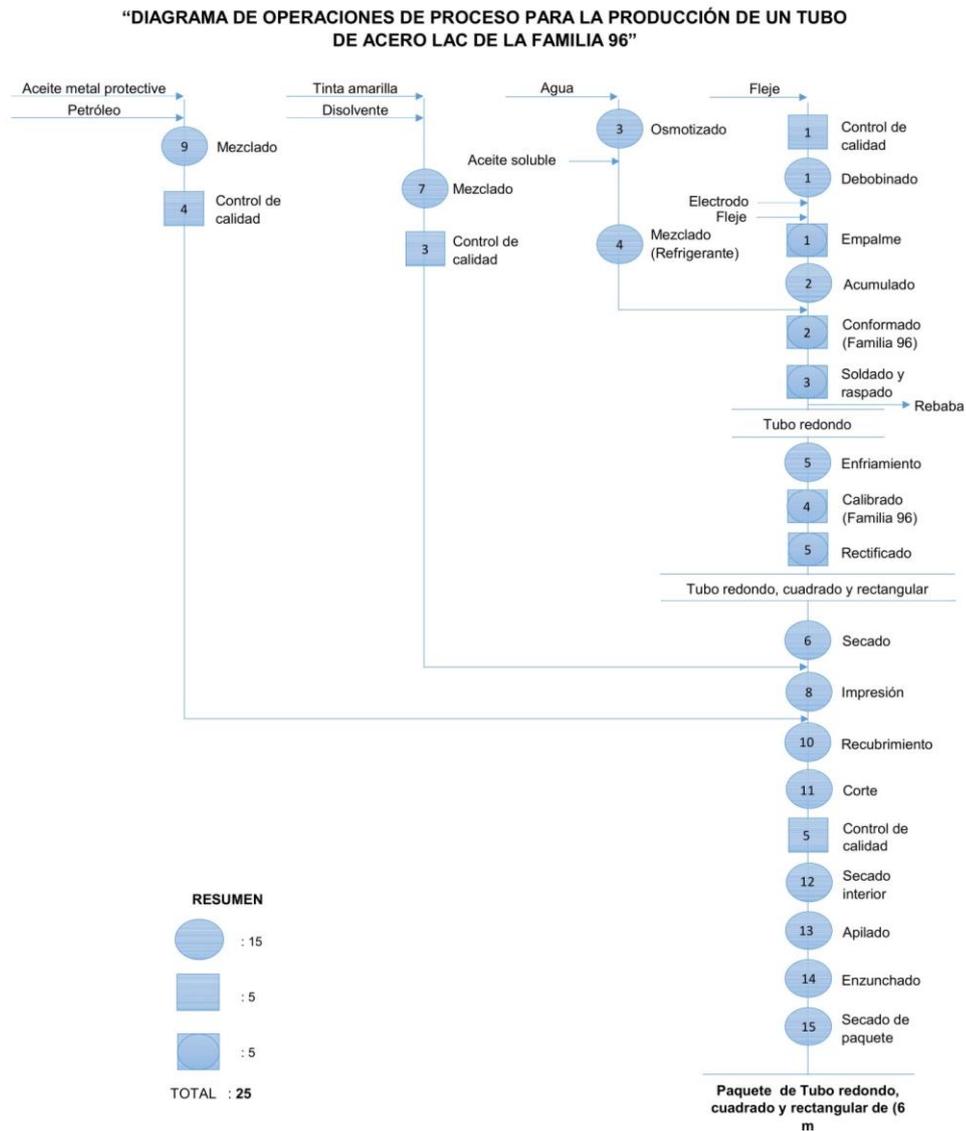
Seguidamente, el tubo ya cortado y con su forma final se desplaza por la vía de rodillos para dirigirse a la empaquetadora, en la cual se retira el exceso de refrigerante de la parte interna y se hace el formado del paquete de tubos el cual dependerá de la estructura del tubo así como también de la forma máxima permitida para el mismo, seguido se procede al enzunchado del paquete y pasa a la mesa de descarga en la que se encuentra un nuevo

soplador que retira el exceso de refrigerante y para luego dirigirse al sistema de almacenamiento de paquetes en el que se despacha a almacén para su inventariado y almacenamiento final.

A continuación, en la figura 25 se aprecia el diagrama de operaciones (DOP) de fabricación de la familia 96.

Figura 25

Diagrama de operaciones de proceso para la producción de un tubo de acero LAC de la Familia 96



Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A

Situación previa a la implementación de las 5S

Primero que todo se procedió a realizar una inspección general de las instalaciones de la máquina tubera LAC en la zona de producción. Posterior a ello se reportaron las siguientes observaciones que se verán en las figuras figura 26.

Figura 26

Visita auditora al área de producción de la Tubera LAC

Observaciones	Descripción
	<p>Los cilindros donde se deposita viruta de zona de corte fuera de lugar establecido</p>
	<p>Desplazamiento de personal fuera de rutas establecidas</p>
	<p>Herramientas almacenadas en desorden, así como también utensilios de limpieza fuera del lugar.</p>

	<p>Herramientas fuera de lugar, suciedad del proceso que no se retira.</p>
	<p>Derrames de aceite y de grasa en áreas de tránsito, mala señalización.</p>
	<p>Acumulación de viruta.</p>
	<p>Exceso de lodo y grasa cerca de cables de poder así como mangueras neumáticas.</p>

Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Luego de haber realizado una visita auditora al área de producción de la máquina Tubera LAC se logró verificar que pese a que existe una señalización y un procedimiento de buenas prácticas, no se hace cumplimiento de ello, debido a que los operadores no siguen una correcta disposición y seguimiento ya que se puede evidenciar zonas con abundante cantidad de grasa, así como también no se respeta la señalética, ni tampoco hay una rutina de limpieza de áreas específicas por lo que la concientización de las 5S ayudará a que se vuelvan a respetar y cumplir dichos parámetros.

Objetivo específico 1: Implementar la metodología 5S para reducir los porcentajes de merma en una empresa metalmecánica.

Situación antes (Pre-Test)

Uno de los problemas al momento de la fabricación de tubos respecto al plan de producción es la variedad de familias, así como también los cambios de espesor y forma que se producen durante el día efectivo, esto da paso a que gran cantidad de suciedad producto del proceso sea generada y por la premura de hacer rápido las cosas se pierden las buenas prácticas de manufactura, así como también los hábitos de limpieza y el correcto seguimiento de los parámetros de estas.

Muestra antes (Pre-Test)

Para la muestra pre-test, se ha procedido a recolectar información con respecto al porcentaje de merma de la producción de la Familia 96, durante los meses de enero a abril del 2023, el cual se obtuvo como resultado en la siguiente tabla 7

Tabla 7

Porcentaje de merma de la Familia 96 Pre-Test

Mes	Porcentaje de Merma (%)
Enero	2.62
Febrero	2.41
Marzo	2.87
Abril	1.55
Total	1.61

Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A

Implementación de las 5S para el primer objetivo específico

Para poder llevar un correcto desempeño en la implementación de las 5S se procederá a dividir las fases de implementación en tres etapas, la primera etapa será la de planeamiento en la que se buscará organizar a los involucrados, así como también tener claras las acciones a realizar; en segunda instancia será la implementación de las 5S como tal y en la tercera instancia será la de los resultados. A continuación, en la tabla 8 se mostrará el detalle de lo mencionado.

Tabla 8

Etapas de implementación de las 5'S

Primera etapa: Planeamiento	Segunda etapa: Implementación	Tercera etapa: Resultados
<ul style="list-style-type: none">- Comité 5S- Cronograma de actividades	<ul style="list-style-type: none">- Seiri (Clasificar)- Seiton (Ordenar)- Seiso (Limpiar)- Seiketsu (Estandarizar)- Shitsuke (Disciplina)	<ul style="list-style-type: none">- Reducción del Porcentaje de merma

Nota. Elaboración propia.

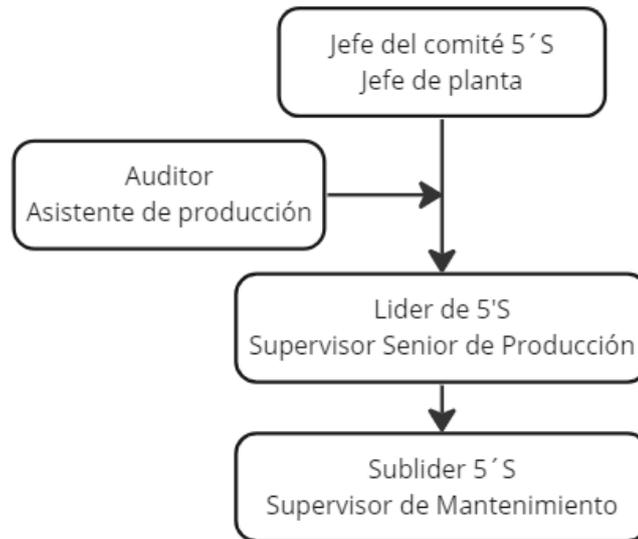
Primera etapa: Planeamiento

Comité 5S

Se conversó en la junta de operaciones donde participan supervisores de producción y mantenimiento sobre reimpulsar la implementación de las 5S con motivo de la nueva puesta en marcha de las instalaciones de Chilca. La idea de la implementación fue acogida de buena manera por lo que seguido de ello se realizó un organigrama en el que se detallaba a los encargados de dar seguimiento y soporte a la implementación. En la figura 27 se detalla el organigrama mencionado.

Figura 27

Organigrama comité 5´S



Nota. Elaboración propia.

Así mismo, se determinó las responsabilidades o funciones que cumplirán los integrantes del comité:

- Jefe del comité:
Planificar, coordinar y gestionar todas las actividades que promuevan el desarrollo correcto de la implementación de las 5S.
- Auditor:
Efectuar auditorías periódicas en la cual se cuantifique los avances logrados, así como también dar alerta a posibles no cumplimientos.
- Líder de 5´S
Dar cumplimiento de la implementación, motivar al personal a seguir las nuevas políticas.
- Sublíder de 5´S
Dar validez de todas las acciones que se desarrollan, motivar a los involucrados.

Cronograma de actividades

En la figura 28 se puede apreciar las actividades, así como también los responsables encargados de la implementación durante los meses de abril y mayo.

Segunda etapa: Implementación

Para la implementación de las 5S los autores determinan que debe realizarse en 5 fases, las cuales se detallan en la figura 29.

Figura 29

Fases de implementación 5'S



Nota. Elaboración propia

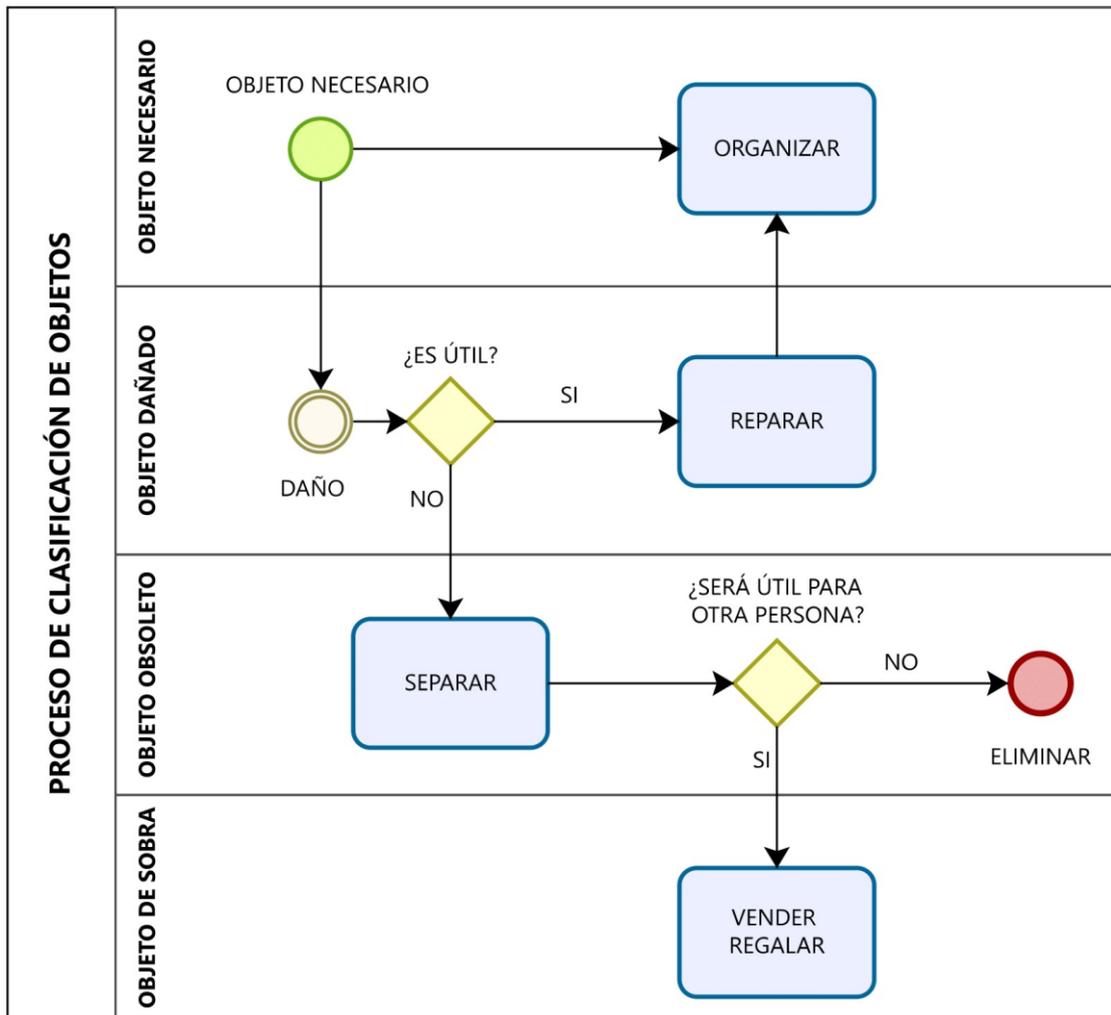
Fase1: Clasificar

La primera S de las 5'S es la de "Clasificar", para poder sensibilizar la importancia de esta primera fase se realizaron capacitaciones breves con los operadores en las que se explica los puntos más relevantes de esta primera S, así como también los pasos que conlleva la implementación de estos. Las charlas fueron un éxito debido a que se obtuvo bastante retroalimentación por parte de los operadores, así como también dio una brújula de lo que se debía hacer.

