

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE LAMINADO
DE LA EMPRESA MUBAPLAST**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR

Bach. CÁRDENAS AMARO, STYVEN FIDEL

Bach. PEZO ROJAS, GARRY JESÚS

ASESOR: Mg. RODRÍGUEZ VÁSQUEZ, MIGUEL ALBERTO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padres, abuelos, hermana, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis años de estudio.

Cárdenas Amaro, Styven Fidel

Dedico esta tesis a mis padres y familiares cercanos, por el apoyo incondicional que me brindaron tanto en mis años de estudio en la universidad como en mi vida diaria.

Pezo Rojas, Garry Jesús

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater, por haberme brindado el conocimiento para afrontar la vida profesional, a nuestros padres por haberme brindado los valores que nos formaron como personas.

Cárdenas Styven & Pezo Garry

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	3
1.2 Objetivo general y específicos	7
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y teórica	7
1.4 Importancia y justificación (teórica, práctica, metodológica, entre otros.)	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Marco histórico	10
2.2 Antecedentes del estudio de investigación	12
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	16
2.3.1. Lean Manufacturing.....	16
2.3.2. Metodología PHVA.	20
2.3.3. El método Poka Yoke	25
2.3.4. SMED	28
2.3.5. Matriz de priorización de problemas	31
2.4. Definición de términos básicos.....	33
2.5. Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis (figuras, o mapas conceptuales) .	35
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	37
3.1. Hipótesis	37
3.1.1. Hipótesis principal	37
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	37
3.2 Variables	37
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.1. Enfoque, tipo y nivel.....	38
4.2 Diseño de la investigación	39
4.3. Población y muestra.....	40
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos	41
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	43
4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos	44

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	44
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46
5.1 Presentación de resultados	46
5.2 Análisis de resultados.	88
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS.....	108
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	108
Anexo 02: Matriz de operacionalización.	109
Anexo 03: Reporte de Proceso de Extrusión.	110
Anexo 04: Reporte Proceso de Impresión.	111
Anexo 05: Reporte de Proceso de Laminado.....	112
Anexo 06: Etiqueta del área de extrusión luego de implementar el Poka Yoke.....	113
Anexo 07: Etiqueta del área de impresión luego de implementar el Poka Yoke.....	113
Anexo 08: Etiqueta del área de laminado luego de implementar el Poka Yoke.....	114
Anexo 09: Permiso firmado por la empresa.	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen población y muestra por variable dependiente.	41
Tabla 2: Técnicas e instrumentos.....	43
Tabla 3: Matriz de análisis de datos.....	45
Tabla 4: Lluvia de ideas.....	51
Tabla 5: Selección / integración de ideas.....	51
Tabla 6: Matriz de priorización de problemas de producción en el área de laminado. ..	53
Tabla 7: Porcentajes de merma establecida por área	54
Tabla 8: Porcentaje promedio de merma	54
Tabla 9: Promedio de merma por semana	57
Tabla 10: Clasificación según frecuencia de problemas.....	59
Tabla 11: 5W-1H de los problemas hallados en el análisis causa-efecto	61
Tabla 12: Parámetros de aceptación del proceso de laminado	65
Tabla 13: Promedio de merma.....	67
Tabla 14: Errores en área de laminado	68
Tabla 15: Incidencias por errores humano.....	70
Tabla 16: 5 Porqué acerca de laminar producto incorrecto	71
Tabla 17: 5 Porqué acerca materiales con la tensión superficial adecuada	71
Tabla 18: Incidencias por errores humanos	76
Tabla 19: Tiempo de preparación y cambio de bobina.....	80
Tabla 20: Resumen del DAP del área de laminado	82
Tabla 21: Tiempo de preparación y cambio de bobina – antes del SMED	86
Tabla 22: Tiempo de preparación y cambio de bobina – implementado SMED.....	86
Tabla 23: Comparativo de tiempos SMED.....	87
Tabla 24: Tiempos después del implementar SMED	87
Tabla 25: Resumen de resultados	87
Tabla 26: Muestras pre test y post test para hipótesis específica 1.....	90
Tabla 27: Resumen de procesamiento de datos – Merma generada Pre test y Post test.	90
Tabla 28: Datos estadísticos descriptivos de merma	91
Tabla 29: Prueba de normalidad de merma generada para muestras Pre test y Post test.....	92
Tabla 30: Estadísticas de muestras emparejadas para merma generada.....	93
Tabla 31: Correlaciones de muestras emparejadas para merma generada.....	93

Tabla 32: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para merma generada en el área de laminado	94
Tabla 33: Muestras pre test u post test por errores de producción.	95
Tabla 34: Resumen de procesamiento de casos – errores de producción Pre test y Post test.....	95
Tabla 35: Datos estadísticos descriptivos de incidencia de errores	96
Tabla 36: Prueba de normalidad para datos de errores de producción Pre test y Post test.....	97
Tabla 37: Resumen de contrastes de hipótesis.....	98
Tabla 38: Muestra Pre test y Post de los tiempos de Set-Up	99
Tabla 39: Resumen de procesamiento de casos – Set-up muestras Pre test y Post test	100
Tabla 40: Datos estadísticos descriptivos - muestras pre y post test.	100
Tabla 41: Pruebas de normalidad para tiempos de Set-up de las muestras Pre test y Post test.....	101
Tabla 42: Estadísticas de muestras emparejadas para tiempos de Set-up promedio	102
Tabla 44: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para los tiempos de Set-up promedio	103
Tabla 45: Resumen de resultados	104
Tabla 46: Matriz de consistencia	108
Tabla 47: Matriz de operacionalización.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuota de participación global, 2018.....	3
Figura 2: Porcentaje global de consumo de empaques por región.	4
Figura 3: Herramientas del Lean Manufacturing.....	17
Figura 4: Siete desperdicios de la filosofía.	20
Figura 5: Ciclo de PHVA.....	21
Figura 6: Ocho pasos en la solución de un problema.	23
Figura 7: Fases de la técnica SMED.....	30
Figura 8: Mapa conceptual del Lean Manufacturing.....	35
Figura 9: Mapa conceptual del proceso productivo.....	36
Figura 10: Cuadro Mágico de Gartner en febrero 2021.....	44
Figura 12: Principales clientes.....	47
Figura 13: Principales proveedores e insumos	48
Figura 14: Organigrama de la empresa.....	49
Figura 15: Diagrama de flujo de procesos.....	50
Figura 16: Merma del área de impresión.....	55
Figura 17: Merma del área de extrusión.....	56
Figura 18: Bobina dañada.....	56
Figura 19: Ciclo de Deming o de mejora continua.....	57
Figura 20: Diagrama Ishikawa (Causa-efecto) del área de laminado.....	59
Figura 21: Diagrama de Pareto de frecuencia de problemas.	60
Figura 22: Diagrama AS IS del flujograma del área de laminado.....	62
Figura 23: Proceso de rebobinado	63
Figura 24: Diagrama TO BE del flujograma del área de laminado.....	64
Figura 25: Grafica del porcentaje de merma Pre test.....	66
Figura 26: Gráfica del porcentaje de merma Post test.....	66
Figura 27: Zona de bobinas en proceso.	69
Figura 28: Etapas del Poka Yoke.....	70
Figura 29: Diagrama de flujo del proceso de laminado.....	70
Figura 30: Etiqueta de las bobinas.....	72
Figura 31: Nuevo esquema de etiqueta.....	73
Figura 32: Nuevo flujo de proceso.	74
Figura 33: Prueba de laminado apta.	75

Figura 34: Prueba de laminado no adecuada.	75
Figura 35: Carreta de carga manual.	78
Figura 36: Montaje de bobina lado izquierdo.	78
Figura 37: Montaje de bobina lado derecho.	79
Figura 38: Daños en la bobina.	79
Figura 39: Etapas de la metodología SMED	80
Figura 40: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado.	81
Figura 41: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – implementación carro elevador	83
Figura 42: Apilador semi-eléctrico	84
Figura 43: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – operaciones en paralelo.	85
Figura 44: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – operaciones principales.	85

RESUMEN

La tesis de investigación se desarrolló con el objetivo de incrementar la productividad en el área de laminado, la cual es una de las cinco áreas con las que cuenta la organización, se aplicó la metodología Lean Manufacturing con el fin de reducir el desperdicio o merma, disminuir los errores de fabricación y reducir los tiempos de set-up o regulación y preparación de máquina.

El enfoque de la investigación es cuantitativo de tipo aplicada, perteneciendo al método explicativo y el diseño es cuasiexperimental ya que se recolectaron datos para analizarlos en base a las hipótesis planteadas.

La muestra antes (pre test) estuvo conformada por la data de la empresa, en el periodo de junio y julio del 2021, y la muestras después (post test) correspondieron al periodo de agosto y setiembre del 2021; las cuales se dividieron en 8 semanas para efecto de la presentación de datos. La información perteneciente al área de laminado reportó los valores de merma del área, los errores reportados, y los tiempos de set-up.

Se aplicaron las herramientas del Lean Manufacturing de PHVA para analizar la merma generada en el área, el Poka Yoke para mitigar los errores de fabricación y el SMED para reducir los tiempos de preparación de máquina y cambios de bobina (SET-UP).

El uso de las herramientas para aumentar la productividad del área de laminado aportó resultados favorables, consiguiendo que la productividad aumentara mediante la reducción de la merma, la mitigación de errores en la fabricación de los productos y la reducción de los tiempos de set-up de la máquina.

Los resultados se contrastaron mediante las hipótesis planteadas utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 25.

Palabras Clave: PHVA, Poka Yoke, SMED, productividad.

ABSTRACT

The research thesis was developed with the aim of increasing productivity in the rolling area, which is one of the five areas that the company has. The Lean Manufacturing methodology was applied in order to reduce waste or shrinkage, reduce manufacturing errors and reduce setup or regulation times and machine preparation.

The research approach is quantitative of the applied type, belonging to the explanatory method and the design is quasi-experimental since data were collected to analyze them based on the hypotheses raised.

The sample before was made up of the data of the company, in the period of June and July 2021, and the samples after (post test) corresponded to the period of August and September of 2021; which were divided into 8 weeks for data presentation purposes. The information pertaining to the Laminate area reported the shrinkage values of the area, and the set-up times, as well as the errors reported.

PHVA Lean Manufacturing tools were applied to analyze the waste generated in the rolling area, Poka Yoke to mitigate manufacturing errors and SMED to reduce machine preparation times and coil changes (SET-UP).

The use of Lean Manufacturing tools to increase the productivity of the laminating area provided favorable results, achieving an increase in productivity by reducing waste, mitigating errors in product manufacturing and reducing set times. -up of the machine.

The results are contrasted by the hypotheses made using the IBM SPSS Statistics version 25 software.

Key words: PHVA, Poka Yoke, SMED, productivity.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación refiere al estudio de la aplicación de la metodología del Lean Manufacturing en la empresa Mubaplast, el cual permite mejorar la productividad del área de laminado de envases flexibles de alimentos.

La razón de la realización de este estudio parte de la necesidad de mejorar los procesos productivos, puesto que el negocio se encuentra en un crecimiento continuo y se ve en la necesidad de mejorar la cadena de procesos, reducir sus costos y ser eficientes tanto en el uso del recurso material como el humano.

Ante esta situación, se enfrenta la problemática de baja productividad, que se visualiza en las cantidades de merma que genera el proceso, lo que se traduce en el uso ineficiente de los recursos; los errores que se tiene al momento de la laminación de los sustratos por información básica que se debe compartir e inspecciones que no se realizan al producto y por los tiempos de set-up de máquina.

La aplicación de la metodología con la intención de enfrentar esta problemática se basa en el uso de tres herramientas del Lean Manufacturing: El PHVA, con el que se busca reducir la merma del proceso, el Poka Yoke, el cual va ayudar a eliminar o reducir los errores en el proceso de laminación y el SMED, con el cual se busca reducir los tiempos de set-up de máquina; teniendo como finalidad mejorar la productividad.

El método que se emplea en el presente estudio es la investigación científica con enfoque cuantitativo, siendo una investigación de tipo aplicada, con un diseño cuasiexperimental del cual se toma muestras de estudio Pre test (antes de la investigación) y Post test (después de la investigación) y ambos son confrontados aplicando en el Post test la metodología del Lean Manufacturing.

En el capítulo I se describe con mayor detalle la problemática de la baja productividad en el área de laminado, asimismo se definen el objetivo general y los objetivos específicos, la delimitación del estudio, la importancia y justificación del estudio.

En el capítulo II, se desarrolla el marco histórico de las variables definidas, recopila información de investigaciones, teorías y conocimientos científicos relacionadas con la investigación, así, como también la definición de términos básicos.

En el capítulo III, se detalla la hipótesis general y las hipótesis específicas, las cuales servirán a validar los resultados obtenidos en el software IBM SPSS Statistics versión 25.

En el capítulo IV, se describe la metodología de la investigación en donde se señala el enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación, así como también la población y muestra por cada variable dependiente y sus respectivas técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Finalmente, en el capítulo V, se desarrolla la aplicación de la teoría y la implementación de los resultados de la investigación pre test y post test, además de la validación de las pruebas de hipótesis para conocer si los resultados son aceptados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

La industria del Packaging (Empaques flexibles de plástico) ha ido creciendo a través de los años a nivel mundial, gracias a su versatilidad de adaptarse; ya que proporciona ventajas por encima de otros materiales de empaque, como por ejemplo se resalta los bajos costos de producción y transporte; además, de ser empaques ligeros y que protegen al contenido de oxígeno, humedad y luz. Además, los empaques flexibles ofrecen comodidad y portabilidad, unas cualidades que hoy en estos años son muy apreciadas por los consumidores.

De acuerdo con all4pack, y con base en un reporte de SMITHERS, en 2017 el valor del mercado de empaques y envases a nivel mundial fue de USD 851 mil millones, lo que representó un aumento de 2,8 % con respecto a 2016, a precios constantes. En 2018 esta cifra llegó a USD 876 mil millones, y al 2023 se espera que alcance los USD 1.000 millones. Lo que se refleja en la cantidad de productos vendidos que usan como empaque primario al plástico flexible. (Figura 1).

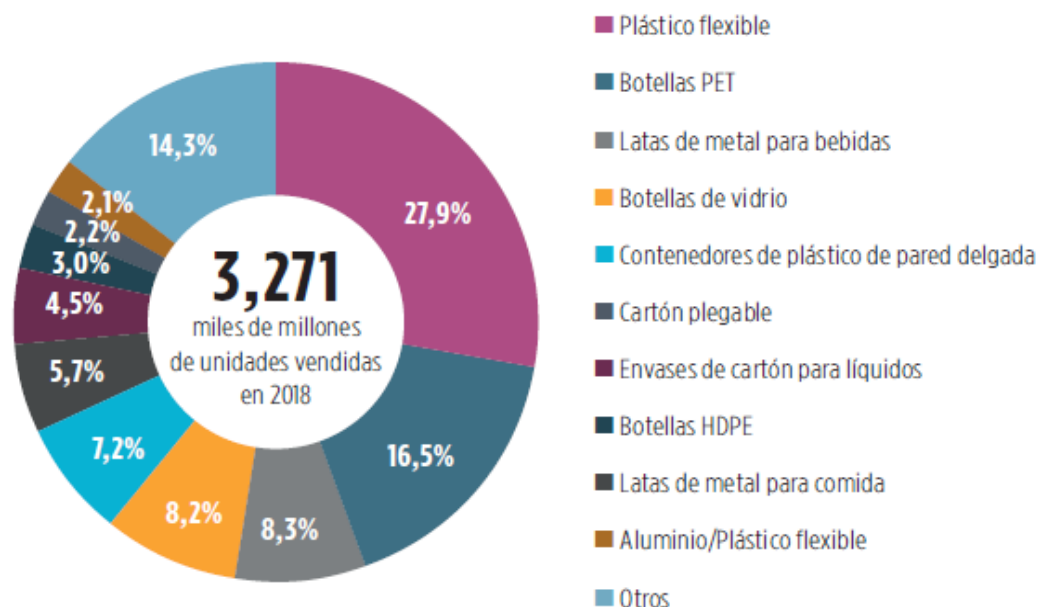


Figura 1: Cuota de participación global, 2018
Fuente: Euromonitor Consulting. (2019).
Elaboración: Euromonitor Consulting

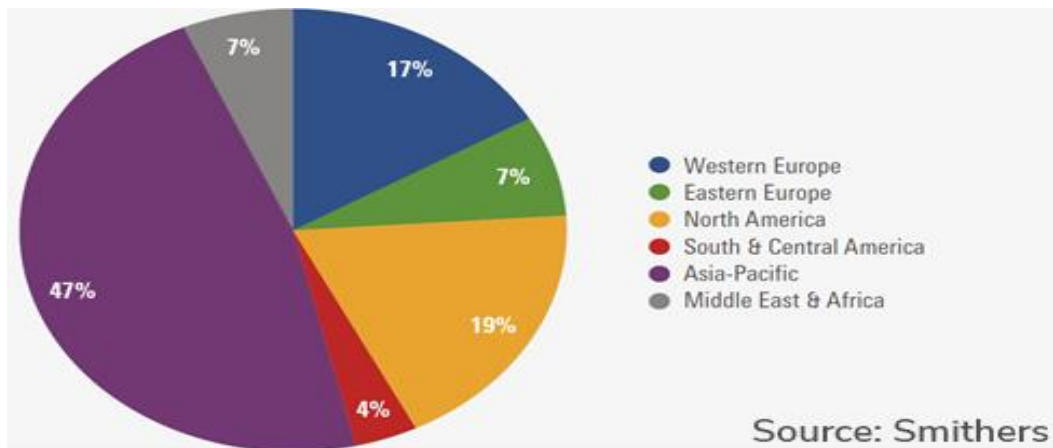


Figura 2: Porcentaje global de consumo de empaques por región.
 Fuente: SMITHERS (2016)
 Elaboración: SMITHERS

Partiendo de la misma consultora SMITHERS, y de acuerdo a un estudio de mercado titulado “El Futuro de los envases flexibles globales hasta 2026” estima que el mercado global de envases flexibles crecerá a una tasa anual de 3.4% lo que representaría en un consumo de 37.5 millones de toneladas en el 2026. En la figura 2, se muestra el consumo de empaques flexibles por región en el año 2016.

En lo que respecta al ámbito nacional, los envases flexibles de plástico han visto su crecimiento de participación en el mercado, convirtiéndose en el material que se proyecta a ser el mayormente utilizado por las compañías envasadoras de productos. Ante este entorno, las grandes industrias que elaboran empaques flexibles de plástico siguen en una constante competencia entre ellas captando clientes de renombre y acaparando el mercado de mayor consumo.

No obstante, las medianas empresas que también fabrican empaques flexibles y abastecen al mercado minoritario y que quieren ingresar a competir contra sus homónimos que están consolidados en el mercado, se ven en la obligación de nivelar costos, elevar la calidad del producto final, ser eficientes, productivos y reducir tiempos de entrega.

Ante esta situación la entidad, si busca ingresar al mercado de mayor consumo, necesita incrementar su productividad, siendo más eficiente en el uso de los recursos que entran y salen del proceso. Y una de las áreas importantes en este proceso, es el área de laminado, la cual es uno de los procesos críticos y principales en la fabricación de empaques flexibles.

Aquí se observa que la productividad del proceso no es el óptimo y está por debajo de lo esperado. Esto se refleja en tres problemáticas:

Los tiempos de preparación de máquina y cambio de bobinas entre producción y otras producciones, estos se presentan al momento de regulación de máquina (inicio de actividades) ya que no se tiene identificado las actividades que realiza el maquinista. Estas demoras se generan por motivos de ergonomía en el trabajo, los ayudantes cargan y trasladan bobinas de entre 150 kg a 400 kg con solo una carreta de carga, dificultando el trabajo y prolongando los tiempos de montaje y desmontaje. El tiempo de cambio que se toma en la manipulación manual de cargas aumenta con el transcurrir del horario de trabajo, debido a la disminución de la capacidad física de los trabajadores al estar siendo forzados a mover bobinas de pesos promedio de 300kg., siendo necesario apoyarse mutuamente en realizar la actividad con el propósito de alivianar la carga. Esto genera que las actividades se deban realizar entre dos personas y que las tareas asignadas al maquinista y su ayudante, no puedan efectuarse en paralelo, además de que el proceso de cambio y regulación de máquina sea poco flexible. Asimismo, la falta de un equipo de carga adecuado, genera lesiones físicas en a los trabajadores, ocasionando pérdidas en hora hombre y hora máquina o pérdida de un turno total de trabajo. En la tesis de Alarcón Falconi (2014) la reducción de los tiempos de cambio genero un 33.08% de incremento en la productividad.

Otro de los problemas identificados es el exceso de merma que se genera en el área de laminado. Si bien en las ordenes de producción el área de laminado no reporta demasiada merma, en las áreas siguientes que son las de corte/doblado y sellado (especialmente en el área de corte/doblado) se ve reflejado la merma proveniente de laminado, la cual es una de las mermas más caras del proceso ya que contiene el valor agregado de dos áreas: Extrusión e Impresión. Esta merma se genera por metros de material defectuoso que se lamina con material conforme lo cual representa un gasto innecesario de adhesivo y material conforme, además las bobinas que vienen con cuatro o más empalmes, también generan merma por paradas que debe realizar el operario al revisar las marcas y por el arranque nuevamente de máquina. Esto conlleva a un proceso ineficiente (con mayor probabilidad de encontrar defectos), eleva el costo y aumenta el lead time del proceso. En la tesis de Soralez Nieto (2020) la reducción del desperdicio y paradas de maquina incremento la productividad en un 8%.

Por último, los errores en la producción que se dan por información incorrecta, incompleta o no especifica, que al llegar a manos del operario le hace causar errores

involuntarios. Se presenta en las etiquetas de información de las bobinas que se utilizan en los productos en proceso, la cual no es adecuada puesto que omite detalles importantes a considerar luego del proceso de laminación. También se presentan estos errores en las ordenes de trabajo que se entrega al maquinista, la cual en reiteradas ocasiones viene con doble información o simplemente los omite. Estos errores también se presentan por la mala señalización de las bobinas al ingresar al proceso y al salir de este, lo que genera que partes con producto no conforme termine llegando como producto final al cliente, que se traducen en pérdidas económicas de material y aumenta el producto defectuoso. En la tesis de Soliz Cadillo (2018) la reducción de errores y defectos en la producción mejoro la productividad en un 44.01%.

Ante esta situación la organización para continuar con su crecimiento sostenido debe mejorar la productividad del área de laminado, puesto que es un proceso critico que añade valor, y si se deja de lado su importancia y no se le da su respectiva relevancia, esto se verá reflejado en resultados contraproducentes y pérdida de clientes potenciales. Por tal motivo se busca aplicar la metodología Lean Manufacturing con el objetivo de reducir y controlar estos problemas que aqueja el área y que son de relevancia, puesto que se traducen en reclamos de parte de los clientes, tiempos de entrega incumplidos, reprocesos e incrementan el costo.

Problema general:

¿Cómo mejorar la productividad mediante la implementación de la metodología Lean Manufacturing en el área de laminado de la empresa Mubaplast?

Problemas específicos:

- a) ¿Cómo reducir la merma mediante la implementación de la metodología PHVA?
- b) ¿Cómo prevenir errores en el proceso de fabricación mediante la aplicación de la herramienta POKA YOKE?
- c) ¿Cómo reducir los tiempos set-up mediante la implementación de la metodología SMED?

1.2 Objetivo general y específicos

Objetivo General

Implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de laminado de la empresa Mubaplast.

Objetivos específicos

- a) Aplicar la metodología PHVA para reducir la merma.
- b) Aplicar la herramienta POKA YOKE para prevenir errores en el proceso de fabricación.
- c) Implementar la metodología SMED para reducir los tiempos de set-up.