Al realizar una auditoría en las instalaciones de la máquina, se evidenció que varios de los espacios que estaban destinados para el almacenamiento de herramientas, o insumos del proceso estaban llenas de herramientas que no tenían mucha relación con el área, y además más que ser una ayuda significaban el deterioro del mismo. Es por ello, que junto con el comité se realizó el siguiente diagrama de flujo de proceso el cual se evidenciará en la siguiente figura 30.

Figura 30

Flujograma de clasificación de objetos



Nota. Adaptado de (Bravo y Tiburcio, 2022, p. 60)

Luego de tener claro el proceso que se debía seguir, en los manuales de implementación de las 5'S se recomienda el uso de las tarjetas rojas como forma de ayuda visual, así como también para que haya más participación de los trabajadores y todos intervengan en la solución de los problemas, y así se cree una cultura de planta.

En la figura 31 se puede apreciar el modelo que será utilizado para poder completar esta fase, las cuales serán entregadas a los operarios para que puedan detallar todas las observaciones que puedan visualizar, y además sirven para poder cuantificar a futuro.

Figura 31

Tarjeta Roja

TARJETA ROJA

N° _____

FECHA: _____

ÁREA: _____

DESCRIPCIÓN: _____

CANTIDAD: _____

ACCIÓN SUGERIDA

ELIMINAR

REUBICAR

REPARAR

RECICLAR

COMENTARIO

Nota. Adaptado de (Bravo y Tiburcio, 2022, p. 61)

Luego de haberse desarrollado el uso de las tarjetas rojas para poder visualizar todos los objetos que no cumplían con los estándares ya establecidos en el flujograma, se procedió a recolectar las tarjetas y se realizó el análisis cuantitativo de las mismas. En total se contabilizó el uso de 26 tarjetas rojas repartidas en varias zonas de la planta, las cuales en su mayoría fueron la de reubicación de herramental que no se encontraba en una buena zona, el segundo punto fue el de eliminar trapos viejos y suciedad producto del proceso. En la siguiente tabla 9 se detallará las 26 tarjetas rojas usadas, así como también el detalle.

Tabla 9

Resumen de uso de tarjetas rojas

OBJETO	ACCIÓN	NÚMERO DE TARJETAS
Cilindro vacío de chatarra en la línea	Reubicar	2

Alicates/Martillos prestados	Reubicar	1
Trapos nuevos cerca a zona de contaminación	Reubicar	3
Varillas de soldadura lejos del soldador	Reubicar	2
Herramientas para retirar viruta en lugar incorrecto	Reubicar	2
Tacos de madera	Reubicar	2
Discos de amoladora en armario incorrecto	Reubicar	1
Discos rotos	Eliminar	2
Exceso de viruta en zona de corte	Eliminar	1
Trapos con exceso de suciedad	Eliminar	2
Pruebas de achatamiento antiguas	Eliminar	1
Rodillos en mal estado	Eliminar	2
Bisagra de estante roto	Reparar	2
Conexiones eléctricas para equipos como amoladora	Reparar	3
TOTAL		26

Nota. Elaboración propia.

Fase 2: Orden

En esta fase se tiene como objetivo el de diferenciar todos los materiales y herramientas que intervienen en el proceso de fabricación, luego de eso se establece un lugar específico en el cual se pueda manipular y almacenar de manera rápida luego de haber sido utilizado. Una vez se haya determinado estos parámetros, se procede con la capacitación del personal el cual deberá de ser instruido de la mejor manera, debido a que al momento de detallar que las herramientas deben estar al alcance como también el de siempre permanecer en un lugar específico, conlleva la creación de hábitos de buena cultura de planta los cuales no serán obtenidos de un momento a otro, sino más bien en el mediano

o corto plazo. Es por ello que se procede a reforzar los días subsiguientes con charlas rápidas para reforzar que se esté siguiendo lo acordado, así como también validar y motivar el cumplimiento de las mismas.

Para poder llevar de una manera organizada esta segunda fase de orden, se utilizó una matriz en la que se comparaba la frecuencia de uso de las herramientas y demás utensilios del proceso con el lugar o distancia en la que debería estar para que no afecte la continuidad de uso a futuro. En la tabla 10 se podrá visualizar lo anteriormente mencionado.

Tabla 10

Matriz de orden de materiales según su uso

FRECUENCIA DE USO	ACCIÓN
Varias veces al día	Colocar cerca de la persona
Cada hora	Estar junto a la persona
Es posible que se use	Identificar y colocar en una bodega de la planta
Algunas veces al año	Colocar en una bodega en la planta
Cada tres meses o esporádicamente	Almacenar en el área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Varias veces por semana	Colocar en el área de trabajo

Nota. Adaptado de (Villaseñor y Galindo, 2010)

Debido a que anteriormente la empresa ya había sido parte de una implementación de 5S, se procedió a reforzar dicha cultura de planta a los nuevos trabajadores que estaban experimentando por primera vez la implementación de las 5'S. es por ello que acompañado de los trabajadores que denotaban mayor entusiasmo se procedió con la delimitación de espacios, y así mismo incentivar que se respeten. Además de ello se procedió a ordenar todas las herramientas que se encontraban fuera de lugar, el cual se pudieron observar que en la primera fase de clasificación fue donde más se pudieron

observar tarjetas rojas por lo que se procedió a atacar esos lugares. En las figuras 32, 33, 34 y 35 se puede apreciar la diferencia entre un estante previo a la segunda fase y post orden.

Figura 32

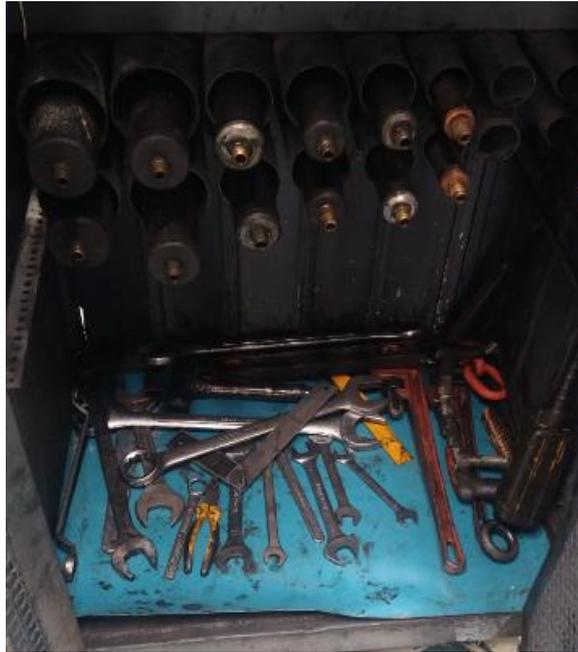
Herramientas utilizadas en el área previo a la implementación



Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Figura 33

Herramientas utilizadas en el área después de la implementación



Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Figura 34

Señalización antes de la implementación



Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Figura 35

Señalización después de la implementación



Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A

Fase 3: Limpieza

De igual forma que en las fases anteriores, se comenzó la implementación de esta fase con la capacitación del personal que ahora en esta etapa se encuentra mucho más motivado ya que ahora se evidenció que la carga laboral es disminuida y se puede tener un proceso mucho más llevadero. Al implementar la tercera S, se debe de priorizar la limpieza diaria, así como también se debe tener claro todas las etapas que se deben tomar para que sea realizada sin mucha carga laboral y más bien sea tomada como parte del proceso.

En la siguiente Tabla 11 se podrá apreciar imágenes previas a la implementación.

Tabla 11

Implementación de Tercera S: Limpieza

		
Pisos con abundante grasa, se transita por lugares no permitidos	Derrame de aceite cerca de las máquinas	

Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

En la Tabla 12 se observa el cómo se encuentra la empresa luego de aplicar esta tercera fase de limpieza.

Tabla 12

Resultados de la implementación



Pisos de tránsito limpios y bien señalizados	Maquinaria limpia sin presencia de aceites.	Guardas limpias y con un color diferenciado.
--	---	--

Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Fase 4: Estandarización

Luego de haber desarrollado las tres fases anteriores se tiene un gran número de enseñanzas producto de la misma implementación, por lo que tomaremos estas enseñanzas y las utilizaremos en forma esquematizada para poder estandarizar y que sea el mínimo vital para poder trabajar, esto nos garantizará que se mantenga en lo largo del tiempo y que a su vez fomente a los trabajadores a convertirse en líderes del área y seguir generando más cultura de las 5'S.

Por otro lado, para que se más llevadero el proceso se asignó a cada uno de los trabajadores del área una lista de requerimientos a manera de checklist en el que se detalla todas las acciones que se deben realizar durante el proceso de fabricación, algunos de estos procesos se realizan en las paradas en las que se prevé que tomarán un tiempo mayor a quince minutos, sin embargo otras si se realizan de manera rutinaria. Cabe resaltar que las actividades que se detallaron no suman una carga laboral adicional, si no más bien son llevaderas y no son un esfuerzo físico considerable. En la tabla 13 se puede visualizar las áreas y los responsables de mantener lo anteriormente mencionado.

Tabla 13

Responsabilidades por área

Área	Responsable	
	Turno día	Turno Noche
Zona de debobinado	Luis Espinoza Rolan Sangama	Javier Cruz Llan Chota
Zona de empalme		
Zona de acumulado		
Zona de conformado	Cesar Escalante Jonatan Avalos Deili Maco	Jany Ruiz José Vasquez
Zona de soldado		
Zona de enfriamiento		
Zona de calibración		
Zona de secado		
Zona de impresión		

Zona de lubricación		
Zona de corte		
Zona de empaquetadora	Larry Sancehz	Deybi Estrtada
Zona de descarga	Clever Chavez Cliver Sanchez	Kairo Peña Arol Luna

Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A.

Fase 5: Disciplina

Como última fase de implementación de las 5S se tiene la de disciplina, el cual buscará seguir los lineamientos de lo anteriormente mencionado priorizando el estándar de trabajo, y que además sea motivado por los mismos trabajadores más antiguos hacia los ingresantes. Sumado a ello, se utilizarán diagramas y checklist en los que se pueda llevar el día a día pero que sin embargo no serán tan extensos como en las fases de implementación, si no más bien serán puntuales y adecuados a la fácil comprensión entre operadores y supervisores.

Finalmente, luego de haber concluido las 5'S se puede apreciar que hubo una mejoría con respecto a la cantidad de merma producto del proceso la cual da validez a que la implementación de la metodología si aportó en la solución de esta primera variable.

Tercera fase: Resultados

Situación Post-Test

En la siguiente tabla 14 se puede evidenciar los resultados luego de haber realizado la implementación, los datos son de mayo a agosto del 2023.

Tabla 14

Porcentaje de merma de la Familia 96 Post-Test

Mes	Porcentaje de Merma (%)
Mayo	1.35
Junio	1.14
Julio	1.46
Agosto	1.2
Total	1.29

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Muestra Post-Test

Se puede apreciar que el porcentaje de merma en la muestra Pre-Test con la muestra Post-Test ha reducido considerablemente de un 1.61% a 1.29%, la cual nos da una variación del 0.33% de merma que indica que luego de haber implementado las 5'S ha surtido efecto en el proceso.