1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y teórica

Delimitación espacial:

El estudio se realiza en la empresa Mubaplast, específicamente en el proceso productivo del área de laminado ubicado en Ate, Lima.

Delimitación temporal

El periodo de estudio que comprende la presente investigación este situado entre los meses de junio a setiembre del 2021.

Delimitación teórica:

La investigación esta avocada a aplicar la metodología del Lean Manufacturing para dar solución a la problemática de la productividad en el área de laminado.

1.4 Importancia y justificación (teórica, práctica, metodológica, entre otros.)

Importancia del estudio

Las compañías de plástico flexible, se requiere que estas reduzcan sus costos y mejoren sus tiempos de entrega, sin disminuir la calidad del producto, por este motivo se busca que la productividad en el área de laminado sea la más eficiente, no solo por los recursos utilizados, sino también por los tiempos que se destinan al proceso, la reducción o eliminación de los errores y las mermas o scrap.

Es por ello que a través del presente estudio se busca incrementar la productividad en el área de laminado, buscando reducir la merma generado en el proceso, reduciendo o eliminando los errores en la producción y ajustando los tiempos de preparación de máquina y cambio de producción.

Estas mejoras beneficiarán con el incremento de la productividad del área de laminado, además de aumentar el rendimiento de la máquina y del operario, mantener los costos presupuestados, no tener reprocesos y evitar los productos defectuosos.

Para finalizar, la implementación del Lean Manufacturing en el área de laminado será el modelo de las otras áreas, las cuales aplicaran los beneficios que genera la metodología.

Justificación del estudio

Justificación teórica

La presente tesis se ha desarrollado con el fin de contribuir y servir como complemento al estudio de la metodología Lean Manufacturing, y a los artículos académicos y/o científicos, ensayos y publicaciones relacionadas, la cual se aplicará en la empresa con el objetivo de mejorar la productividad del área de laminado. Además, las conclusiones obtenidas del trabajo de investigación serán de apoyo a futuras investigaciones e incrementarán los datos sobre la aplicación de la metodología.

Justificación metodológica

La metodología Lean Manufacturing será implementada siguiendo una secuencia metodológica, según lo especifica la teoría al respecto, ello con la finalidad de aumentar la productividad del área de laminado que permita resolver los problemas de tiempos de set-up de máquina, mermas que se generan y errores dentro del proceso de producción.

Justificación práctica

Con el fin de solucionar la problemática respecto a incrementar la productividad se aplicará la metodología del Lean Manufacturing, a fin de un uso adecuado y eficiente de los recursos y el tiempo, así se obtiene un proceso estandarizado y ordenado, eliminando o reduciendo los tiempos muertos de regulación y cambio en máquina,

las mermas del proceso, y los reclamos por defectos de producción, por lo que se justifica desde el punto de vista práctico.

Justificación económica

Con la implementación de la metodología del Lean Manufacturing, se reducirán los tiempos de cambio, las mermas y los errores en la producción del área de laminado lo que se traducirá en una mejora del lead time que es un atributo importante al cliente y una oportunidad de venta muy atractiva, además de no exceder los costos estimados los cuales mantendrán los márgenes de ganancia y reducirán los gastos por reproceso o errores.

Justificación Social

La presente tesis contribuirá a mejorar el ambiente laboral en el área de laminado, además de incrementar el rendimiento de los operarios. También brindar beneficios a los dueños por las mejoras traerá la implementación del Lean Manufacturing.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Origen del Lean Manufacturing.

La filosofía que ayuda alcanzar el éxito a las compañías. Tiene origen en el continente occidental en el país de Japón con el TPS o Sistema de Producción Toyota, es muy importante tener conocimiento de la aplicación de esta filosofía, saber la historia de cómo se creó y aplico en las organizaciones hasta convertirlas en potencia mundial.

Esta metodología se inició con Sakichi Toyoda y su hijo Kiichiro Toyoda, pensadores e inventores japoneses. Creadores de herramientas como el Jidoka, que significa automatización de los defectos y JIT (justo a tiempo) que son la base principal del pensamiento Lean.

Al finalizar la segunda guerra mundial la economía japonesa queda devastada, se incrementaron los costos de implementar el sistema de producción de masa, debido a eso toman la decisión de impulsar el nivel de competitividad de sus organizaciones a nivel mundial.

Eiji Toyoda de la mano de Taiichi Ohno desarrollo e implementan un ingenioso sistema de producción, el Sistema de producción Toyota (TPS), conocido mundialmente como Just in Time. Es a ellos que se debe el desarrollo de esta herramienta.

“El objetivo del TPS, es la mejora de la eficiencia de la producción mediante la eliminación constante del despilfarro” (Madariaga, 2019, p.8).

El Sistema de Producción Toyota, toma notoriedad con la crisis del petróleo (1973), Toyota nota la importancia de eliminar los despilfarros en sus procesos, primero se centró en el proceso de fabricación, luego implementarla en los demás procesos de la organización.

Toyota era líder y el estado japonés apoya la extensión de su filosofía de trabajo a las demás compañías, con el fin de incrementar la productividad.

En los principios de los noventa, el modelo japonés tiene mayor importancia en el mundo industrial y lo hace con la publicación del libro “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos (1990). Explicaron de forma ingeniosa y didáctica la nueva forma de producción de las empresas automovilísticas.

Finalmente, en este libro fueron ellos donde utilizaron la denominación de Lean Manufacturing al Sistema de Producción Toyota (TPS).

De esta forma se inicia la metodología de esta herramienta aplicada al Sistema de Producción Toyota con el principal propósito de eliminar los despilfarros que tienen los procesos.

La herramienta “Es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación --personas, materiales, máquinas y métodos que persigue-- mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro” (Madariaga, 2019, p.9). Permite cumplir con los estándares de los procesos que agregan valor al cliente, satisfaciendo sus necesidades.

La filosofía se centra en “Descubrir continuamente en toda empresa aquellas oportunidades de mejora que están escondidas, pues siempre habré desperdicios susceptibles de ser eliminados” (Socconini,2008, p.11). Creando un cambio de cultura y estilo vida en el personal de la organización que estén decididos a encontrar los desperdicios y eliminarlos para tener un enfoque en la mejora continua y optimización de los procesos.

Origen del Ciclo PHVA.

El concepto del ciclo PDCA por sus siglas en ingles Plan-Do-Check-Act o PHVA al español como Planificar-Hacer-Verificar-Actuar, también conocida como el ciclo de Deming, esta herramienta sencilla tuvo como principal promotor a W. Edwards Deming, entro en la historia de la manufactura japonesa.

Es una pieza principal de la filosofía Kaizen que se utiliza con el objetivo de guiar y motivar la mejora continua en la organización.

Al principio lo llamaron el ciclo Shewhart por Walter Shewhart, quien fue el primero que habló del concepto de ciclo de mejora. Los japoneses toman la decisión de cambiar su nombre por el de ciclo Deming como es conocido a nivel mundial (Evans y Lindsay, 2008).

Origen del Poka Yoke.

Es una técnica desarrollada en los años 50 por el ingeniero de producción japonés Shigeo Shingo con la finalidad de prevenir errores humanos que puedan ocurrir en la organización, con el objetivo de alcanzar el cero defecto y reducir las inspecciones de control de calidad.

La terminología, viene de las palabras Poka (errores) y Yoke (prueba), al principio Shingo usaba el termino Baka (idiota en japonés), con lo cual se traducían técnicas que incluso un idiota realiza, descubrió que «Baka» parecía ofensivo. Entonces toma la decisión de cambiar Baka a Poka (errores), luego se tiene el famoso Poka-Yoke que es utilizado a nivel mundial (Jeison, 2021).

“Es una metodología japonesa que suministra mecanismos a prueba de error para evitar No-Conformidades o errores humanos dentro de un proceso, permitiendo la detección y eliminación de los errores de raíz, siendo usados como herramienta de mejora continua” (Cabrera, 2012, p.15).

Origen del SMED.

La metodología tiene sus inicios en los años 50 por el ingeniero japonés Shigeo Shingo el cual comienza a trabajar en la reducción de tiempos de cambio en las maquinas. “A lo largo de treinta años desarrolló una metodología a la que denominó SMED (Single Minute Exchange of Die)” (Madariaga, 2019, p. 138).

El sistema SMED viene de procedencia japonesa en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda que los puso en marcha en trabajos que se le asigno. Sin embargo, fue en los años setenta cuando se empieza a desarrollar en la fábrica Toyota, la empresa que ponga en práctica este sistema tiene que poner todo esfuerzo en conseguir tiempos de preparación cada vez más rápidos (Rajadell y Sánchez, 2010).

2.2 Antecedentes del estudio de investigación

Tesis nacionales.

Según Quesada, L (2019) en su tesis “Implementación de la metodología Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Plásticos del Centro, S.A.C, Santa Anita, 2018”. Menciona lo siguiente:

Considero como objetivo, señalar la manera en que la implementación de la metodología mejora la productividad; la población fue el total de producción de las bolsas de plásticos durante 60 días,

Respecto a la metodología planteada es aplicativa, la investigación se sitúa en el nivel descriptivo – explicativo; enfoque cuantitativo porque se efectúa la recolección y análisis de datos para resolver las interrogantes.

asimismo, se usaron técnicas de investigación: La observación, registro de datos, ficha de recolección de datos, cronómetro.

Principal conclusión de la tesis, la productividad con la implementación de la metodología se logró aumentar a un promedio de 97.22%, en los meses de setiembre y octubre. El nivel de productividad tuvo un crecimiento de 21.61%.

La investigación resulta de aporte porque enfoca como mediante el uso de la herramienta se logra aumentar de forma significativa la productividad, eliminando los desperdicios y generando un cambio de cultura en los integrantes de la compañía.

Según Natividad.L, y Ferreyra.J, (2019) en su tesis “Propuesta de mejora de la productividad del área de flexibles de una empresa manufacturera de productos plásticos descartables mediante la metodología Lean Manufacturing”. Menciona lo siguiente:

Considera como objetivo, mejorar la productividad en el área de Flexibles desarrollando las herramientas de la metodología; la población es la producción del área de Flexibles durante el año 2018 y 2019.

Se tomaron 2 tipos de muestras, las muestras pre, la producción de 20 días de bolsas tipo asas en los meses de octubre y noviembre del año 2018, muestras post, la producción de 20 días de bolsas tipo asas en los meses de abril y mayo del 2019.

Respecto a la metodología planteada es explicativa, la investigación es de nivel descriptiva correlacional. Las herramientas que se emplearon en la recolección de datos, fueron la observación directa y revisión de los partes de producción del proceso de sellado. El registro de los productos terminados y el tiempo de producción del proceso y los archivos de video cuando se ejecutó el cambio de producto en la máquina.

Como principal conclusión de la tesis, al emplear las herramientas del 5'S, Poka Yoke y SMED se consiguió incrementar la productividad en el área, por medio de la disminución de tiempos muertos por desorden, paradas por cambio de bobina y tiempos de cambio de herramienta.

Esta investigación resulta un buen aporte, porque empleando las herramientas, se obtendrá un incremento en la productividad, mejora la rentabilidad, competitividad y satisfacción de las partes involucradas en los procesos. Así generando un valor agregado al cliente final.

Tesis internacionales

Según Pertuz, A. (2018) en su tesis “Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempos de alistamiento (Set up) en máquinas encapsuladoras de una empresa farmacéutica en la ciudad de Barranquilla”, en la cual resume:

Considera como objetivo, reducir los tiempos muertos en los procesos de cambio de herramienta de la máquina encapsuladora, mejorando la disponibilidad del equipo y poder tener una producción más eficiente.

La investigación es descriptiva, con una metodología deductiva, la muestra son los tiempos de cambio de herramienta en el equipo encapsuladora durante noviembre del 2016 hasta octubre 2017.

Los mecanismos de recolección de datos se realizaron por medio de observación directa del proceso de alistamiento de la máquina, se empleó la herramienta Diagrama de Espagueti para identificar todas los retrasos y transportes que llevo a cabo el operador durante el proceso.