Objetivo específico 2: Implementar la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en una empresa metalmeccánica.

La empresa Precor S.A cuenta con 8 Familias de productos los cuales son fabricados progresivamente según el plan de producción. Este cambio de familia incluye el cambio de rodillos formadores debido a que se cambia de diámetro del tubo como eje principal, además se prepara también los rodillos rectificadores debido a que darán la forma del tubo. Sumado a ello en un cambio de familia se realiza la actualización al formato específico del carro de corte, de la bobina inductora, del debobinador, del área de soldado, por lo que tener preparado el herramental es primordial y clave para el correcto desarrollo de este cambio, cabe resaltar que en el mes se producen de 7 a 8 cambios por lo que tener correctamente estructurado las etapas, así como también las actividades que generan valor es crucial.

Para afrontar este objetivo se hará uso de la herramienta SMED que es parte de la Metodología Lean Manufacturing. Además, para la toma de tiempos se procederá a cronometrar las actividades que se tienen mapeadas, con esta información se obtendrá el total de horas que conlleva el cambio de familia 96, tendrá como Pre-test los cambios que se realicen en los meses de enero a abril, y de mayo a junio será el Post-test luego de la implementación del SMED.

Muestra antes (Pre-test)

En la siguiente tabla 15 se puede visualizar las horas totales que llevó a cabo realizar el cambio de familia.

Tabla 15

Tiempo de cambio de Familia 96 Pre-test

Tiempo de cambio	Horas
Enero	6.60
Febrero	8.25

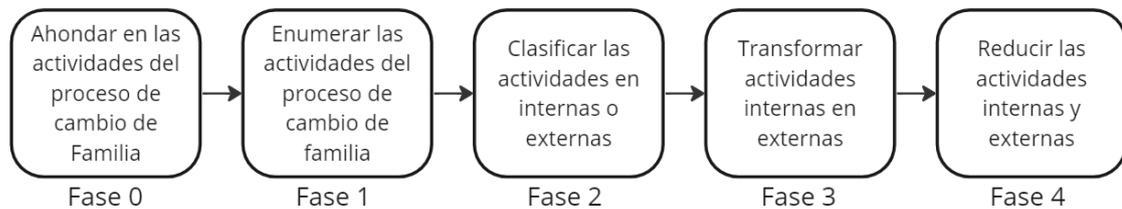
Marzo	5.80
Abril	6.60
Total	27.25

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Para el desarrollo de la metodología se utilizarán los siguientes pasos o fases según la siguiente figura 36.

Figura 36

Fases de la implementación de la metodología SMED



Nota. Elaboración propia.

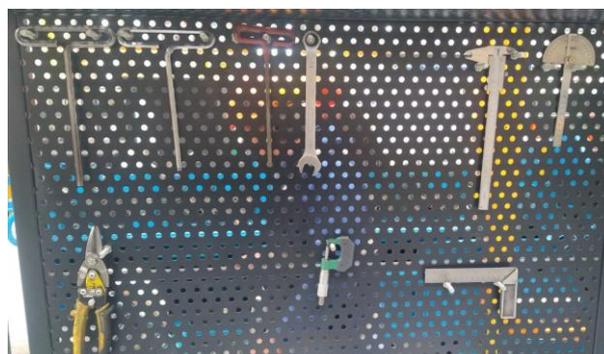
Fase 0: Ahondar en las actividades del proceso de cambio de familia

En esta fase se refuerza lo mencionado en el desarrollo del primer objetivo específico, por lo que la clasificación, orden y limpieza aportaron gran cantidad de beneficios para el desarrollo de esta segunda parte, de igual forma al tratarse de una actividad muy específica se realiza la determinación de las herramientas que se usarán en el cambio.

En la siguiente figura 37 se podrá observar parte de las herramientas que se usarán en el cambio de familia.

Figura 37

Herramientas de calibración



Nota. Datos de la empresa.

Fase 1: Enumerar las actividades del proceso de cambio de familia

Como primera fase de implementación se procederá a enumerar las actividades que conlleva el proceso de cambio de Familia 96, el cual está liderado por el supervisor y el Líder de línea, a su vez los diferentes miembros de la línea intervienen en dicho cambio, ellos son el soldador, gruero, retacero, el operador de la empaquetadora y los enzunchadores. En la siguiente tabla 16 se detallará las actividades, así como también los puestos involucrados en el proceso.

Tabla 16

Procedimiento de cambio de Familia

ACTIVIDADES	OP. LINEA	SOLDADOR	GRUERO	RETACERO	OP. EMPQ	ENZUNCHADOR
PREVIO AL CAMBIO	Instalar pistolas neumáticas		Instalar fleje nuevo	Reprocesos de curvos e inspecciones del turno.	Reprocesos de curvos e inspecciones del turno.	
	Selección de bobina inductora			Enzunchado de saldos.	Saldos rotulados	
	Selección de Impider			Merma recortada		
	Selección de Inserto			Dejar en la recarga disco afilado		

DURANTE EL CAMBIO	Retirar cola de tubo	Desajustar tuercas de Chumaceiras 1-9	Retirar pernos de base de chumacera		Desajustar tuercas de Calibradora	Enzunchar último saldo		
	Desmontaje de Rodillos 1-5	Retirar chumaceiras	Desmontaje de rodillos laterales	Desmontar Aro Inductor	Desajuste de pernos de Calibradora			
			Montaje de rodillos laterales 1-9	Instalar Aro inductor	Retirar Chumaceiras 10-13			
	Inspección de Juegos axiales 1-5	Desmontaje de rodillos 6-9	Limpieza de roscas de ejes y tuercas		Desmontar Rectificadores	Desmontaje de rodillos 10-11	Desmontaje de rodillos laterales 12-13	
					Desmontaje de Lama guida	Montar Rectificadores	Montaje y alineación de rodillos 10-13	Montaje de rodillos laterales 10-13
					Inspección de Juegos	Desmontaje de rodillo		

		axiales 6-9	soldador			
		Montar Rodillos 6-9	Montaje de Lamaguida Montaje de rodillo soldador	Regular posición del rectificador		
		Montar Chumace ras 1-9	Ajustar los pernos de base de chumacera	Ajustar Pernos de Chumacera 1-9	Montaje de Chumace ras 10-13	Limpieza de vía de rodillos y empaquetado ra
Ajuste de tuerca de chumace ra 1-9	Pasar Fleje hasta inicio de formador a	Pasar Fleje hasta inicio de formad ora			Ajuste de tuercas de base de chumacer a	
Calibrar Altura de rodillos de	Calibraci ón de laterales		Limpieza de zona de mordaza y	Ajuste de pernos de base de chumacer a		

	formado ra.			cremallera.		
	Pasado de fleje y calibración en formado ra			Desmontaje de Mordaza	Regular altura de ejes superiores.	
	Instalación de rodillos flotantes				Regulación de altura de rodillos laterales	
	Calibración de Lama guida			Montaje de mordaza		
	Instalación de Impider	Instalación de Inserto			Configuración de empaquetadora	
	Calibración de rodillo soldador			Instalación de disco de corte		
	Pasado de tubo y calibración en estaciones de calibrado				Limpieza y reprocesos inconclusos	

Pasado de tubo y calibración de rectificadores						
Pasado de tubo y calibración de altura en el soplador y lubricador		Evacuación de cilindros de residuos peligrosos				
Pasado de tubo a mordaza						

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En la Tabla 16 se puede apreciar todos los procesos que intervienen en el cambio de familia. Es un hecho que este proceso es engorroso y conlleva gran variedad de subprocesos que contribuyen a realizar dicho cambio, además a ello es bueno resaltar que en algunas ocasiones se produce 2 cambios de familia en un solo día, por lo que tener mapeado cada uno de los puntos es vital.

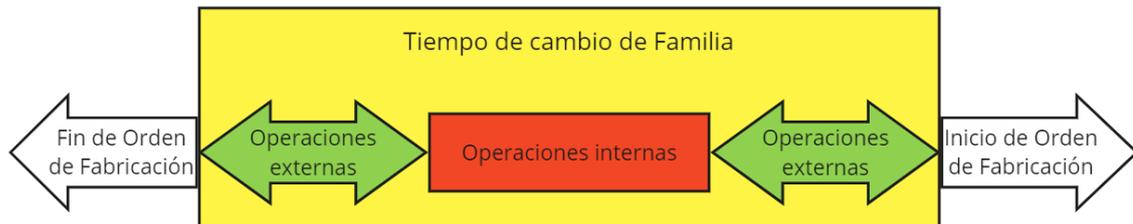
Fase 2: Clasificar las actividades en internas o externas

Una vez que tenemos mapeadas todas las actividades del proceso se puede pasar a la fase 2 de la implementación del SMED en la que se debe clasificar las actividades en internas

y externas. En la figura 38 se puede apreciar de manera sistemática a que se define con la clasificación de las actividades en el proceso de Cambio de Familia.

Figura 38

Ciclo de cambio de Familia



Nota. Elaboración propia.

Seguido a ello procedemos a identificar las actividades internas y externas que se mencionan en la siguiente tabla 17.

Tabla 17

Clasificación de actividades Internas y Externas

ACTIVIDADES	OP. LINEA	SOLDADOR	GRUERO	RETACERO	OP. EMPQ	ENZUNCHADOR
PREVIO AL CAMBIO	Externo		Externo	Externo	Externo	
	Externo			Externo	Externo	
	Externo			Externo		
	Externo			Externo		
DURANTE EL CAMBIO	Interno	Interno	Interno		Interno	Externo
	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	

			Interno	Interno	Interno	
				Interno	Interno	Interno
Interno	Interno		Externo		Interno	Interno
Interno			Interno	Interno	Interno	Interno
		Interno	Interno			
		Interno	Interno			
			Interno	Interno		
	Interno	Interno	Interno	Interno	Externo	
Interno	Interno	Interno	Interno	Interno		
Interno	Interno			Externo		Interno
Interno			Interno	Interno		
Interno				Interno		
Interno			Interno	Interno		

	Interno	Interno			Interno	
	Interno			Interno		
	Interno				Externo	
	Interno					
	Interno		Externo			
	Interno					

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En la tabla 17 se puede apreciar que luego de la clasificación se obtuvieron 63 actividades internas y 11 externas, dicha información nos muestra un panorama más claro de lo que se está realizando en el proceso, así como también nos ayudará en la siguiente fase.

Fase 3: Transformar actividades internas en externas

En esta fase se conversó con los supervisores para que con su experiencia puedan determinar actividades internas y convertirlas a externas, es decir que se puedan realizar con la máquina funcionando. En la tabla 18 se puede detallar que actividades se transformaron de internas a externas

Tabla 18

Transformación de actividades internas a externas

ACTIVIDADES	OP. LINEA	SOLDADOR	GRUERO	RETACERO	OP. EMPQ	ENZUNCHADOR
	Externo		Externo	Externo	Externo	

PREVIO AL CAMBIO	Externo			Externo	Externo	
	Externo			Externo		
	Externo			Externo		
DURANTE EL CAMBIO	Interno	Interno	Interno		Interno	Externo
	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	
			Interno	Interno	Interno	
	Interno	Interno		Interno	Interno	Interno
			Interno		Externo	Interno
	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno
			Interno	Interno		Interno
			Interno	Interno	Interno	
			Interno	Interno		Interno
		Interno	Interno	Interno	Interno	Externo
			Interno			

	Interno	Interno	Interno		Interno
	Interno	Interno		Externo	Interno
	Interno			Interno	Interno
	Interno				Interno
	Interno			Interno	Interno
	Interno	Interno			
	Interno			Interno	Interno
	Interno				
	Interno				Externo
	Interno		Externo		
	Interno				

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Como se puede apreciar en la tabla 15 se puede apreciar que luego de la reclasificación de actividades se redujo las actividades internas de 63 a 57, el cual denota que al tener mayor cantidad de actividades externas se tendrá una mayor eficiencia al momento de realizar el cambio de familia.

Fase 4: Reducir las actividades internas y externas

En esta última etapa de la aplicación de la metodología se busca realizar una reducción de las operaciones internas, ya que se sabe que estas operaciones son las que impactan directamente al cambio de familia. Debido a ello, se implementó herramientas hidráulicas para que faciliten el desarmado de las estaciones, ya que en su mayoría cuentan con tuercas y pernos que al realizarse de manera manual se aplica un mayor tiempo en dicha actividad, a diferencia con la herramienta hidráulica que hace dicha operación en segundos. Por otro lado, se trabajó en la planificación de los rodillos, herramientas, artículos y demás que son específicos para este tipo de familia, es decir, se implementó un plan en el que se prevé con varios días de anticipación todos los artículos mencionados con anterioridad a fin de que no se tome por sorpresa este cambio, así mismo en caso haya una complicación en algún herramental se tenga una mayor holgura en la reposición y toma de decisiones.

Situación Post-Test

En la siguiente tabla 19 se puede evidenciar los resultados luego de haber realizado la implementación, los datos son de mayo a agosto del 2023.

Tabla 19

Tiempo de cambio de Familia 96 Post-Test

Tiempo de cambio	Horas
Mayo	3.20
Junio	5.08
Julio	2.75
Agosto	5
Total	3.20

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Objetivo específico 3: Implementar el mantenimiento autónomo para incrementar la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmecánica.

Situación antes (Pre-Test)

En la empresa se tiene procedimientos claros con respecto a las intervenciones de mantenimiento. El proceso comienza con la llegada del técnico de mantenimiento, el cual se dirige a inspeccionar la falla luego de que se ha creado una Orden de trabajo por parte del supervisor, una vez haya llegado el técnico debe proceder con la limpieza del área

específica en cuestión, debido a que se trabaja con gran cantidad de aceites y estos, al estar sometidos a un trabajo continuo, genera gran cantidad de lodo negro, ya que el acero como tal desprende carboncillo el cual dificulta el trabajo de los técnicos debido a que consumen varios minutos acondicionando el área de trabajo previo a que se haga un análisis como tal. En segundo lugar, es recurrente que las causas frecuentes de que los técnicos se apersonen a la línea son por falta de lubricación, algún sensor que deja de emitir señal producto de la suciedad, además debido a que se trabaja con equipos neumáticos, en algunas ocasiones la caída de presión hace que falle el equipo.

Todo lo anteriormente mencionado colabora a que se incremente el tiempo efectivo de solución de problemas, sumado a que en su mayoría los técnicos solo conocen de manera superficial las actividades que se deben ir midiendo durante el proceso, así como también el no cumplimiento de estos produce que no se tenga estandarizado el proceso.

Por otro lado, se tiene definido ciertos parámetros que se utilizaban previo a la migración a la nueva planta por lo que se buscará actualizar y estandarizar debido a que nuevos eventos ocurren con el tiempo. Para ello el uso del mantenimiento autónomo será importante ya que influye directamente en la disponibilidad de la maquina LAC, a su vez se hará un análisis de los principales motivos o incidencias que hayan ocurrido en los meses de enero a abril para poder tomarlo en el Pareto de la toma de decisiones.

Muestra antes (Pre-Test)

Para la muestra pre-test, se ha procedido a recolectar información con respecto al porcentaje Disponibilidad de la producción de la Familia 96, durante los meses de enero a abril del 2023, el cual se obtuvo como resultado en la siguiente tabla 20.

Tabla 20

Porcentaje de disponibilidad de la producción de la Familia 96 Pre-Test

Mes	Porcentaje de Disponibilidad (%)
Enero	59
Febrero	72
Marzo	54
Abril	73
Total	64.5

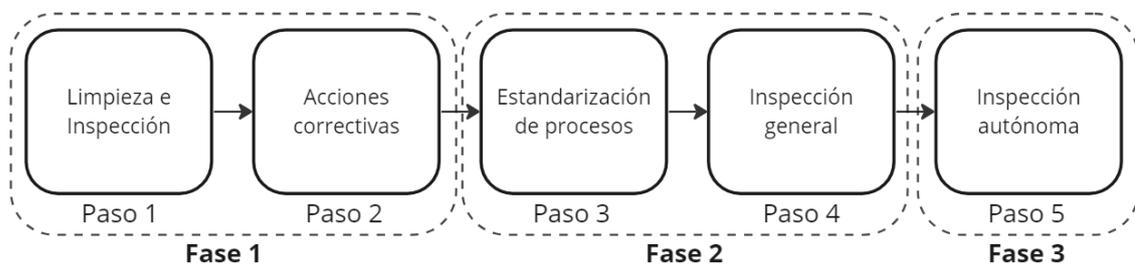
Nota. Elaboración propia con datos de Precor S.A

De la tabla 20 se puede apreciar que el porcentaje promedio de esta etapa Pre-test es del 64.5% de Disponibilidad esto quiere decir que de los meses de enero a abril de las 268.18 horas disponibles para la fabricación de la Familia 96 solo fueron operativas 174.52 horas, esto equivaldría a un 64.7% de Disponibilidad en esta etapa Pre-test.

Para la aplicación del mantenimiento autónomo, los autores detallan dividir la implementación en 5 pasos los cuales se agruparán en 3 fases. En la siguiente figura 39 se detalla lo mencionado anteriormente.

Figura 39

Fases de la implementación del mantenimiento autónomo



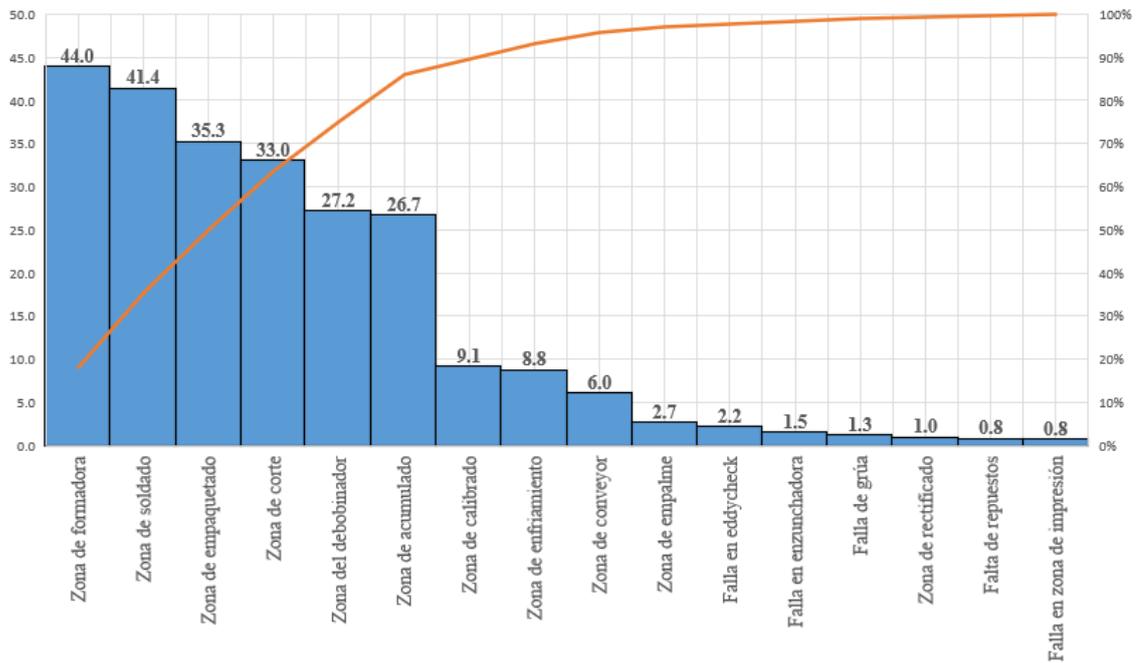
Nota. Elaboración propia.

Fase cero

En esta primera fase del mantenimiento autónomo se tiene como prioridad la planificación de actividades, así como también la capacitación del personal ya que son ellos los que de primera mano van a intervenir y darán buena fe del cumplimiento del objetivo que se ha planteado. Luego de ello, procedemos a determinar mediante un diagrama de Pareto las áreas que representan el 80% de los eventos que disminuyen la disponibilidad de la línea. En la figura 40 se podrá apreciar dicho Pareto que detalla los eventos producidos en los meses de enero a abril correspondientes a la producción de la familia 96.

Figura 40

Pareto de averías en los meses de enero a abril



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En el diagrama de Pareto mostrado anteriormente se puede apreciar que las áreas donde mas eventos han ocurrido son la de la zona de formado y la zona de soldado, por lo que se tendrá bastante énfasis al momento de la implementación; sin embargo, se aprecia que zonas de corte, debobinador y de acumulado también suman gran cantidad de horas de parada, por lo que también se tomará en cuenta como eje del desarrollo.

Seguido de ello se procede con el programa de capacitación al personal con respecto al mantenimiento autónomo, esta capacitación abordará temas bastante prácticos y los objetivos que se buscaría obtener. En la siguiente tabla 21 se detalla lo mencionado anteriormente

Tabla 21

Capacitación sobre mantenimiento autónomo

Ítem	Tema	Objetivo
1	Mantenimiento autónomo	Conocer los principios básicos del tema
2	Causa raíz	Reconocer e identificar el por qué

3	Mantenimiento básico	Saber que es lo básico que debe tener la máquina
4	Limpieza	Que, dónde y cómo limpiar
5	Fallas comunes	Qué hacer ante un evento común
6	Instrumentos de medición	Cómo utilizar un instrumento
9	Checklist	Cómo llenar un formato

Nota. Elaboración propia.

Primera Fase

En esta fase se realiza la implementación del mantenimiento autónomo como tal, y según lo mencionado anteriormente en la figura 24 se comienza con el primer paso.

Primer paso

En este paso se realiza la limpieza e inspección de las máquinas según lo capacitado, sumado que previo se tiene una cultura de las 5'S, esta etapa se desarrolla de una manera mas acelerada y se tiene mucho más control en la forma en la que se realiza la limpieza, sumado a que se busca que el equipo esté libre de polvo, de grasa que se genera del proceso o de algún tipo de viruta que pueda estar presente en la máquina. Además, como buena práctica de manufactura, previo a cada fin de la producción de alguna Familia, se prevé la limpieza de los rodillos, así como también todos los herramientas que ingresarán en la instalación del cambio de familia.

Segundo paso

En este paso se buscó todas las fuentes de contaminación de la máquina, a fin de conocer todas las áreas que afectará y además colocar guardas para evitar la propagación de suciedad, a su vez se buscó puntos ciegos de la máquina donde no hay mucho tránsito del personal pero que tiene componentes eléctricos o mecánicos que puedan verse afectados con la suciedad, y sobre todo el primer componente es crítico que esté en buenas condiciones debido a que un corto conlleva una parada larga para la identificación del problema.

Segunda Fase

Tercer paso

En este paso se realizó una validación de los Checklist que se tenían en planta para poder dar visto bueno a las acciones de limpieza, así como también de lubricación que ya se venían manejando y que a su vez tengan una retroalimentación por parte de los operarios que están constantemente trabajando con la nueva maquinaria. Lo mencionado anteriormente busca estandarizar los procesos, para que toda evidencia encontrada fuera de este parámetro se considere subestándar, es decir, no representa una buena práctica de manufactura. Además de ello se estandarizó rutinas de lubricación por parte de producción, estas rutinas se realizarán en equipos que no presenten un juicio técnico, el cual lo realizaría un encargado de mantenimiento. En la siguiente figura 41 se podrá visualizar un Checklist de control.

Figura 41

Checklist de proceso lubricación y limpieza

CHECK LIST PROCESO - TUBERA LAC N° PR-PP-RE.03									
PROCESO: Fabricación Tubos LAC		TURNO: Día Noche		TIPO DE PRODUCTO:					
SISTEMA: Tubera Lac		FECHA: / /		O/F:					
PRODUCTO: Tubos de Acero		OPERADOR:							
2. ÁREA DE CONFORMADO Y PERFILADO									
2.1. ARRANQUE DE MAGUINA									
SUBSISTEMA	ENSAMBLE	COMPONENTE /CARACTERÍSTICA A INSPECCIONAR	PRUEBAS Y/O CANTIDADES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	CANTIDADES Y/O MEDIDAS (cm, mm, °C, Ω, °A, V, Watt)			OBSERVACIONES (OP: Operador) / (SUP: Supervisor)	
					Med 1	Med 2	Med 3		
CONFORMADO	Rodillos	Alineamiento de los rod. Lama Guía (visual) Están alineados?	Uso de regla o profundímetro PATRON	Visual + Regla	mm	mm	mm		
		Alineamiento de los rod. Rectificadores (visual) Están alineados?	Uso de regla o profundímetro	Visual + Regla	mm	mm	mm		
		Alineamiento de los rod Soldadores (visual) Están alineados?	Uso de regla o profundímetro	Visual + Regla	mm	mm	mm		
		Estados de los rod. Soldadores (visual) Presenta anomalías	(Quemado, Grifado, Desgaste, etc) cant.de rodillos back up	Visual					
	Estaciones	Ejes con juego axial	Visual						
SOLDADORA	Impíder	Impíder correcto? Medidas: back up:	Ver Tabla:	Visual + Vernier	Ø mm	Ø mm	Ø mm		
	Bobina Inductora	Bobina correcta Medidas: back up:	Ver Tabla:	Visual + Vernier	Ø mm	Ø mm	Ø mm		
	Inserto	Inserto correcto?	Ver Tabla:	Visual					
		Insertos back up:	Memo: 02 pz	Visual	pz	pz	pz		
	Brazo Soldador	Estado del teflon del brazo soldador?		Visual					
		Ajuste de fuerza de sujeción de bobina inductora (revisión en cambio de espesor)	OK - Requiere ajuste	Visual					
		Mangueras de refrigeración.	Tiene averías? Tipo?	Visual					
	Temperatura de agua osmotizada	20 a 35°C	Visual	°C	°C	°C			
HSE	Seguridad	Presenta alguna alarma en la pantalla		Visual					
		En buena la iluminación del área?	Existe riesgo evidente?	Visual					
		Existe un extintor en el área?, está accesible	Verificar fecha de Venc.	Visual					
		El área se encuentra limpia y ordenada, sin cartones o trapos en el suelo		Visual					
Tipos de Anormalidades:									
1. Atascamiento		5. Bajo Nivel		9. Descalbrado		13. Lubricación deficiente		17. suciedad, contaminación	
2. Con rayaduras/ Grifado		6. Desnivelado		10. Fuga de agua		14. Rotura		18. temperatura excesiva	
3. Desalineamiento		7. Incompleto		11. Fuga de aire		15. Sellado deficiente		19. vibración	
4. Desgaste		8. Exceso de velocidad		12. Fuga de lubricante		16. soldura, aflojamiento		20. Otros(especificar)	
OBSERVACIONES:				MANTENIMIENTO:					
_____				_____					
_____				_____					
_____				_____					
LIDER DE PRODUCCION				SUPERVISOR DE PRODUCCION					