Como principal conclusión de la tesis se logró estandarizar el proceso de alistamiento, a través del plan de acción donde se emplearon las herramientas del SMED se logró optimizar los tiempos de alistamiento de la máquina, se implementó un novedoso diagrama de procesos. El tiempo de alistamiento era de 240 minutos (4 horas) implementando la herramienta el nuevo tiempo de alistamiento es de 150 minutos (2.5 horas).

Esta investigación resulto aportó al presente estudio, puesto que da a conocer los beneficios de reducir el tiempo de preparación de cambio de herramientas en las maquinas, ya que la competitividad obliga a tener procesos más flexibles y una adaptabilidad más rápida en los procesos de producción.

Según Vera C. (2014) en su tesis “Implementación de las técnicas SMED en el montaje de matrices en el área de metalistería de la planta Mabe Ecuador”, en la cual resume:

Considera como objetivo, obtener una mejora continua en sus procesos de montaje de matrices en sus procesos de ensamble de cocinas implementando la herramienta.

El tipo de investigación es exploratoria y descriptiva, la muestra es el total de tiempo perdido en cambio de matrices durante los meses de junio a diciembre 2013, las herramientas de recolección de datos se realizaron a través de observación directa y

cronometrar todas las tareas. Se trabajó con la herramienta diagrama de Pareto para detectar los tiempos perdidos a causa de la ausencia de elementos de las áreas proveedoras. El diagrama de Ishikawa se utilizó con la finalidad de detectar las causas primarias, secundarias y los factores determinantes por los cuales no se llega a tener un óptimo desempeño en la planta.

La conclusión de la tesis dio como resultado la compra de un moderno dispositivo con lo cual se logró tener un trabajo de 480 copete/hora, se logrará incrementar la producción en 50%, y disminuir el número de paradas que afectan al momento de ensamblar una cocina. Obteniendo un aumento en la capacidad de ensamblaje.

Esta investigación aportó al presente estudio sobre como ampliar los conocimientos al momento de desarrollar la herramienta SMED, obteniendo los máximos resultados a un menor coste.

Según Cuervo, V., & Bolaños, J. (2016) en su tesis “implementación de herramientas Lean Manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de eka corporación.”, en el cual resumen:

Considera como objetivo, implementar y medir el impacto de algunas herramientas de producción esbelta en las líneas de producción de terminaciones en la organización. El tipo de experimental, datos cualitativos, las herramientas de recolección de datos se realizaron a través de observación directa y entrevistas al personal. la muestra total del proyecto fue de 6 meses entre enero y junio del 2016.

La conclusión de la tesis dio como resultado 85 millones de pesos de ganancia neta, se logrará incrementar la producción 52%, lo que conllevo a la satisfacción de todos los involucrados en el proyecto.

Esta investigación aportó al presente estudio los beneficios de la aplicar la herramienta, logrando disminuir el inventario de materia prima en planta y además de eliminar las horas pagadas innecesariamente a las personas que no hacen parte del proceso.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Lean Manufacturing

La metodología es conocida por los nombres: Just in time, manufactura esbelta, manufactura ágil, manufactura de clase mundial, sistema de producción Toyota y otros más.

Es una filosofía que está en la persecución constante de la mejora continua en los procesos de la organización, busca eliminar los despilfarros o excesos que se encuentran en las tareas, haciendo que estas no generen un valor al producto final que obtiene el cliente.

Concentra un grupo de herramientas que facilita el aprovechamiento de toda la capacidad de la cadena de valor, obtener la calidad competitiva y elevada flexibilidad. Permite minimizar inventarios, minimizar tiempos inoperativos, minimizar costos totales, optimizar espacios de trabajo, perfeccionar la calidad. contribuyendo a que las compañías logren una mayor competitividad, innovadoras y un alto nivel de eficiencia.

Lo fundamental de esta herramienta “Es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de los despilfarros” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.6).

El objetivo prioritario de la herramienta es emplear los recursos a hacer solo lo importante y que sumen un valor al cliente “Quiere decir hacer más con menos – menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales, - siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea” (Villaseñor y Galindo, 2007, p. 19).

La metodología se vale de varias herramientas (Kaizen, Kanban, Jidoka, SMED, 5S, TPM, Poka Yoke, PHVA, entre otros.) que se aprecian en la figura 3, con el propósito de eliminar los desperdicios, obtener la mejora continua y la optimización de los procesos. Cada una de las herramientas tiene una característica y propósitos concretos que permite mejorar algo en específico, no es necesario implementar todas las herramientas. Cada compañía debe elegir aquellas que mejor se adapten a sus procesos, lo mejor de esta filosofía es que se implementa de forma independiente y de forma gradualmente cada herramienta que la conforma (Rajadell y Sánchez, 2010).



Figura 3: Herramientas del Lean Manufacturing.
 Fuente: CEUPE magazine (2021)
 Elaboración: CEUPE magazine

Un factor de la herramienta son los equipos de trabajo y líderes, relacionando el factor humano como el activo más valioso. La polivalencia en los colaboradores, su formación ética “basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios” (Hernández. J 2013, p.78). Consecuentemente se consigue la mejora del clima laboral y mantener a los trabajadores motivados en realizar la búsqueda continua de hacer las cosas de forma más ágil, flexible y económica

Las metodologías es una filosofía importante que ayuda a las organizaciones a estar en constante búsqueda de oportunidades de mejora, con el fin de alcanzar la optimización en los procesos, enfocándose de encontrar y eliminar toda clase de desperdicio, disminuyendo costo de calidad e inventarios, costo de compra, costo de producción.

Las organizaciones siempre tienden a utilizar sus recursos de una forma eficiente y eficaz con la finalidad de tener ventajas competitivas en el mercado. Esta herramienta es la principal forma de llegar hacerlo.

La grandeza de esta herramienta es la adecuada aplicación, concientizar a la importancia que se obtiene implementando la herramienta a las partes involucradas.

El liderazgo que emprende la dirección, permitirá establecer las metas y objetivos a corto, mediano y largo plazos; facilitar los medios de ejecución; planificar y monitorear los trabajos, garantizar que estos planes se lleguen a realizar y controlar la implementación. Otorgando responsabilidades a los colaboradores que están en contacto directo con el medio de trabajo, y por consecuencia son los primeros en alertar cualquier problema a fin de poder eliminarlo.

De acuerdo a Womack, J., & Jones, D. (1996), menciona los beneficios de implementar un sistema Lean son:

- Tener una producción fluida.
- Reducir la fase de preparación.
- Reducir los inventarios.
- Reducir las imperfecciones.
- Reducir los accidentes.
- Reducir el tiempo a la mitad.

Principios de implementación

La forma de correcta de implementación de la herramienta según Villaseñor y Galindo (2007):

1. Definir qué agrega valor al cliente: desarrollar productos que cumplan con lo esperado o aún mejor por encima del valor pagado.
2. Definir y hacer el mapa del proceso: identificar cuáles son las actividades o procesos que generan valor al producto o servicio por medio de un mapeo del flujo de información y mapeo de la cadena de valor.
3. Crear flujo continuo: es una forma de organizar el flujo de valor de una manera permanente y uniforme; tener una mejor organización y así poder eliminar los problemas
4. Producir lo que requiere el cliente: destacar la participación positiva del cliente ya que él es quien dirige las cantidades a producir. No se puede llevar a cabo más de lo que solicitan el usuario final. Es recomendable usar un sistema pull que disminuye inventarios y previene

sobreproducción.

5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección: este es un pilar importante de toda organización que requiera obtener competitividad en el mercado, buscar la mejora continua de hacer las cosas es la mejor opción de llegar a tener la perfección.

Objetivo

La creación de un flujo de valor, esto se debe operar bajo un sistema de producción de acuerdo a los requerimientos del cliente y su nivel de demanda, de una forma esbelta, flexible y rentable, eliminando procesos que no generan valor al producto final.

Te brinda las herramientas necesarias con la intención de tener una búsqueda continua en la identificación y eliminación del despilfarro o exceso, todo aquello que resulte improductivo a la cadena de valor. Mediante eso las organizaciones puedan incrementar la competitividad en el mercado y sostenerla en el tiempo.

Ventaja

Ayuda a optimizar los procesos que agrega valor, con la finalidad de alcanzar los tres objetivos claves del éxito, una mayor rentabilidad, un mejor posicionamiento en el mercado y satisfacción total del cliente.

Se desarrolla tres componentes esenciales, entendimiento de los problemas que los rodea, diseñar ideas con el objetivo de encontrar soluciones rápidas e innovadoras, finalmente proceder a tomar decisiones, implementarlas y verificar su efecto. Por consiguiente, optar por la mejor propuesta de mejora, programar su ejecución e implementarla logrando la mejora deseada y tener una cultura de cambio permanente en el desarrollo de mejores prácticas.

En la figura 4 se observa los siete desperdicios que la herramienta ayuda a eliminar:

1. Por sobreproducción: producir en exceso.
2. Por esperas: actividades de que no agregan valor.
3. Por transporte: traslados innecesarios.
4. Por extraprocesal: reprocesos.
5. Por demasiados inventarios: demasiada materia prima.

6. Por movimientos: movimientos de personal innecesarios.
7. Por defectos: productos no conformes.



Figura 4: Siete desperdicios de la filosofía.
Fuente: SPC consulting group. (2018)
Elaboración: SPC consulting group.

2.3.2. Metodología PHVA.

La metodología PHVA es un pilar sobre obtener la mejora continua, es un ciclo dinámico cíclico que se permite implementar en todo el proceso de la organización, Se centra en cuatro pasos Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). Esta herramienta es utilizada por las organizaciones que desean lograr impacto a corto plazo con una baja inversión.

El ciclo PHVA consta de las siguientes fases:

- Planear: esta es la fase preliminar donde se define el proyecto, se basa en analizar la situación actual, recolectar datos y analizar las causas potenciales del problema, de modo que se planifiquen las soluciones.
- Hacer: ejecutar la implementación de las soluciones planificadas, se pone en funcionamiento las acciones a mejorar, basadas en el diagnóstico preliminar.

- Verificar: etapa de confrontación de los resultados, se tiene que medir y evaluar los resultados. Se logró lo planificado de las soluciones.
- Actuar: se toma decisiones con base en el aprendizaje obtenido. Si existieron defectos, se determinan acciones correctivas. Si, por el contrario, los resultados fueron óptimos, se documenta dicho cambio y se integra dentro de los procesos de la empresa.

Según Ortiz (2017, p.32) citando a Singh (1997), define que el “Ciclo de Deming” es un ciclo elaborado que beneficia a mejorar un proceso o actividad. Se elaboró con la finalidad de utilizarse como una guía con el propósito de averiguar las causas y problemas mediante un análisis estadístico. Su aplicación se da en cuatro etapas, que está dividida en las siguientes cuatro dimensiones que se muestran en la figura 5.

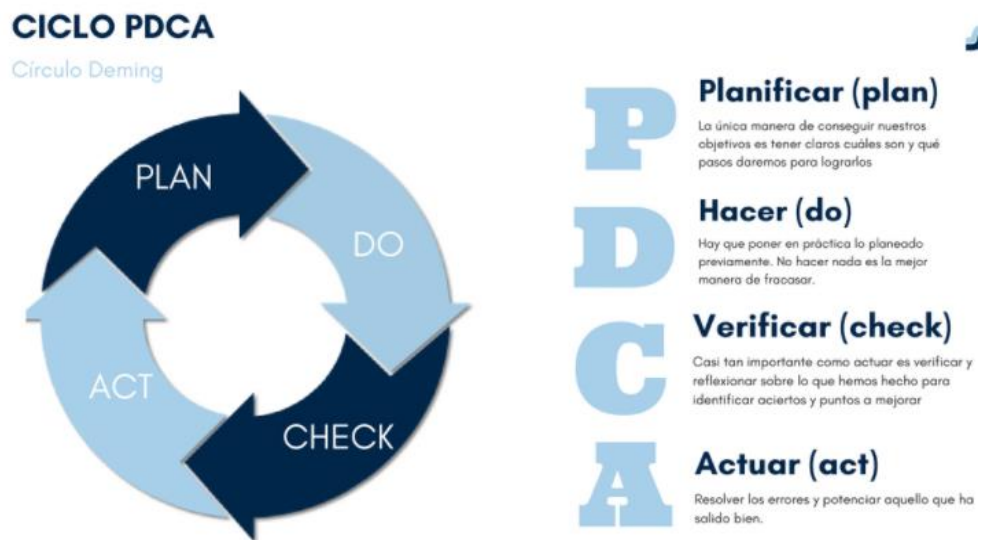


Figura 5: Ciclo de PHVA
Fuente: Stocklogistic (2016)
Elaboración: Stocklogistic.