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Cuarto paso

En este paso se hizo un cruce de información con los técnicos de mantenimiento ya que ellos conocen aspectos que los operarios de producción no conocen, por lo que en afán de aligerar la carga de los técnicos así como también la de tener un proceso más llevadero, se ha realizado Checklist validados por mantenimiento, así como también incluir en el Checklist zonas de la máquina que no habían sido tomadas en cuenta por parte de

producción y que al momento de realizar el primer paso se descubrieron, así mismo se determinó la no manipulación de elementos eléctricos debido a la complejidad y a la gran seguidilla de problemas que conllevaría la mala manipulación de estos. En la figura 42 se evidencia un ejemplo de lo mencionado anteriormente.

Figura 42

Checklist de validación

CHECK LIST DE VALIDACIÓN TUBERA LAC					Código:	PR-PP-FO.01
					Versión:	0
					Fecha:	
FAMILIA:				TURNO: Dia Noche		
TUBO:				FECHA:		
OPERADOR						
2. FORMADORA						
SUBSISTEMA	PUNTO A INSPECCIONAR	UM	VALOR A VERIFICAR	REAL	OBSERVACIONES	
Formadora	Validar presión de la guía de ingreso al fleje	Visual	tiene que girar ambos rodillos		Repetir la verificación cada cambio de espesor.	
	Validar el seguro de las cajas principales	Visual	Gancho arriba			
	Verificar el desajuste en tuercas de chumaceras	Manual	Juego			
	Verificar disponibilidad de Chumacera Back Up.	Visual	Min 1			
	Verificar disponibilidad de Caja de transmisión Back Up.	Visual	Min 2 (1 a 2 y 3 a 13)			
	El área se encuentra libre de herramientas, objetos y suciedad que puedan generar un accidente o avería?	Si/No	Limpio y ordenado			
3. SOLDADO						
SUBSISTEMA	PUNTO A INSPECCIONAR	UM	VALOR A VERIFICAR	REAL	OBSERVACIONES	
Soldador	Verificar que no aparezca ninguna alarma en el panel	Visual	Sin alarmas activadas.			
	Verificar que los LED del panel de bombas estén activadas.	Visual	Led encendido			
	Verificar estado del teflon en el brazo soldador	Visual	Presencia de marcas de quemadura			
	Verificar ajuste de pernos de bobina inductora	Visual	ajuste de tuercas			
	Pistola para limpieza de bobina esta operativa?	Visual	operativo			
	Indicar presión de refrigerante del impider	Visual	Según familia.			
	Verificar que el tanque de refrigeración hacia la bobina y brazo soldador se encuentre a su máximo nivel.	Visual	Esta llena al 100%?			
	Verificar que el valor de voltaje/amperaje en el panel sean cercanos	Visual	Amperaje Voltaje			
	El área se encuentra libre de herramientas, objetos y suciedad que puedan generar un accidente o avería?	Si/No	Limpio y ordenado			
	Canoa	Tiene instaladas las placas laterales para contener refrigerante	Si/No	Sin Trapos		
4. CALIBRADORA - RECTIFICADOR						
SUBSISTEMA	PUNTO A INSPECCIONAR	UM	VALOR A VERIFICAR	REAL	OBSERVACIONES	
Rodillos	Verificar el desajuste en tuercas de chumaceras	Manual	Sin juego			
	El área se encuentra libre de herramientas, objetos y suciedad que puedan generar un accidente o avería?	Si/No	Limpio y ordenado			
Rectificador	Inspeccionar estado de limpia carbon	Visual	Nivel se suciedad de desgaste		En caso se encuentre sucio o desgastado corregir en cambio de discos.	
EddyCheck	Verificar que cordón este alineado con el centro del sensor	Visual	alineamiento			
	Hacer seguimiento a un empalme y validar si el sensor registra y activa su separación en la empaquetadora	Visual				
Encoder	Rueda de encoder se encuentra centrada en cara superior del tubo	Visual	alineamiento			
	Validación de palanca el posicionamiento del encoder (Palanca)	Arriba/ Abajo				

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Tercera Fase

Quinto paso

En este paso se realizó la validación del mantenimiento autónomo y se hizo análisis si hubo reducción en lo evidenciado en el Pareto. Además a ello se validó más zonas del proceso en el que se veía gran cantidad de apoyo por parte de los operarios, a su vez se vio al personal de producción y mantenimiento trabajando de la mano y formulando ideas de solución para nuevos problemas.

Situación Post-test

En la siguiente tabla 22 se puede evidenciar los resultados luego de haber realizado la implementación, los datos son de mayo a agosto del 2023.

Tabla 22

Porcentaje de disponibilidad de la producción de la Familia 96 Post-Test

Mes	Porcentaje de Disponibilidad (%)
Mayo	68
Junio	75
Julio	64
Agosto	75
Total	70.5

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

4.2 Análisis de Resultados

Generalidades

En esta sección del estudio, se presentan los resultados obtenidos tras utilizar las herramientas mencionadas anteriormente. La intención es describir minuciosamente la recopilación de información realizada en las etapas de pre y post test, con el fin de someter los datos a un análisis estadístico inferencial. Este análisis tiene como propósito verificar y comparar las muestras recolectadas para cada una de las hipótesis planteadas en la investigación.

Pruebas de normalidad

Se formula la hipótesis correspondiente con el objetivo de llevar a cabo la prueba de normalidad para cada una de las variables específicas bajo estudio.

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

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

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

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Reglas de decisión

- Si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual a 5.00 %, (Sig. \leq 0.05), se acepta la hipótesis alterna (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos NO seguirían una distribución normal.
- Si el nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00 % (Sig. $>$ 0.05), entonces se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1). Por lo tanto, los datos SÍ siguen una distribución normal.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis propuesta se presenta para contrastar las afirmaciones:

H0: Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra PreTest y la muestra Post Test.

H1: Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra PreTest y la muestra Post Test. Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Reglas de decisión

- Si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual a 5.00 %, (Sig. \leq 0.05), se acepta la hipótesis alterna (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, SÍ se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador
- Si el nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00 % (Sig. $>$ 0.05), entonces se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1). Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

Primera hipótesis específica:

H1: Al implementar la metodología 5S se reduce el porcentaje de merma en una empresa metalmecánica.

Pruebas de Normalidad

Para la prueba de normalidad se tiene los del porcentaje de merma tanto de los meses de enero a abril (Pre test) y de mayo a agosto (Post test); así como se indica en la siguiente tabla 23

Tabla 23

Datos Pre y Post test - Porcentaje de merma

	Porcentaje de merma (Pre test)	Porcentaje de merma (Post test)
	2.62	1.35
	2.41	1.14
	2.87	1.46
	1.55	1.2

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Los resultados luego de haber realizado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se reflejan en la tabla 24:

Tabla 24

Prueba de normalidad - Primera hipótesis

	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de merma (% de merma)1	.283	4	.	.900	4	.431
Porcentaje de merma (% de merma)2	.227	4	.	.951	4	.720

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

Prueba de normalidad a elegir:

- Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$.
- **Test de Shapiro-Wilk: $n \leq 50$.**

Se hace uso del Test de Shapiro-Wilk para muestras menores o iguales a 50 ya que nuestra muestra fue datos recopilados en 8 meses diferentes, por lo que $n=8$.

Reglas de decisión

- Si el nivel de significancia es menor o igual a 5:00% (Sig. \leq 0.05), entonces NO adopta una distribución normal.
- Si el nivel de significancia es mayor a 5.00% (Sig. $>$ 0.05) entonces SÍ adopta una distribución normal.

En la tabla 24 se puede apreciar que el nivel de significancia en el Pre Test es de 0.431, y en el Post Test es de 0.720. Ambos valores son mayores a 0.05 por lo que se puede afirmar que los datos si cuentan con una distribución normal.

Dado que existe una distribución normal, se empleará el método de la T-Student para muestras emparejadas. Se clasifican como muestras emparejadas, ya que tanto las muestras del Pre como del Post se obtuvieron con los mismos trabajadores y en el mismo lugar de producción.

Estadísticos descriptivos

Mediante el análisis descriptivo de la primera hipótesis con la ayuda del software SPSS, se presenta en la tabla 24 una comparación de los estadísticos descriptivos entre los datos pre y post relacionados con las manchas de aceite. En dicha tabla, se observa que tanto la media (promedio de cada dato obtenido en la muestra, ya sea pre o post), la mediana (valor central que indica igual cantidad de valores superiores o iguales, y valores inferiores o iguales, en ambas muestras respectivamente), la desviación estándar (indicador de la dispersión de los datos en cada muestra) y la varianza (medida de la dispersión de los valores respecto a su media en cada muestra) revelan una mejor dispersión y varianza de datos en el grupo post en comparación con el grupo pre. Además, se evidencia que la media disminuyó en los datos post en comparación con los datos pre en la siguiente tabla 25.

Tabla 25

Tabla descriptiva - Primera hipótesis

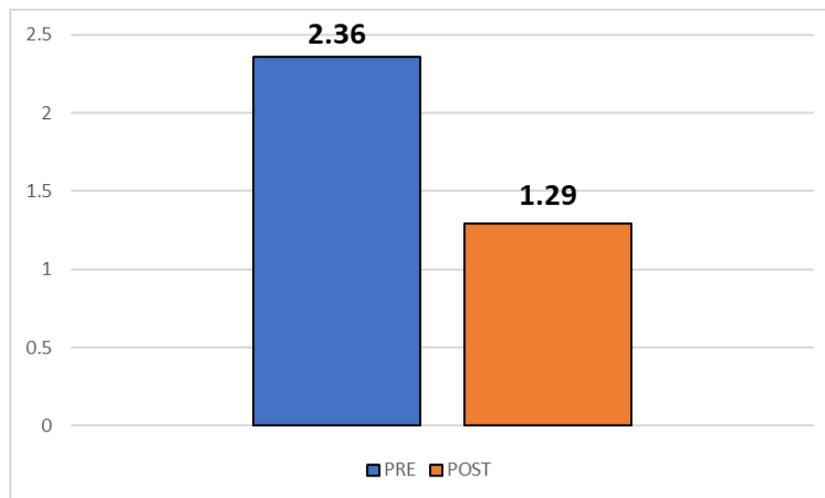
		Media	N	Desv. estándar	Media de error estándar
Par 1	Porcentaje de merma (% de merma)1	2.3625	4	.57337	.28669
	Porcentaje de merma (% de merma)2	1.2875	4	.14500	.07250

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS

A continuación, se llevó a cabo la creación de un histograma utilizando los datos recopilados en la media de los pretest y post test en la variable de porcentaje de merma. Este análisis permitió examinar de manera más detallada la magnitud de la mejora porcentual, como se muestra en la figura 43

Figura 43

Pre Test y Post Test - Porcentaje de merma



Nota. Elaboración propia.

Según los resultados presentados en la tabla 25 y la figura 43, en el pre test, la media del porcentaje de merma fue de 2.36, mientras que en el post test fue de 1.28. Estos resultados, derivados de la implementación de las 5S, indican una reducción del 54% en el porcentaje de merma.

Después de llevar a cabo la prueba de normalidad para los datos del pre test y post test de la primera hipótesis mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, y analizando los estadísticos descriptivos, procedemos a realizar la comparación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis

Se optó por utilizar la prueba numérica para muestras emparejadas en la contrastación de hipótesis, dado que tanto la muestra pre test como el post test fueron evaluadas con el mismo conjunto de trabajadores y en la misma ubicación de fabricación.

Con esta prueba de hipótesis se buscó evidenciar que las muestras poseen una validez. Se tienen los siguientes criterios de validez:

H0: Si se implementa la metodología 5S, entonces no se reduce el porcentaje de merma en una empresa metalmecánica

H1: Si se implementa la metodología 5S, entonces si se reduce el porcentaje de merma en una empresa metalmecánica

Sustento de la hipótesis:

$$H_0: \mu_x \leq \mu_y$$

$$H_1: \mu_x > \mu_y$$

Reglas de decisión:

- Si t es negativo, No rechazamos H0
- Si t es positivo, dividimos la significación entre dos y si este valor es < 0.05 , Rechazamos H0.

Dónde: Sig.: P-valor o nivel crítico del contraste.

Dado que se trata de una distribución normal con muestras emparejadas, se procede a utilizar la prueba T de Student, generando los resultados que se detallan a continuación en la tabla 26:

Tabla 26

Prueba T de Student - Primera hipótesis

		Prueba de muestras emparejadas						Significación		
		Diferencias emparejadas					t	gl	P de un factor	P de dos factores
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Porcentaje de merma (% de merma)1 - Porcentaje de merma (% de merma)2	1.07500	.48782	.24391	.29877	1.85123	4.407	3	.011	.022

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

En referencia a la información presentada en la tabla 26, utilizando la prueba paramétrica T de Student, se observa que la t es positiva, por lo que se divide entre 2 y el resultado es < 0.5 es decir, se acepta la hipótesis alternativa (H1) y se descarta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, la implementación de las 5S disminuye el porcentaje de merma en la producción de la Familia 96.

Segunda hipótesis específica:

H1: Al implementar la metodología SMED se logra reducir el tiempo de cambio en una empresa metalmecánica

Pruebas de Normalidad

Para la prueba de normalidad se tiene los tiempos de cambio de la familia 96 de enero a abril (Pre test) y de mayo a agosto (Post test); así como se indica en la siguiente tabla 27:

Tabla 27

Muestra Pre test y Post Test - Tiempo de cambio

	Horas tiempo de cambio (Pre test)	Horas tiempo de cambio (Post test)
	6.60	3.20
	8.25	5.08
	5.80	2.75
	6.60	5

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa

Los resultados luego de haber realizado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se reflejan en la tabla 28:

Tabla 28 Prueba Normalidad - Segunda hipótesis

	Pruebas de normalidad			Pruebas de normalidad		
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)1	.332	4	.	.891	4	.388
Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)2	.295	4	.	.827	4	.160

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

Prueba de normalidad a elegir:

- Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$.
- Test de Shapiro-Wilk: $n \leq 50$.

Se hace uso del Test de Shapiro-Wilk para muestras menores o iguales a 50 ya que nuestra muestra fue datos recopilados en 8 meses diferentes, por lo que $n=8$.

Reglas de decisión

- Si el nivel de significancia es menor o igual a 5:00% (Sig. \leq 0.05), entonces NO adopta una distribución normal.
- Si el nivel de significancia es mayor a 5.00% (Sig. $>$ 0.05) entonces SÍ adopta una distribución normal.

En la tabla 27 se puede apreciar que el nivel de significancia en el Pre Test es de 0.388, y en el Post Test es de 0.160. Ambos valores son mayores a 0.05 por lo que se puede afirmar que los datos si cuentan con una distribución normal.

Dado que existe una distribución normal, se empleará el método de la T-Student para muestras emparejadas. Se clasifican como muestras emparejadas, ya que tanto las muestras del Pre como del Post se obtuvieron con los mismos trabajadores y en el mismo lugar de producción.

Estadísticos descriptivos

Mediante el análisis descriptivo de la primera hipótesis con la ayuda del software SPSS, se presenta en la tabla 26 una comparación de los estadísticos descriptivos entre los datos pre y post relacionados con las manchas de aceite. En dicha tabla, se observa que tanto la media (promedio de cada dato obtenido en la muestra, ya sea pre o post), la mediana (valor central que indica igual cantidad de valores superiores o iguales, y valores inferiores o iguales, en ambas muestras respectivamente), la desviación estándar (indicador de la dispersión de los datos en cada muestra) y la varianza (medida de la dispersión de los valores respecto a su media en cada muestra) revelan una mejor dispersión y varianza de datos en el grupo post en comparación con el grupo pre. Además, se evidencia que la media disminuyó en los datos post en comparación con los datos pre evidenciados en la tabla 29.

Tabla 29

Tabla descriptiva - Segunda hipótesis

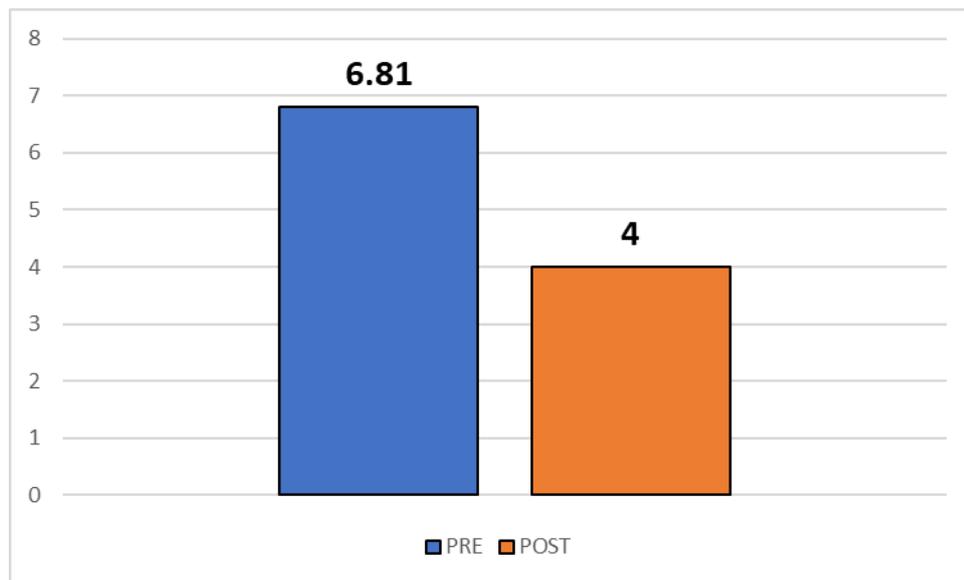
		Media	N	Desv. estándar	Media de error estándar
Par 1	Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)1	6.8125	4	1.02987	.51493
	Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)2	4.0075	4	1.20674	.60337

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

A continuación, se llevó a cabo la creación de un histograma utilizando los datos recopilados en la media de los pretest y post test en la variable tiempo de horas de cambio de formato. Este análisis permitió examinar de manera más detallada la magnitud de la mejora en horas, como se muestra en la figura 44.

Figura 44

Pre test y Post Test - Porcentaje de merma



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 29 y la figura 44, en el pre test, el promedio de las horas necesarias para el cambio de formato fue de 6.81 horas, mientras que en el post test fue de 4 horas. Estos resultados, producto de la aplicación de la metodología SMED, señalan una disminución de 2.81 horas en el tiempo requerido para el cambio de formato.

Tras completar la prueba de normalidad para los datos del pre test y post test de la primera hipótesis utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk, junto con el análisis de los estadísticos descriptivos, procedemos a llevar a cabo la comparación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis

Se optó por utilizar la prueba numérica para muestras emparejadas en la contrastación de hipótesis, dado que tanto la muestra pre test como el post test fueron evaluadas con el mismo conjunto de trabajadores y en la misma ubicación de fabricación.

Con esta prueba de hipótesis se buscó evidenciar que las muestras poseen una validez. Se tienen los siguientes criterios de validez:

H0: Si se implementa la metodología SMED, entonces no se reduce el tiempo de cambio en una empresa metalmeccánica.

H1: Si se implementa la metodología SMED, entonces si se reduce el tiempo de cambio en una empresa metalmeccánica.

Sustento de la hipótesis:

H0: $\mu x \leq \mu y$

H1: $\mu x > \mu y$

Reglas de decisión:

- Si t es negativo, No rechazamos H0
- Si t es positivo, dividimos la significación entre dos y si este valor es < 0.05 , Rechazamos H0

Dónde: Sig.: P-valor o nivel crítico del contraste.

Dado que se trata de una distribución normal con muestras emparejadas, se procede a utilizar la prueba T de Student, generando los resultados que se detallan a continuación en la tabla 30:

Tabla 30

Resultado prueba T de Student - Segunda Variable

		Prueba de muestras emparejadas						Significación		
		Diferencias emparejadas				t	gl	P de un factor	P de dos factores	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)1 - Tiempo de cambio (Total de horas efectivas de cambio)2	2.80500	.81635	.40818	1.50600	4.10400	6.872	3	.003	.006

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

En referencia a la información presentada en la tabla 30, utilizando la prueba paramétrica T de Student, se observa que la t es positiva, entonces se procede a dividir entre 2 obteniendo un valor menor a 0.05. Dado que el p-valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (H1) y se descarta la hipótesis nula (H0).

Por lo tanto, la implementación de metodología SMED reduce el tiempo de cambio en la fabricación de tubos de la Familia 96.

Tercera hipótesis específica:

H1: Al implementar el Mantenimiento Autónomo se incrementa la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmeccánica

Pruebas de Normalidad

Para la prueba de normalidad se tiene datos del porcentaje de disponibilidad de la familia 96 de enero a abril (Pre test) y de mayo a agosto (Post test); así como se indica en la siguiente tabla 31:

Tabla 31

Datos Pre y post Test - Porcentaje de disponibilidad

	%Disponibilidad (Pre test)	%Disponibilida d (Post test)
	59	68
	72	75
	54	64
	73	75

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa

Los resultados luego de haber realizado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se reflejan en la tabla 32:

Tabla 32

Prueba de Normalidad - Tercera Hipótesis

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))1	.286	4	.	.861	4	.264
Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))2	.296	4	.	.855	4	.243

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

Prueba de normalidad a elegir:

- Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$.
- **Test de Shapiro-Wilk: $n \leq 50$.**

Se hace uso del Test de Shapiro-Wilk para muestras menores o iguales a 50 ya que nuestra muestra fue datos recopilados en 8 meses diferentes, por lo que $n=8$.

Reglas de decisión

- **Si el nivel de significancia es menor o igual a 5:00% (Sig. ≤ 0.05), entonces NO adopta una distribución normal.**
- Si el nivel de significancia es mayor a 5.00% (Sig. > 0.05) entonces SÍ adopta una distribución normal.

En la tabla 25 se puede apreciar que el nivel de significancia en el Pre Test es de 0.388, y en el Post Test es de 0.160. Ambos valores son mayores a 0.05 por lo que se puede afirmar que los datos si cuentan con una distribución normal.

Dado que existe una distribución normal, se empleará el método de la T-Student para muestras emparejadas. Se clasifican como muestras emparejadas, ya que tanto las muestras del Pre como del Post se obtuvieron con los mismos trabajadores y en el mismo lugar de producción.

Estadísticos descriptivos

Mediante el análisis descriptivo de la primera hipótesis con la ayuda del software SPSS, se presenta en la tabla 26 una comparación de los estadísticos descriptivos entre los datos pre y post relacionados con las manchas de aceite. En dicha tabla, se observa que tanto la media (promedio de cada dato obtenido en la muestra, ya sea pre o post), la mediana (valor central que indica igual cantidad de valores superiores o iguales, y valores inferiores o iguales, en ambas muestras respectivamente), la desviación estándar (indicador de la dispersión de los datos en cada muestra) y la varianza (medida de la dispersión de los valores respecto a su media en cada muestra) revelan una mejor dispersión y varianza de datos en el grupo post en comparación con el grupo pre. Además, se evidencia que la media disminuyó en los datos post en comparación con los datos pre evidenciados en la tabla 33.