El ciclo de Deming, garantiza en identificar y aprovechar todo tipo de oportunidades de mejora en los procesos de la organización, implementar el PHVA le permite determinar nuevas y mejores soluciones de manera continua a través del tiempo, planteando retos constantes que permitan renovar gradualmente los procesos obsoletos.

En este sentido, la importancia del ciclo de Deming se sustenta, cuando se hace el análisis de las áreas de forma continua, se logran determinar las fallas

o actividades innecesarias. Por tanto, tomar decisiones que logren solucionar estos obstáculos a través de las etapas del ciclo de Deming, que permite aumentar la productividad, reducir los costos, incrementar la rentabilidad e impulsar la competitividad empresarial. Es importante que las organizaciones no dejen de reinventarse y de buscar soluciones complejas a problemas existentes. (Deming, 1986)

El ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) otorga un gran beneficio en estructurar y llevar a cabo proyectos de mejora continua, calidad y de productividad en cualquier nivel jerárquico de la compañía.

La utilización del ciclo PHVA brinda una solución que permite:

- Mantener la competitividad de los productos.
- Mejorar la calidad.
- Reducir los costos.
- Mejorar la productividad.
- Reducir los precios.
- Aumentar la participación en el mercado.
- Supervivencia de la empresa.
- Provee nuevos puestos de trabajo.
- Aumenta la rentabilidad.

Objetivo

El ciclo de mejora, es usado para cumplir mejoras seguidas y conseguir de manera ordenada arreglar las diversas dificultades. Además, muestra el comportamiento de herramientas, que son reflejadas como punto de partida en el cumplimiento de todos los procedimientos. En consecuencia, se utiliza para la colisión de sugerencias importantes dentro de la institución, transformándose en un soporte, según el tipo de gestión (Samanez,2017). El proceso se realiza de manera lineal y la finalización de un ciclo precede el inicio del siguiente de manera frecuente.

La forma de aplicar el ciclo PHVA, es categorizar a éste en ocho pasos o actividades, que se describen en la figura 6:

Etapa	Paso	Nombre y breve descripción del paso
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedente e importancia, y cuantificar su magnitud actual.
	2	Buscar todas las posibles causas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados.
	3	Investigar cuáles de las causas son más importantes: recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema.
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos.
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: seguir el plan y empezar a pequeña escala.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: comparar el problema antes y después.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia: si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia.
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo.

Figura 6: Ocho pasos en la solución de un problema.
Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma (2013).
Elaboración: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.

1. Seleccionar y caracterizar el problema:

Se identifica el problema que se quiere solucionar, se delimita y se define en términos de su magnitud e importancia. Se necesita recolectar datos estadísticos, de este modo se reconoce que tan recurrente es el problema. Además, de qué manera perjudica al cliente interno como externo y las pérdidas económicas que se obtiene. Con lo anterior se determina el propósito principal del proyecto de mejora y se establece un grupo de trabajo capacitados.

2. Buscar las posibles causas:

Se abordar todas las potenciales causas del problema, sin debate.

Esto se lleva a cabo con una “lluvia de ideas” por las posibles causas del problema abarcando los hechos generales y no en los particulares.

3. Investigar las causas más importantes:

Se selecciona de la lista de potenciales causas encontradas en la fase dos, la que tiene mayor importancia. Siempre corroborando con los datos estadísticos. Esta fase brinda tener las causas sobre las cuales se va a intervenir, con el objetivo de solucionar los problemas.

4. Considerar las medidas remedio:

Se toma la decisión que se van a implementar por cada causa encontrada. Con las medidas optadas se busca llegar al fondo del problema, así modificar la problemática; por cada causa a solucionar se debe completar la siguiente información: objetivo, dónde se aplicará, quién, cómo (plan detallado), cuánto costará, cuándo se implantará, cómo se va a verificar si fue efectiva y efectos secundarios esperados.

5. Implementar las medidas remedio:

En esta fase se implementan las medidas remedio, fijadas en la fase anterior, se aconseja aplicar al pie de la letra el plan elaborado y hacer partícipes de partes, dejando claro los objetivos que se desean alcanzar. Si el plan necesita que se realice algún cambio estará a cargo del grupo de trabajo del proyecto.

6. Revisar los resultados obtenidos:

Se comprueba si las medidas remedios optadas lograron los resultados esperados, mediante datos estadísticos. Se comparan los datos obtenidos antes de la magnitud y después de las medidas implementadas. Este tiene que estar reflejado en lo productivo y económico.

7. Prevenir recurrencia del mismo problema:

Si las soluciones que se implementaron no otorgaron los resultados esperados se tiene que aprender y analizar todo lo realizado. Con la experiencia y datos obtenidos se debe empezar de nuevo hasta encontrar la mejora. En cambio, si las soluciones proporcionaron resultados favorables, se tiene que generalizar y estandarizar la ejecución de las medidas remedios, y determinar acciones que impidan la reaparición del problema.

8. Conclusión.

Esta última fase se verifica y documenta todo lo realizado, cuantificando los logros del proyecto (medibles y no medibles). Además, se mencionan las causas y/o problemas que continúan e indicar lo que se permite hacer para afrontarlas.

Los ocho pasos aplicados a la solución de problemas o mejoras, liberan las actividades que no dan ningún impacto en los procesos, por consecuencia se genera un aprovechamiento de los recursos empleados.

“Seguir los ocho pasos debe ser un hábito que se debe promover en todos los niveles de la empresa y en todos sus niveles directivo” (Gutiérrez y De la Vara, 2013, p.12).

2.3.3. El método Poka Yoke

Consiste en parar un proceso productivo con anterioridad que suceda un error, esta forma de parar el proceso se caracteriza por identificar las causas del error y no dejar que siga el proceso hasta que esta causal sea eliminado, es una forma de prevenir errores. Lograr que esta herramienta funcione es primordial detectar todos los posibles causales de error e ir implementando soluciones para que no se repitan, es importante conocer el proceso y hacer participar al personal.

La herramienta suministra mecanismos que permiten la detección y eliminación de los errores de raíz, así evitando errores de factor humano dentro la actividad, siendo usado en la mejora continua e implementado en todas las áreas. Garantiza que se encuentren las “adecuadas condiciones antes de que se lleve a cabo un determinado paso del proceso, previniendo la ocurrencia de defectos en primer lugar y donde no es posible, desarrollando la detección, eliminando defectos en el proceso lo más tempranamente posible” (Cabrera, 2012, p.15).

Herramienta fundamental del sistema de control de calidad que busca prevenir errores obteniendo cero defectos durante la producción y la reducción de controles de calidad. Evitando los posibles errores que detengan el proceso de producción. Se debe motivar a los operarios a tener una participación activa en la sugerencia o diseño de Poka Yoke a implementar, ya que cada trabajador es dueño de su equipo y conoce a mayor detalle las necesidades que requiere y las dificultades que tiene. (Kogyo y Hirano,1991 p.25)

“Es una herramienta control y alerta que busca reducir o eliminar los posibles

errores que detengan el flujo del proceso de producción antes que suceda” (Kogyo y Hirano, 1991 p.32).

“Un poka-yoke es un mecanismo para la detección de errores y defectos, que inspecciona 100% de las piezas, trabajando independientemente del período de atención del operador” (Saurin, Ribeiro, & Vidor, 2012, p.27).

La herramienta “consiste en el diseño de dispositivos los cuales permiten evitar cometer errores” (Chávez y Méndez, 2014, p.51). Brinda la seguridad de los trabajadores, el cuidado y mantenimiento de la maquinaria, los procesos industriales y la calidad del producto terminado. Previendo accidentes menores a mayores los cuales ponen en riesgo la integridad del trabajador, evitar daños a las instalaciones.

Objetivo

Es una herramienta muy importante porque no solo genera resultados óptimos en el proceso que se ejecuta, sino también mejoras en todos los procesos de la compañía. Su implementación ayuda a prevenir errores, alcanzando resultados óptimos de una manera fácil y sencilla. Lo que mejorará considerablemente la calidad y la organización.

La herramienta mantiene al trabajador enfocado en actividades creativas y que añadan valor, mejorando su eficacia y eficiencia. Esto a su vez generará un aumento exponencial del rendimiento de la organización y, por ende, una rentabilidad mucho mayor.

Ventaja

La herramienta se consigue implementar en múltiples escenarios, desde los procesos productivos, administrativos, servicios, hasta en la experiencia del usuario o la usabilidad de un producto.

Las ventajas de usar la herramienta:

1. Se elimina el riesgo de cometer errores en las actividades repetitivas (producción en cadena) o en las actividades donde los operarios puedan equivocarse por desconocimiento o despiste (montaje de ordenadores).
2. El operario solo dedica su esfuerzo a concentrarse en las operaciones que generan valor, en lugar de inspecciones repetitivas en búsqueda de

prevenir errores o a subsanar los mismos.

3. Implantar la herramienta supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
4. La implementación es simple y tiene un costo cómodo en las organizaciones.

La forma de aplicar la herramienta

1. Obtener o crear un diagrama de flujo con la finalidad de conocer el proceso. Revisar cada paso, pensar acerca de donde y cuando los errores humanos ocurren. Buscar y entender los posibles problemas que surgen.
2. Para cada potencial error, es necesario revisar en retrospectiva a través del proceso, así lograr encontrar la fuente que lo origina y determinar la raíz del posible error.
3. Para cada error, analizar los posibles caminos que hagan imposible que el error ocurra. Considerar:
 - Eliminación: eliminar la etapa que causa el error.
 - Reemplazo: reemplazar la etapa con un medio a prueba de error.
 - Facilitación: hacer que la acción correcta sea mucho más fácil de realizar que cometer el error.
4. Si no se logra hacer que el error sea imposible de que se cometa, se analizan los medios que detectan el error y logran minimizar sus efectos. Considerar el método de inspección, establecer funciones de ajuste o funciones normativas.
5. Elegir el mejor método a prueba de error o el dispositivo para cada error. Probar esto y a continuación implementarlo. (Cabrera, 2012, p. 34)

Shigeo Shingo recomienda para la aplicación de la herramienta:

- Control en el origen, lo más cerca de la fuente del problema; buscar incorporar dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.
- Estableciendo mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.

- Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Lograr usar la herramienta de forma efectiva, es necesario estudiar con gran detalle la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.
- No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, las ideas de la herramienta se aplican tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. Se enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal estrategia en lograr las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas. (Cabrera, 2012, p. 35)

2.3.4. SMED

Es una herramienta de mejora continua y se utiliza con el propósito de reducir los tiempos de preparación de los procesos al pasar de un producto o actividad otro. La herramienta necesita de observar los tiempos de preparación de los procesos y las actividades dentro de ello, así poder lograr eliminar o minimizar los tiempos de proceso de cada producto.

“Single Minute Exchange of Die (SMED) o cambio rápido, se define como la herramienta o técnica que permite la reducción del tiempo de cambio de las operaciones del proceso de producción” (Lema, 2014 p.9).

El enfoque de la herramienta es el “cambio de matriz que se realiza en minutos de un solo dígito, es decir con un tiempo menor a 10 minutos” (Cuatrecasas. L, 2011, p.135). Se explica como el intercambio rápido de herramientas y arreglos en el proceso, de tal manera “se puedan manejar varios productos en lotes pequeños con el mismo equipo. La reducción del tiempo de instalación agrega valor a la operación” (Lindsay, 2008, p. 521).