Tabla 33

Tabla descriptiva - Tercera Hipótesis

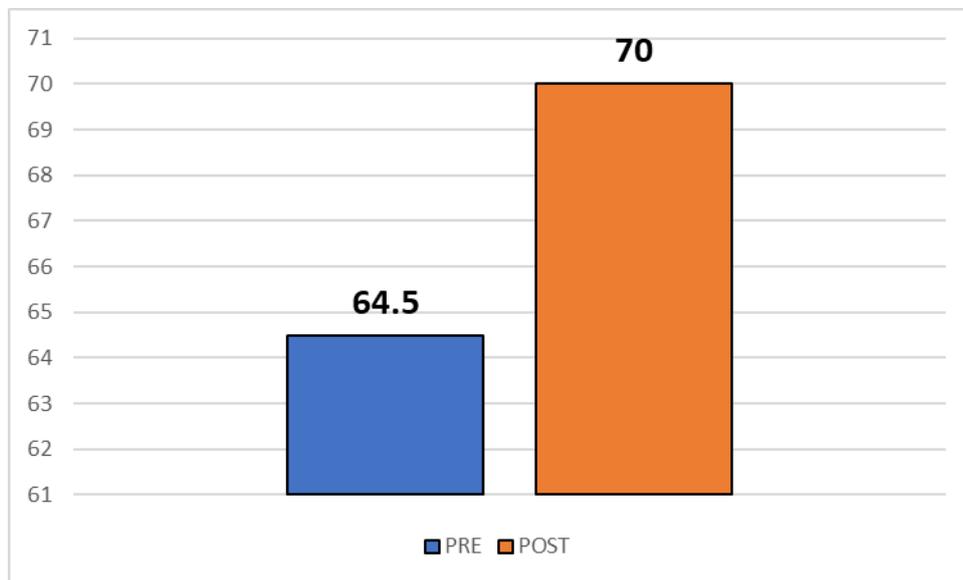
		Media	N	Desv. estándar	Media de error estándar
Par 1	Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))1	64.500	4	9.4692	4.7346
	Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))2	70.50	4	5.447	2.723

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

A continuación, se llevó a cabo la creación de un histograma utilizando los datos recopilados en la media de los pretest y post test en la variable porcentaje de disponibilidad en la fabricación de tubos de la Familia 96. Este análisis permitió examinar de manera más detallada la magnitud de la mejora porcentualmente, como se muestra en la figura 45

Figura 45

Pre test y post test - Porcentaje de disponibilidad



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 31 y la figura 34, en el pre test, el promedio del porcentaje de disponibilidad fue de un 64.5%, mientras que en el post test fue de un 70%. Estos resultados, producto de la aplicación del mantenimiento autónomo,

señalan aumento sustancial de un 9% en la disponibilidad con respecto a lo que se venía trabajando.

Tras completar la prueba de normalidad para los datos del pre test y post test de la primera hipótesis utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk, junto con el análisis de los estadísticos descriptivos, procedemos a llevar a cabo la comparación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis

Se optó por utilizar la prueba numérica para muestras emparejadas en la contrastación de hipótesis, dado que tanto la muestra pre test como el post test fueron evaluadas con el mismo conjunto de trabajadores y en la misma ubicación de fabricación.

Con esta prueba de hipótesis se buscó evidenciar que las muestras poseen una validez. Se tienen los siguientes criterios de validez:

H0: Si se implementa la metodología SMED, entonces no se reduce el tiempo de cambio en una empresa metalmecánica.

H1: Si se implementa la metodología SMED, entonces si se reduce el tiempo de cambio en una empresa metalmecánica.

Sustento de la hipótesis:

H0: $\mu_x \geq \mu_y$

H1: $\mu_x < \mu_y$

Reglas de decisión:

- Si t es negativo, No rechazamos H0
- Si t es positivo, dividimos la significación entre dos y si este valor es < 0.05 , Rechazamos H0.

Dónde: Sig.: P-valor o nivel crítico del contraste.

Dado que se trata de una distribución normal con muestras emparejadas, se procede a utilizar la prueba T de Student, generando los resultados que se detallan a continuación en la tabla 34:

Tabla 34*Prueba T de Student - Tercera Hipótesis*

		Prueba de muestras emparejadas					Significación			
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par 1	Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))1 - Disponibilidad ((Horas operativas) / (Horas disponibles))2	-6.000	4.082	2.041	-12.496	.496	-2.939	3	.030	.061

Nota. Elaboración propia asistida por el Software SPSS.

En referencia a la información presentada en la tabla 29, utilizando la prueba paramétrica T de Student, se observa que la t es negativa, entonces dividimos la significancia entre 2 y es menor a 0.05. Dado que el p-valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (H1) y se descarta la hipótesis nula (H0).

Por lo tanto, la implementación de metodología SMED reduce el tiempo de cambio en la fabricación de tubos de la Familia 96.

Resumen de resultados

En la siguiente tabla 35 se presentará a manera de resumen todo lo mencionado anteriormente.

Tabla 35*Resumen de resultados de las variables*

Hipótesis específica	Variable independiente	Variable dependiente	Indicador	Pre test	Post test	Diferencia
1	5'S	Porcentaje de merma	% (Tubos en mal estado/Total de la producción)	2.36%	1.29 %	50%
2	SMED	Tiempo de cambio de familia	Suma de horas del proceso de armado	6.81 h	4 h	2.81 h

3	Mantenimiento Autónomo	Porcentaje de Disponibilidad	% (Horas operativas/Horas totales)	64.5%	70%	+9%
---	------------------------	------------------------------	------------------------------------	-------	-----	-----

Nota. Elaboración propia.

4.3 Análisis Financiero

Con la implementación de la metodología 5'S, se logró reducir el porcentaje de merma en la producción. Se redujo 19.32 TN de merma y a su vez se obtuvo un ahorro en costos de S/.57,974. En la tabla 26 y figura 46 se puede observar lo mencionado anteriormente.

Tabla 26

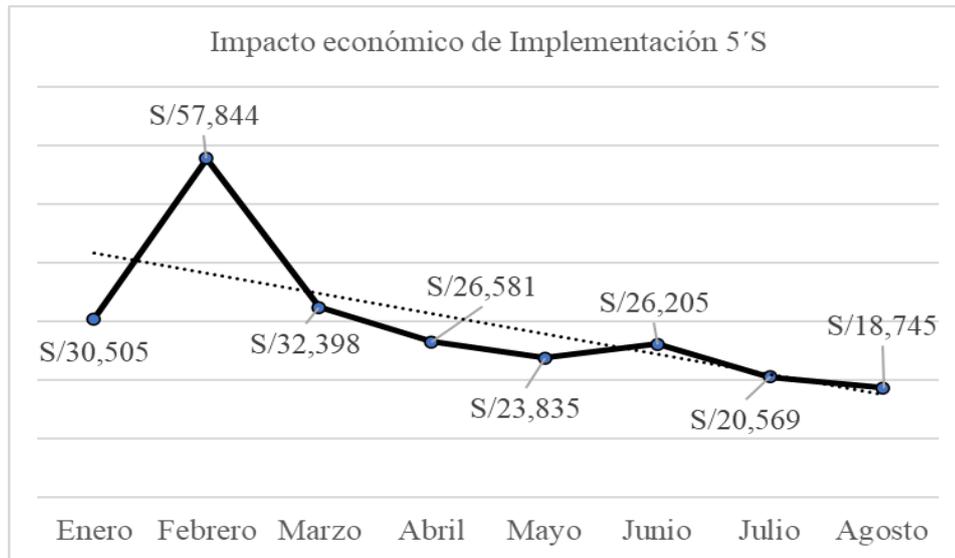
Impacto económico 5'S.

IMPACTO ECONÓMICO				
Costo del acero x Kg.				S/ 3.00
Toneladas				1000 kg
Mes	PRODUCCIÓN	MERMA (T)	MERMA (%)	COSTO
Enero	388.10	10.17	2.62%	S/30,505
Febrero	800.05	19.28	2.41%	S/57,844
Marzo	376.28	10.80	2.87%	S/32,398
Abril	571.63	8.86	1.55%	S/26,581
Mayo	588.51	7.94	1.35%	S/23,835
Junio	766.23	8.73	1.14%	S/26,205
Julio	469.61	6.86	1.46%	S/20,569
Agosto	520.70	6.25	1.20%	S/18,745
Pre-Test				S/147,327
Post-Test				S/89,354
Ahorro Obtenido				S/57,974

Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Tendencia mensual por costos de merma



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Gracias a la implementación de la metodología SMED, se logró reducir las horas de cambio en el proceso de fabricación. Se redujo 11.22 horas de set up y a su vez se obtuvo un ahorro económico de S/2,360.69. En la tabla 27 y figura 47 queda demostrado lo mencionado anteriormente.

Tabla 27

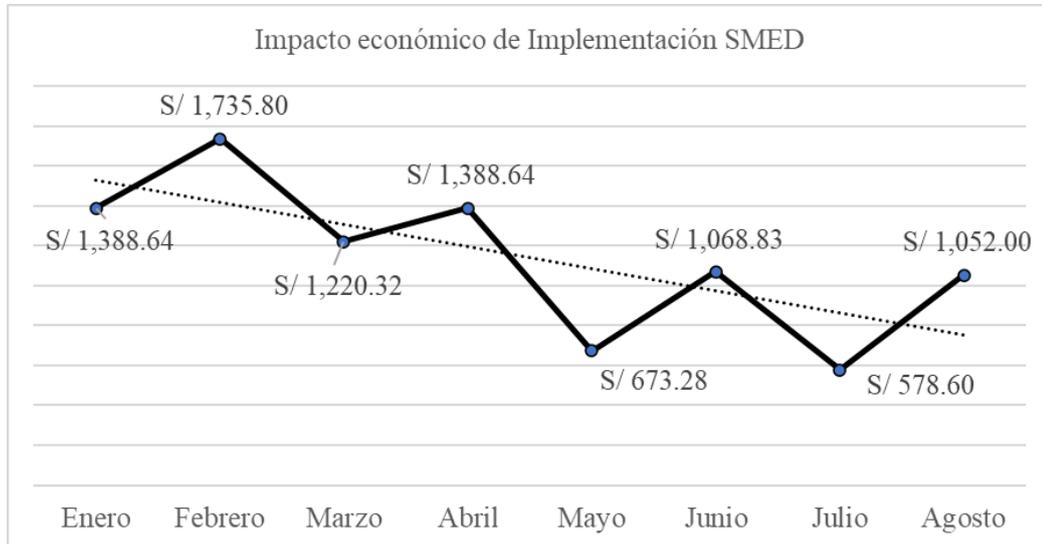
Impacto económico SMED

IMPACTO ECONÓMICO		
Costos indirectos	S/	32.80
Costo Hora-Hombre	S/	14.80
Mes	Horas Set Up	Costo Set Up
Enero	6.60	S/ 1,388.64
Febrero	8.25	S/ 1,735.80
Marzo	5.80	S/ 1,220.32
Abril	6.60	S/ 1,388.64
Mayo	3.20	S/ 673.28
Junio	5.08	S/ 1,068.83
Julio	2.75	S/ 578.60
Agosto	5.00	S/ 1,052.00
Pre-Test		S/ 5,733.40
Post-Test		S/ 3,372.71
Ahorro Obtenido		S/ 2,360.69

Nota. Elaboración propia.

Figura 47

Tendencia mensual por costos de tiempo de cambio



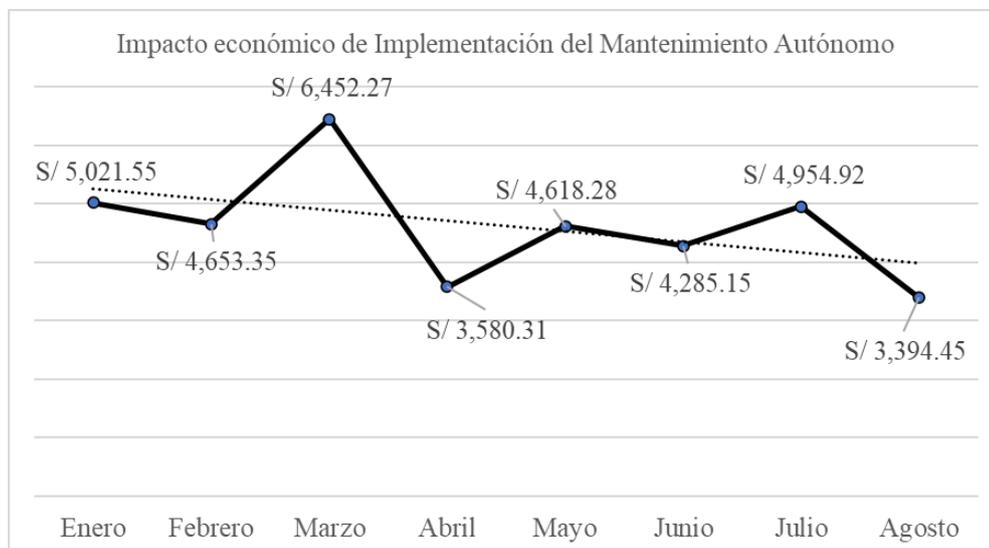
Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Con la implementación del mantenimiento autónomo, se logró incrementar el porcentaje de disponibilidad de máquinas. Se aumentó 11.72 horas de disponibilidad en las máquinas y a su vez se consiguió un ahorro en costos de disponibilidad de S/.2,454.67. En la tabla 28 y figura 48 queda demostrado lo mencionado anteriormente.

Tabla 28*Impacto económico Mantenimiento autónomo.*

IMPACTO ECONÓMICO			
Costos indirectos			S/ 32.80
Costo Hora-Hombre			S/ 14.80
Mes	% Disponibilidad	Horas de Parada	Costo de disponibilidad
Enero	59.00	23.9	S/ 5,021.55
Febrero	72.00	22.1	S/ 4,653.35
Marzo	54.00	30.7	S/ 6,452.27
Abril	73.00	17.0	S/ 3,580.31
Mayo	68.00	22.0	S/ 4,618.28
Junio	75.00	20.4	S/ 4,285.15
Julio	64.00	23.6	S/ 4,954.92
Agosto	75.00	16.1	S/ 3,394.45
Pre-Test			S/ 19,707.47
Post-Test			S/ 17,252.80
Ahorro Obtenido			S/ 2,454.67

Nota. Elaboración propia.

Figura 48*Tendencia mensual por costos de disponibilidad*

Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de la metodología de Lean Manufacturing 5'S se logró cumplir el primer objetivo específico ya que se pudo reducir el porcentaje de merma de un 2.36% a un 1.28%, esto representa una mejora significativa ya que la merma se reduce en un 1.08% que equivale a un decremento del 45% con respecto a cómo se encontraba antiguamente. Esto a su vez conlleva un ahorro significativo, así como también el haber implantado la cultura de las 5'S.
2. La implementación de la metodología SMED contribuyó a que el tiempo que se tomaba en el cambio de Familia, se reduzca de un promedio de 6.81 horas en los meses de enero a abril, a 4 horas luego de la implementación, dado que el cambio de familia como tal conlleva a que no se realice producción, el costo de producción en esta familia decreció, y a su vez generó que se puedan utilizar de manera más eficiente los recursos que conlleva producir, así como también el incremento de horas operativas, ya que hubo una mejora del 41%, es decir, se realiza el cambio de familia en menos horas.
3. En el tercer objetivo específico se logró aumentar el porcentaje de disponibilidad de la máquina debido a que el 64.5% de disponibilidad que presentaba la máquina acrecentó a un 70.5% de disponibilidad, es decir, el flujo de producción se ve menos afectado, así mismo las buenas prácticas de manufactura generan, en caso existiesen, un mejor desenvolvimiento en la solución de averías. Además, el incremento de la disponibilidad es crucial para tener buena eficiencia.
4. La implementación de Herramientas de Lean Manufacturing incrementó la productividad de la fabricación de la Familia 96 de 56% a 68%, es decir, fue una producción más eficiente. Esto es debido a que se atacaron los tres principales pilares que afectan el OEE: Porcentaje de Merma (Calidad), Cambio de Familia (Rendimiento) y Disponibilidad de equipos; el desarrollo correcto de estos tres pilares garantiza una eficiencia alta, la cual ha sido demostrada en el desarrollo de la tesis.

RECOMENDACIONES

1. Mantener capacitados a los operarios permanentemente para que las metodologías implementadas (5'S, SMED y Mantenimiento autónomo) puedan tener una funcionalidad óptima, principalmente el aspecto cultural. Asignar recursos para este proceso es fundamental, adicionalmente se puede implementar una política de recompensas de diferentes índoles, para estimular la creatividad y esfuerzo de los colaboradores.
2. Establecer aumento de conocimiento en los operadores en la aplicación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de las máquinas, a través del área de compras retomar y fortalecer lazos con los proveedores e fabricantes con el fin de recibir visitas en planta o recibir supervisión de ellos para identificar detalles y recibir por menores de los posibles desperfectos que se puedan ocasionar.
3. Complementar la aplicación de la metodología Smed con auditorías internas y externas, ya que se considera como aspecto crítico para las operaciones los resultados que se obtienen afectan directamente a producción, almacén, compras y ventas. Es decir, afecta al costo final disminuyendo inventario, mejora la calidad y maximiza los tiempos de producción. Por ello se recomienda que se pueda trabajar de la manera más transparente y exigente.
4. Finalmente se recomienda que la alta dirección se involucre por completo con la implementación, de esta manera es como realmente se conseguirá el compromiso en el área para poder tener resultados satisfactorios y crear conciencia en la empresa.
(Digitalizar/software/IA)

REFERENCIAS

- Aldavert, J., Vidal, E., Antonio, J., & Aldavert, X. (2018). *Guía práctica 5S para la mejora continua*. Cims © Midac.
- Arroyo, N. (2018). Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Azcona, M., & Mazini, F. (11 de 2013). *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación*. Obtenido de SEDICI: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45512>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación. Serie integral por competencias* (3.º ed.). Grupo Editorial Patria.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3 ed.). PEARSON.
- Bravo, D., & Tiburcio, D. (2022). Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Isagué. (*Tesis de titulación en Ingeniería Industrial*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Castro, W. (2023). *Propuesta de un plan de mantenimiento autónomo de una máquina tubera en una empresa metalmecánica en la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Cruz, D., & Flores, M. (2017). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para explorar la productividad en el área de extrusión en una empresa del sector metalúrgico. (*Tesis de titulación en Ingeniería Industrial*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Ferrín Gutiérrez, A. (2007). *Gestión de stocks en la logística de almacenes*. España: FC Editorial.
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación: Manual autoinformativo interactivo*. Huancayo: Universidad Continental.
- González, H. (2009). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Contribuciones a la Economía.
- Hirano, H. (2018). *S para todos: 5 pilares de la fábrica visual*. Routledge.
- Holguin, C., & Loro, L. (2022). *Lean Manufacturing para incrementar la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos*. Universidad Ricardo Palma, Lima.

- Macetas, M., & Salas, G. (2021). Lean manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cobertores para camiones en la empresa NOVOFIBRAS. (*Tesis de titulación en Ingeniería Industrial*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Palomino, M. (2012). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes. (*Tesis de titulación en Ingeniería Industrial*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Perez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Colombia: Ediciones USTA.
- PERÚ, E. S. (19 de Noviembre de 2019). <https://www.siderperu.com.pe/>. Obtenido de https://www.siderperu.com.pe/sites/pe_gerdau/files/PDF/FT%20Tubo%20LAC%20GALV%20%20SIDERPERU%2004abr19%20v2.pdf
- Quezada, P. (2023). *Mejoramiento del sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean Manufacturing en la producción de cal de MINABRADEC Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Ecuador.
- Rodríguez, D. (2022). Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing. (*Tesis de magister en Ingeniería Industrial*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Shingo, S. (1989). *Estudio del sistema de producción Toyota: Desde el punto de vista del ingeniero Industrial*. New York: Productivity Press.
- Sladogna, M. (2017). Productividad-Definiciones y perspectivas para la negociacion colectiva. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Tejeda, A. (Abril de 2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, 36(2). Obtenido de <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2010). *Sistema 5S's Guía de implementación*. Mexico: Limusa.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

Tabla 36

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿En qué medida la implementación de Lean Manufacturing se podrá mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC en una empresa metalmecánica?	Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC en una empresa metalmecánica	Si se implementa Lean Manufacturing se podrá mejorar la productividad del proceso de fabricación de tubos estructurales LAC en una empresa metalmecánica	Lean Manufacturing	Si/no	Productividad	Unidades producidas/ Horas-hombre empleadas
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿En qué medida la implementación de la metodología 5S reduce el porcentaje de mermas en una empresa metalmecánica?	Implementar la metodología 5S para reducir los porcentajes de merma en una empresa metalmecánica.	Al implementar la metodología 5S se podrá reducir los porcentajes de merma en una empresa metalmecánica.	5S	Si/no	Porcentaje de merma	% de merma

¿En qué medida la implementación de la metodología SMED reduce el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmeccánica?	Implementar la metodología Smed para reducir el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmeccánica.	Al implementar la metodología Smed se logrará reducir el tiempo de cambio de familia en una empresa metalmeccánica.	SMED	Si/no	Tiempo de cambio	Total de horas efectivas de cambio de familia
¿En qué medida la implementación del Mantenimiento Autónomo incrementará la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmeccánica?	Implementar el Mantenimiento Autónomo para incrementar la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmeccánica.	Al implementar el Mantenimiento Autónomo se podrá incrementar la disponibilidad de la máquina LAC en una empresa metalmeccánica.	Mantenimiento Autónomo	Si/no	Disponibilidad	% De disponibilidad

Nota. Elaboración propia

Anexo B: Matriz de operacionalización

Tabla 37

Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Metodología 5S	Si/No	<p>“Tienen por objetivo implantar tanto el orden, como la limpieza y la disciplina en el lugar de trabajo (gemba) de manera tal de hacer factible la gerencia visual, y contribuyendo tanto a la eliminación de desperdicios, como al mejoramiento en las labores de mantenimiento de equipos y a la disminución en los niveles de accidentes.” Guachisaca, C. Salazar, M. (2009) “Implementación de 5S como una Metodología de Mejora en una Empresa de Elaboración de Pinturas” p.18</p>	<p>Se está clasificando las herramientas de trabajo, organizando las herramientas actuales, limpiando los espacios de trabajo, estandarizando y seguir mejorando de la mano de la alta dirección.</p>
Metodología SMED	Si/No	<p>“El tiempo de cambios de herramientas va al costo del producto, por lo que, entre más largo es este cambio de herramientas más costos absorbe el producto final. Los tiempos perdidos en los cambios de herramienta afectan la productividad de una empresa y esta se puede ver saturada o considerar que su equipo es insuficiente si quiere captar más productos. Lo que busca SMED es ayudar a tener un sistema de Lean Manufacturing, ya que, al tener</p>	<p>Se está preparando un análisis sobre la actividad específica a intervenir, separando los intereses internos de los externos, se continuará gestionando lo interno en externo y reducir los tiempos de actividades interna. De esta manera se reducirá el tiempo de set up y mejorará la eficiencia del mismo.</p>

		cambios de herramientas más cortos, se tendrá la posibilidad de generar más lotes de diferentes productos en el mismo tiempo que se tenía antes.” MInor,O. (2014) “ <i>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN UNA LÍNEA DE EMPAQUE DE FÁRMACOS</i> ” p.22	
Mantenimiento autónomo	Si/No	“Es un concepto de programa de mantenimiento originario de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, para mejorar calidad y costes en los procesos de producción industrial. Es una herramienta que permite a la empresa aumentar la productividad en todas sus áreas; su foco es cero fallas, cero accidentes, cero defectos”. Maya,J. (2018) “Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM” p.10	Para la implementación del mantenimiento productivo total se está evitando el despilfarro en un entorno económico que cambia raudamente, donde la producción en grandes cantidades requiere una alta calidad y seguridad lo antes posible, por ello se cuenta con la responsabilidad de todo el equipo de planta, logrando eliminar las fallas y maximizar la disponibilidad de las máquinas de la mano de del orden y limpieza.

Nota. Elaboración propia

Tabla 38

Matriz de operacionalización

Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
-----------------------------	------------------	-----------------------	------------------------

<p>Porcentaje de merma</p>	<p>Cumplimiento de las 5S</p>	<p>Porcentaje de cumplimiento de la ejecución de los indicadores (de resultado) del Plan de 5S. Para la propuesta de implementación se realizaron las actividades indicadas en el cronograma de las 5 S. Cada una de las actividades fueron precedidas de una capacitación antes de ser ejecutadas.</p>	<p>Checklist, Seguimiento de cumplimiento, Actas de reuniones de comité y reportes diarios sobre incidencias.</p>
<p>Tiempo de cambio de familia</p>	<p>OEE</p>	<p>La Efectividad Global de los Equipos (OEE por las iniciales en inglés de “Overall Equipment Effectiveness”) es una métrica utilizada para representar en un sólo indicador tres parámetros de suma importancia para la mejora en la productividad de industrias de manufactura. Esto se puede aplicar a una sola máquina, una línea de producción aislada o una planta completa, (Sejzer, 2016).</p>	<p>Medición de tiempos, gráficos de Gantt, Diagrama de Pareto, Planilla de análisis y mejora, Planes de contingencia, Compras de bienes habituales en el proceso.</p>

Disponibilidad	(Tiempo Disponible) / (Tiempo programado)	<p>La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente</p> <p>Mesa,D. , Ortiz, Y. y Pinzón,M. (2006)“LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO” p. 2</p>	<p>Reportes de medición de tiempos de parada, Análisis de los tipos de parada de máquina, Total de tiempo perdido y Análisis de fiabilidad.</p>
----------------	---	---	---

Nota. Elaboración propia

Anexo C: Documento de autorización para la elaboración de tesis



Lima, 20 de noviembre del 2023

Por la presente, autorizamos a los señores Bachilleres Calderón Cárdenas Yonathan Rubén y al señor Díaz Huamán, Fernando Adrián a fin de que puedan utilizar información necesaria como datos, figuras, fotografías u otros de la empresa, de interés exclusivamente para la elaboración de su tesis dicha información es de carácter académico con fines de análisis y evaluación fidedignita del proceso, sin embargo la empresa impera la confidencialidad de información altamente detallada o específica.

Sin otro particular me despido,

Atentamente,

.....
Macor Espinoza Silvera

DNI N° 40354515
Coordinador de Producción