Al respecto, en la aplicación de la herramienta, se clasifican a las tareas en internas y externas. Las tareas internas, son las que se realizan cuando los equipos no se encuentran produciendo cuando la máquina está parada. Las tareas externas, son las que se realizan cuando los equipos se encuentran

produciendo, es decir con la máquina en funcionamiento (Lema, 2014, p.17). Esta herramienta es importante en las organizaciones porque permite reducir el tiempo que se desperdicia en las máquinas e instalaciones debido al cambio de partes.

El objetivo es la reducción del tiempo de cambio (setup). “El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio “(Rajadell y Sánchez,2010, p.124). Permitiendo a los operarios realizar otras actividades, lo que contribuye una importante ventaja para la organización.

Originalmente single minute exchange of die, tiene el significado que el número de tiempo de preparación de una máquina tiene que ser menor a 10 minutos, en estos tiempos la preparación se ha reducido a menos de un minuto. Ser competitivo en el mercado actual obliga a disponer de sistemas flexibles que permita una adaptación a cambios constantes, que ayuda a reducir los niveles de stock tanto en producto acabado, como material en recurso. A fin de conseguir esto es necesario aplicar sistemas de cambio de serie rápidos y esta herramienta es útil. (Rajadell y Sánchez,2010, p.125)

La herramienta de la manufactura esbelta, aporta beneficios a la producción, tales como:

- Menor tiempo de entrega de los productos hechos en el mismo proceso.
- Reducción de set up time de las líneas de producción.
- Menos inventario dentro y entre procesos.
- Mayor flexibilidad en la respuesta hacia las necesidades del cliente.
- Mayor calidad debido a la oportuna información sobre las anomalías entre los procesos.
- Reducir el tiempo de preparación y aumentar el tiempo productivo
- Incrementa la productividad, al aumentar la disponibilidad de la máquina por los cambios que se realizan con mayor rapidez.

Según Shigeo Shingo la aplicación del método SMED consiste en el desarrollo de cuatro etapas fundamentales, que se explican a continuación y se muestran en la figura 7.

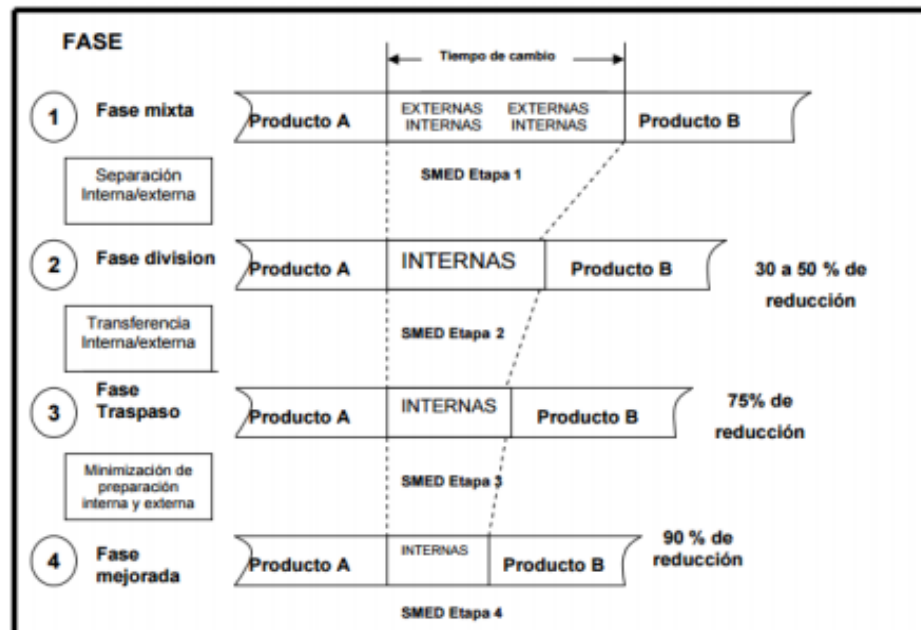


Figura 7: Fases de la técnica SMED

Fuente: Paredes, Francisco. Método SMED.

Elaboración: Método SMED.

- Fase 1: Separar las operaciones internas de las externas
 Implica identificar las tareas o actividades de preparación que se realizan en un cambio, diferenciando entre operaciones internas, operaciones que necesitan inevitablemente que se realice mientras la máquina está parada y las operaciones externas, operaciones que se logran realizar con la máquina en marcha. Cuando la máquina está parada no se debe realizar ninguna operación de la preparación externa. En las operaciones con la máquina parada se deben realizar exclusivamente la retirada y la colocación de los elementos particulares de cada producto (moldes, matrices, ajustes entre otros).
- Fase 2: Convertir operaciones internas en externas
 La conversión de las operaciones de preparación internas en externas es quizás el principio fundamental de la herramienta. Implica un examen minucioso de todas las actividades, logrando ver si hay pasos que se han asumido erróneamente como internos, mientras hay posibilidades de convertir estos pasos en externos. El hecho de disponer de todo lo

necesario en las proximidades de la máquina elimina el despilfarro derivado de la búsqueda de herramientas, útiles, materia les, plantillas, entre otros. Se trata de investigar e implementar métodos eficientes para transportar útiles y otros elementos, mientras la máquina está en marcha. Se considera útil la utilización del check-list, logra verificar que todo sea correcto antes de parar la máquina y empezar los cambios internos. Cuando todo lo que tiene que estar preparado esté realmente preparado, es posible parar máquina.

- Fase 3: Reducir las operaciones internas

Se consigue mediante las siguientes acciones:

- Emplear cambios rápidos en los componentes y soportes.
- Eliminar herramientas utilizadas (destornilladores, llaves Allen, entre otros.).
- Utilizar códigos de colores (facilita la gestión visual).
- Establecer posiciones prefijadas de utillajes a la hora de cambiar (guías, topes, paros, entre otros.)

- Fase 4: Reducir las operaciones externas

Tanto las operaciones externas como las internas se reducen de una forma similar, principalmente teniendo un personal adecuado y con la cultura de cambio, estandarizando todos los movimientos que realiza los operarios en sus actividades. (Rajadell y Sánchez,2010, p.132).

2.3.5. Matriz de priorización de problemas

Es una técnica de seleccionar el o las opciones (problemas) más importantes, utilizando los conocimientos del equipo en cuanto a la importancia relativa de las opciones (problemas), basándose en criterios comúnmente aceptados.

Es una herramienta que consiste en una tabla en la que se presentan diferentes criterios que permiten realizar una elección, en este caso, definir cuál problema es prioritario de abordar.

Criterios de selección para la matriz:

a) Complejidad para resolver el problema

Alta complejidad (1): cuando el problema solo es solucionado por personas ajenas a la compañía.

Mediana complejidad (2): cuando el problema es solucionado con la participación de los miembros de la empresa asesorados por personas ajenas a la compañía.

Baja complejidad (3): cuando el problema es solucionado sólo por el personal de la compañía.

b) Incidencia sobre el cliente

Positiva (1): cuando afecta de manera positiva la calidad del servicio y del producto.

Neutra (2): cuando no afecta de forma positiva o negativa la calidad del servicio y del producto.

Negativa (3): cuando afecta de manera negativa la calidad del servicio y del producto.

c) Inversión estimada

Inversión alta (1) : S/ 10,000.00

Inversión media (2) : S/ 5,000.00

Inversión baja (3) : S/ 1,00.00

d) Tiempo estimado

Largo plazo (1) : 12 meses

Mediano plazo (2) : 6 meses

Corto plazo (3) : 3 meses

e) Incidencia sobre la calidad

Positiva (1): cuando afecta de manera positiva la calidad del servicio y del producto.

Neutra (2): cuando no afecta de forma positiva o negativa la calidad del servicio y del producto.

Negativa (3): cuando afecta de manera negativa la calidad del servicio y del producto.

f) Incidencia sobre el cliente

Positiva (1): cuando aumenta la afluencia de clientes nuevos y antiguos.

Neutra (2): cuando no afecta la afluencia de clientes nuevos y antiguos.

Negativa (3): cuando disminuye la afluencia de clientes nuevos y antiguos

2.4. Definición de términos básicos.

Lograr entender de una mejor manera el tema de investigación, es importante entender el significado o la definición de cada una de las estrategias o herramientas usadas.

- ✓ Aditivos: La función de un masterbatch de aditivos es mejorar el performance de los productos plásticos. Protegen el producto final de la degradación por la luz, temperatura y la humedad. Mejoran las propiedades ópticas y la apariencia de una película. En resumen, mejoran la procesabilidad de los plásticos. (*Productos – Mastercol*, s. f.)
- ✓ Desperdicio: Se entiende por desperdicio cualquier actividad o consumo de recursos que no aporte valor añadido alguno, algo que no valore el cliente, pues teniendo en cuenta que, como toda actividad o consumo, supone un coste el cliente no estaría dispuesto a pagar por un producto defectuoso (Cuatrecasas, 2010, p.107).
- ✓ Demanda: Deseos de un producto específico respaldadas por la capacidad de pago. (Kotler & Keller, 2012, p.10)
- ✓ Defecto: Producto que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad. (Christensen et al.,2013, p.329).
- ✓ Diagrama de Ishikawa: Una herramienta que permite analizar las variables del proceso. También se conoce como diagrama de Ishikawa, porque Kaoru Ishikawa lo desarrolló, y diagrama de espina de pescado, porque el diagrama completo se parece al esqueleto de un pez. El diagrama ilustra las principales causas y sub-causas que conducen a un efecto (síntoma). El diagrama de causa y efecto es una de las siete herramientas básicas de la calidad (Christensen et al.,2013, p.319).
- ✓ Eficiencia: Significa la utilización de los recursos de la sociedad de manera más adecuada posible para satisfacer las necesidades y los deseos de los individuos. (Samuelson & Nordhaus, 2002, p.4)
- ✓ Empalme: La unión de dos sustratos mediante una cinta adhesiva por sus extremos.

- ✓ Diagrama de flujo de proceso: Representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento. (Freivalds & W. Niebel, 2014, p.516).
- ✓ Muestra: Un grupo de unidades, porciones de material u observaciones tomadas de una colección más grande de unidades, cantidad de material u observaciones que sirven para proporcionar información que es usada para hacer una decisión concerniente a la cantidad más grande. (Christensen et al.,2013, p.375).
- ✓ KPI: Key Performance Indicator (Indicador Clave de Comportamiento). Métricas que permiten el seguimiento de los progresos de la mejora continua en las empresas.
- ✓ Laminado: Proceso en el cual se unen dos sustratos mediante un adhesivo logrando formar una estructura con mejores propiedades.
- ✓ Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida y los recursos utilizados en producirlas.
- ✓ Población: Conjunto (totalidad) de unidades, cantidad de material u observaciones consideradas. Una población puede ser real y finita, real e infinita, o completamente hipotética. (Christensen et al.,2013, pag.359)
- ✓ Lote: Cantidad definida de producto acumulada en condiciones consideradas uniformes, o acumulada a partir de una fuente común. (Christensen et al.,2013, p.316)

2.5. Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis (figuras, o mapas conceptuales)

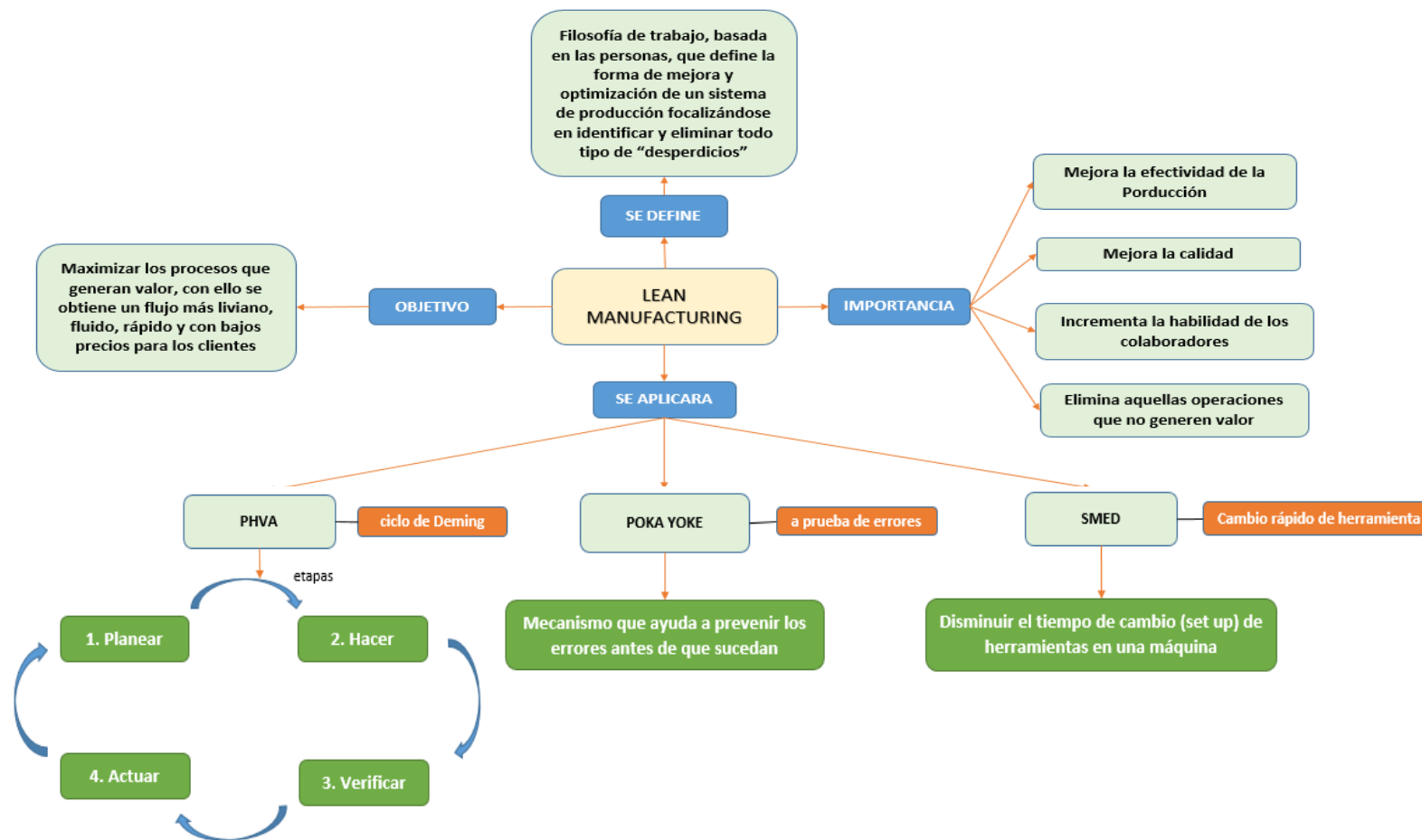


Figura 8: Mapa conceptual del Lean Manufacturing.
Fuente: Elaboración propia.

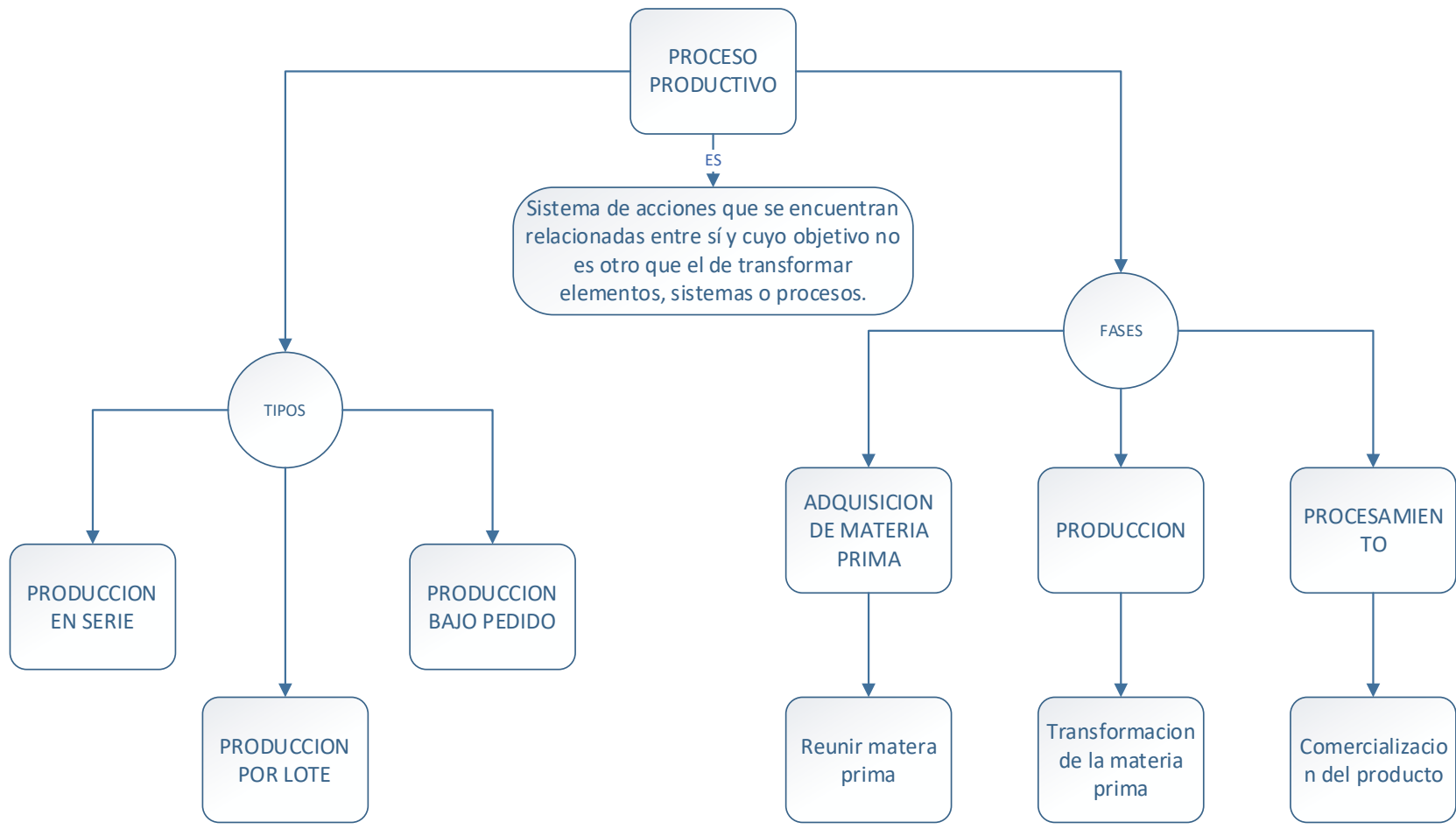


Figura 9: Mapa conceptual del proceso productivo
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

Si se implementa Lean Manufacturing se mejorará la productividad del área de laminado en la empresa Mubaplast.

3.1.2. Hipótesis secundarias

- a) Si se aplica la metodología PHVA se reducirá la merma.
- b) Si se aplica la herramienta Poka Yoke entonces se podrá prevenir errores en el proceso de fabricación.
- c) Si se implementa la metodología SMED se reducirá los tiempos de set-up.

3.2 Variables

Independiente Lean Manufacturing

- Dimensiones
 - PHVA
 - Poka Yoke
 - SMED

Dependiente Lean Manufacturing

- Dimensiones
 - Merma
 - Errores en el proceso de fabricación
 - Tiempos de set-up
- Indicadores
 - % Cantidad de merma / Cantidad producida.
 - Cantidad de incidencias.
 - Tiempo de set-up actual / Tiempo de set-up inicial.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque, tipo y nivel

Enfoque de la investigación

Se desarrollará bajo el enfoque cuantitativo, por cuanto se hará uso de la estadística para interpretar el estudio de tiempos recolectados y la data histórica antes y después de la implementación de la metodología con la finalidad de incrementar la productividad del área de Laminado.

“Los estudios de corte cuantitativo pretenden la explicación de una realidad social vista desde una perspectiva externa y objetiva.

Su intención es buscar la exactitud de mediciones o indicadores sociales con el fin de generalizar sus resultados a poblaciones o situaciones amplias. Trabajan fundamentalmente con el número, el dato cuantificable” (Galeano, 2004:24).

Tipo de la investigación

El presente estudios fue de tipo aplicada, ya que depende de los conocimientos de la metodología Lean Manufacturing, como la reducción de tiempos de cambio, minimizar las mermas y la aplicación de métodos que eviten los errores.

“La investigación aplicada consiste en mantener conocimientos y realizarlos en la práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana.” (Gerena, L).

Nivel de la investigación

El presente estudio fue explicativo, debido a que se buscará explicar las causas que originan la baja productividad en el proceso de laminado.

“La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.” (Fidias, G).

4.2 Diseño de la investigación

En las investigaciones cuasi experimentales la población sujeta al estudio no se elige o selecciona de manera aleatorio, sino que estas ya se encuentran definidas o los grupos ya se encuentran establecidos, por lo tanto, no se tiene un control sobre ellos. Se orienta en establecer el modo en la que se relaciona una variable independiente sobre la variable dependiente y cuáles son los resultados o el efecto de esta relación. El análisis de los datos consiste en identificar la influencia de las variables independientes sobre las dependientes y sus consecuencias entre los elementos que se analizan y los comportamientos sociales.

Por lo tanto, el presente trabajo considera un diseño cuasi experimental, puesto que no se asignan los sujetos aleatoriamente a los grupos, sino que ya está establecido. Las medidas a implementarse serán mediante comparaciones entre situaciones antes y después.

(Kirk, 1995) Afirma que los diseños cuasiexperimentales son similares a los experimentos excepto en que los sujetos no se asignan aleatoriamente a la variable independiente. Se trata de diseños que se utilizan cuando la asignación aleatoria no es posible o cuando por razones prácticas o éticas se recurre al uso de grupos naturales o preexistentes.

De acuerdo a lo señalado por Kirk en la definición anterior, se trabaja con personal que pertenece al área de estudio ya preexistente, no siendo posible su movimiento o cambio. En este caso se utiliza evaluaciones de impacto pre test y post test.

Por su parte, Hedrick, Bickman, & Rog (1993) indican que los diseños cuasiexperimentales tienen como objetivo establecer relaciones causales entre las variables e incluso estimar el impacto de las implementaciones. Asimismo, se manipulan las variables independientes sobre las dependientes.

De acuerdo a lo señalado por los autores los diseños cuasi experimentales ejercen relaciones causales de las variables independientes sobre las variables dependientes, donde se logra estimar resultados de esta interrelación y sus consecuencias.

4.3. Población y muestra

- Variable dependiente 01 (Merma) – Indicador ($\% \text{ Cantidad mermada} / \text{Cantidad producida}$)
 - Población Pre y Post
 - Periodo 8 semanas total de producción 308130 kg. En los meses de junio a julio
 - Periodo 8 semanas total de producción 409001 kg. En los meses de agosto a setiembre
 - Muestra Pre y Post
 - Periodo de 8 semanas entre junio -julio con un total de merma de 30870 kg
 - Periodo de 8 semanas entre agosto y setiembre con un total de merma de 11743 kg.
- Variable dependiente 02 (Errores en el proceso de Fabricación) – Indicador (Cantidad de incidencias)
 - Población Pre y Post
 - Periodo 8 semanas con un total de 672 trabajos producidos en los meses de junio a julio.
 - Periodo 8 semanas con un total de 672 trabajos producidos en los meses de agosto a setiembre.
 - Muestra Pre y Post
 - Periodo 8 semanas con un total de 18 incidencias registradas en los meses de junio a julio.
 - Periodo 8 semanas con un total de 3 incidencias registradas en los meses de junio a julio.
- Variable dependiente 03 (Tiempos de set-up) – Indicador ($\text{Tiempo set-up actual} / \text{Tiempo de Cambio inicial}$)
 - Población Pre y Post
 - Periodo 8 semanas con un total de 960 horas trabajadas en los meses de junio a julio.
 - Periodo 8 semanas con un total de 960 horas trabajadas en los meses de agosto a setiembre.

- Muestra Pre y Post

Periodo 8 semanas con un total de 843 horas de set-up en los meses de junio a julio.

Periodo 8 semanas con un total 582 de horas de set-up en los meses de agosto a setiembre.

En la tabla 1 se muestra las variables dependientes que se manejan, los indicadores, la población pre y post y la muestra.

Tabla 1: Resumen población y muestra por variable dependiente.

Variable dependiente	Indicador	Población pre	Muestra Pre	Población Post	Muestra Post
Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida	Periodo 8 semanas total de producción 308130kg. En los meses de junio a julio	Periodo de 8 semanas entre junio -julio con un total de merma de 30870kg.	Periodo 8 semanas total de producción 409001kg. En los meses de agosto a setiembre	Periodo de 8 semanas entre agosto y setiembre con un total de merma de 11743kg.
Errores en el proceso de Fabricación	Cantidad de incidencias	Periodo 8 semanas con un total de 672 trabajos producidos en los meses de junio a julio	Periodo 8 semanas con un total de 18 incidencias registradas en los meses de junio a julio	Periodo 8 semanas con un total de 672 trabajos producidos en los meses de agosto a setiembre	Periodo 8 semanas con un total de 3 incidencias registradas en los meses de junio a julio
Tiempos de set-up	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial	Periodo 8 semanas con un total de 960 horas trabajadas en los meses de junio a julio	Periodo 8 semanas con un total de 843 horas de set-up en los meses de junio a julio	Periodo 8 semanas con un total de 960 horas trabajadas en los meses de agosto a setiembre	Periodo 8 semanas con un total 582 de horas de set-up en los meses de agosto a setiembre

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Según Tamayo (2003)

“La observación, es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos. La observación científica debe trascender una serie de limitaciones y obstáculos los cuales podemos comprender por el subjetivismo; el etnocentrismo, los prejuicios, la

parcialización, la deformación, la emotividad, entre otros., se traducen en la incapacidad de reflejar el fenómeno objetivamente”. (p.183)

Tal como menciona Manuel Peralta en su publicación, “Base de datos, es donde se almacena toda la información que se requiere para la toma de decisiones. La información se organiza en registros específicos e identificables”. (Peralta, 2009)

Se utilizó la técnica de observación, su empleo fue principalmente profundizar el comportamiento de los recursos empleados en el proceso de laminado, otra técnica con el objetivo de mejorar la productividad del área con la implementación de la metodología anteriormente explicada. Además, se utilizó la técnica de base de datos con la finalidad de recopilar información del sistema SAP. Esta data proviene de los registros históricos tomados de los procesos y registrados en las ordenes de trabajo, esta información se descarga al sistema y se almacena en el SAP.

Se utilizó los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- a) Instrumento N°01 - Ficha de observación del proceso de laminado, se describe brevemente cada una de las operaciones que realiza el operario y ayudante.
- b) Instrumento N°02 – Recolección datos de la plataforma SAP.
- c) Instrumento N°03 – Registro de información, la implementación del antes y después de las metodologías.

Este instrumento permite obtener la siguiente información:

- Cantidad de material que ingresa al proceso (en unidades y kg).
- Cantidad de merma del proceso (en Kg).
- Cantidad incidencias ocurridas por errores humanos.
- Se apunta el tiempo total del proceso Set-up (en minutos).
- Se apunta la hora de inicio de cada una de las operaciones del proceso.
- Se apunta la hora de término de cada una de las operaciones del proceso.

En la Tabla 2 se muestran las técnicas e instrumentos a emplear en el presente estudio.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos.

Variable Dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida	Bases de datos	Base de datos SAP
Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de incidencias	Observación directa	Registro de observación sobre errores en el proceso de fabricación
Tiempos de set-up	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial	Bases de datos	Base de datos SAP Registro de observación sobre tiempos de set-up

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos de toma de datos antes detallado, fue revisado y evaluado por expertos en el área de investigación (operaciones), logrando su validación.

Se entabló reuniones con el personal del área, quienes brindaron sus recomendación y sugerencias en la mejora de los instrumentos de recolección de datos, se logró obtener información a través de la observación directa y la ficha de registro de observación.

El área del control e ingreso de datos al SAP, es personal que ha sido capacitado y puesto a prueba; además de contar con la aprobación de gerencia. Estos datos no son alterados una vez ingresados al SAP porque cuentan con restricciones de modificación una vez realizado el ingreso. La validez del SAP está dada por el Cuadro de Mágico de Gartner (Figura 10) tanto como por su capacidad de ejecución como por su integridad de visión. Gartner menciona que SAP cuenta con cualidades integrales y facilita que las organizaciones logren gestionar mejor sus riesgos, además de ofrecer una mejor protección de sus activos y un rendimiento sostenible.



Figura 10: Cuadro Mágico de Gartner en febrero 2021.
 Fuente: Gartner (febrero 2021).

En ese sentido los criterios de validez y confiabilidad se considera por parte de la empresa, en razón de ser datos reales y ejecutados.

4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

Se procedió a la recolección de datos de cada una de las variables dependientes. Con la finalidad de medir los datos obtenido del registro de información antes y después de la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. Este procedimiento se realiza en 3 etapas:

Etapa I: Registro de información antes de implementación de herramientas, se recolectaron los datos de la situación actual.

Etapa II: Periodo de implementación.

Etapa III: Registro de información después de implementación de herramientas se recolectaron los datos ya una vez implementada las herramientas

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Con las variables y sus indicadores ya establecidos anteriormente, permite medir, analizar y verificar los datos, y así obtener la información suficiente y necesaria para el análisis de los resultados. se desarrolló la matriz de análisis de datos que se muestra

en la tabla 3, donde se desagrega toda la información mencionada líneas arriba y con la cual se trabaja la presente investigación.

Tabla 3: Matriz de análisis de datos.

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana). Dispersión (desviación estándar).	Prueba T de Student (muestras relacionadas)
Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de incidencias	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana). Dispersión (desviación estándar).	Prueba de Wilcoxon (muestras relacionadas)
Tiempos de Set-up	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana). Dispersión (desviación estándar).	Prueba T de Student (muestras relacionadas)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

Generalidades:

Razón Social: Bethlehem Enterprises S.A.C.

Ruc: 20517914798

Nombre Comercial: Mubaplast

Página Web: <https://mubaplast.com/portal/>

Ubicación: Av. Santa Lucía N° 237 Urb. Industrial Aurora Ate, Lima – Perú

Giro del negocio

Empresa Peruana, dedicada a la fabricación y comercialización de bolsas publicitarias y envases flexibles de plástico.

Historia

Compañía constituida en el año 2008, dedicada a la fabricación y comercialización de bolsas publicitarias y envases flexibles de plástico, siendo uno de los principales productores y comercializadores de Envases Flexibles de alimentos e industria en general, así como bolsas publicitarias en el Perú.

Cuentan con una fábrica completamente automatizada y de última tecnología que permite proveer empaques de la más alta calidad y a precios altamente competitivos. Todas las bolsas plásticas están disponibles en material oxo-biodegradable ya que cuentan con la Certificación de la Cia. Symphony Enviromental Ltd. de Inglaterra quienes tienen el respaldo del ISO 9001-2008, a través de RES PERU, su filial en el país.

Productos

Se dedica a la fabricación de envolturas y envases flexibles de plástico de alta especialidad destinadas al mercado nacional.

Se fabrican monocapa, bilaminados, trilaminados, tetralaminados, fundas termo encogibles de PVC y PETG, bolsas stand up pouch, doypack y etiquetas. Las envolturas se fabrican con materiales de alta calidad inocuos aprobados por la F.D.A. para contacto directo con alimentos, cuyos principales productos se muestran en la figura 11.

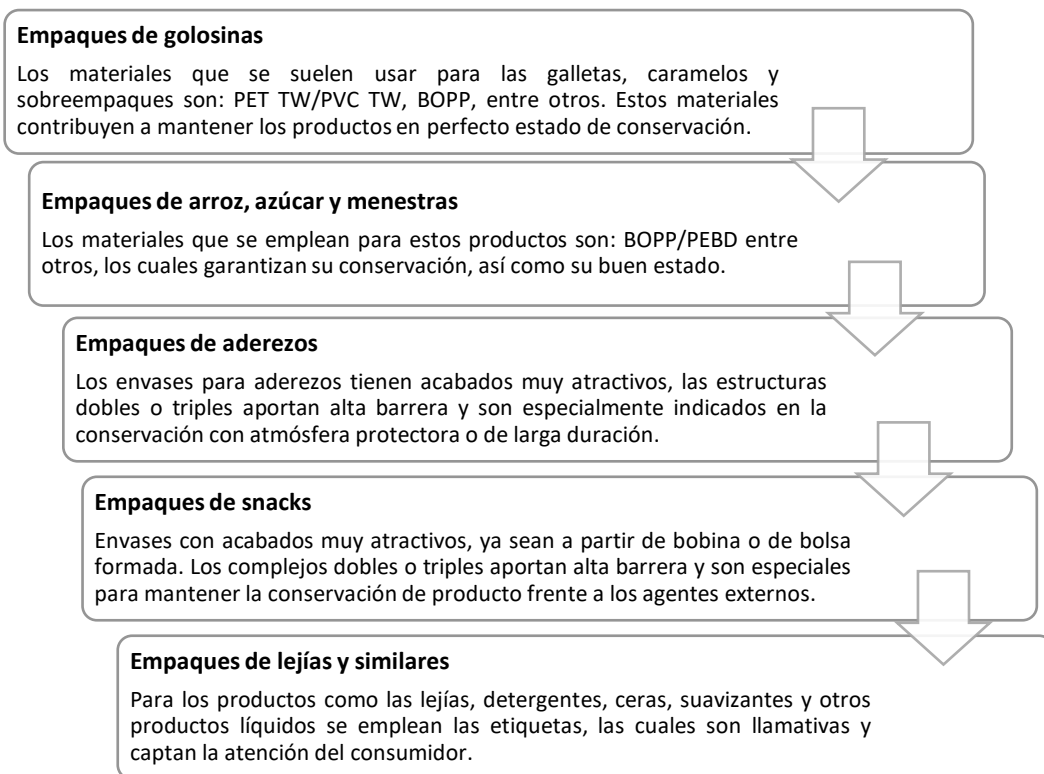


Figura 11: Principales productos
Fuente: Elaboración Propia

Clientes

Los principales clientes con los que cuenta la organización son lo que se indican en la figura 12.

Figura 12: Principales clientes
Fuente: Elaboración propia.

El sector de productos de envases flexibles de alimentos, es de gran envergadura de la organización, por el gran número de clientes en ese sector, las especificaciones técnicas y los límites permisibles de calidad son de mayor nivel. Por tal motivo el

proceso de producción debe ser el adecuado y debe cumplir con el requerimiento del cliente.

Proveedores e insumos

Los principales proveedores e insumos se mencionan en la figura 13:

OppFilm Perú	•Películas de BOP, CAST, BOPA, PET, papel kraft, metalizados
Mac Press	•Clichés para proceso de flexográfica
Polimaster	•Resinas de PEBD y PEBDL
Dispercol	•Resinas de PEBD, PEBDL y masterbach blanco
TinFluba	•Tintas y barnices para impresión flexográfica
Anders Peru	•Adhesivo, catalizadores, foil de aluminio
SandPol Investments S.A.C.	•Resinas de PEBD y PEBDL
Mastercol	•Masterbach (pigmentos) y aditivos
GTM del Perú	•Solventes, acetato

Figura 13: Principales proveedores e insumos
Fuente: Elaboración propia.

Organigrama

En la figura 14, se muestra el organigrama de la empresa.

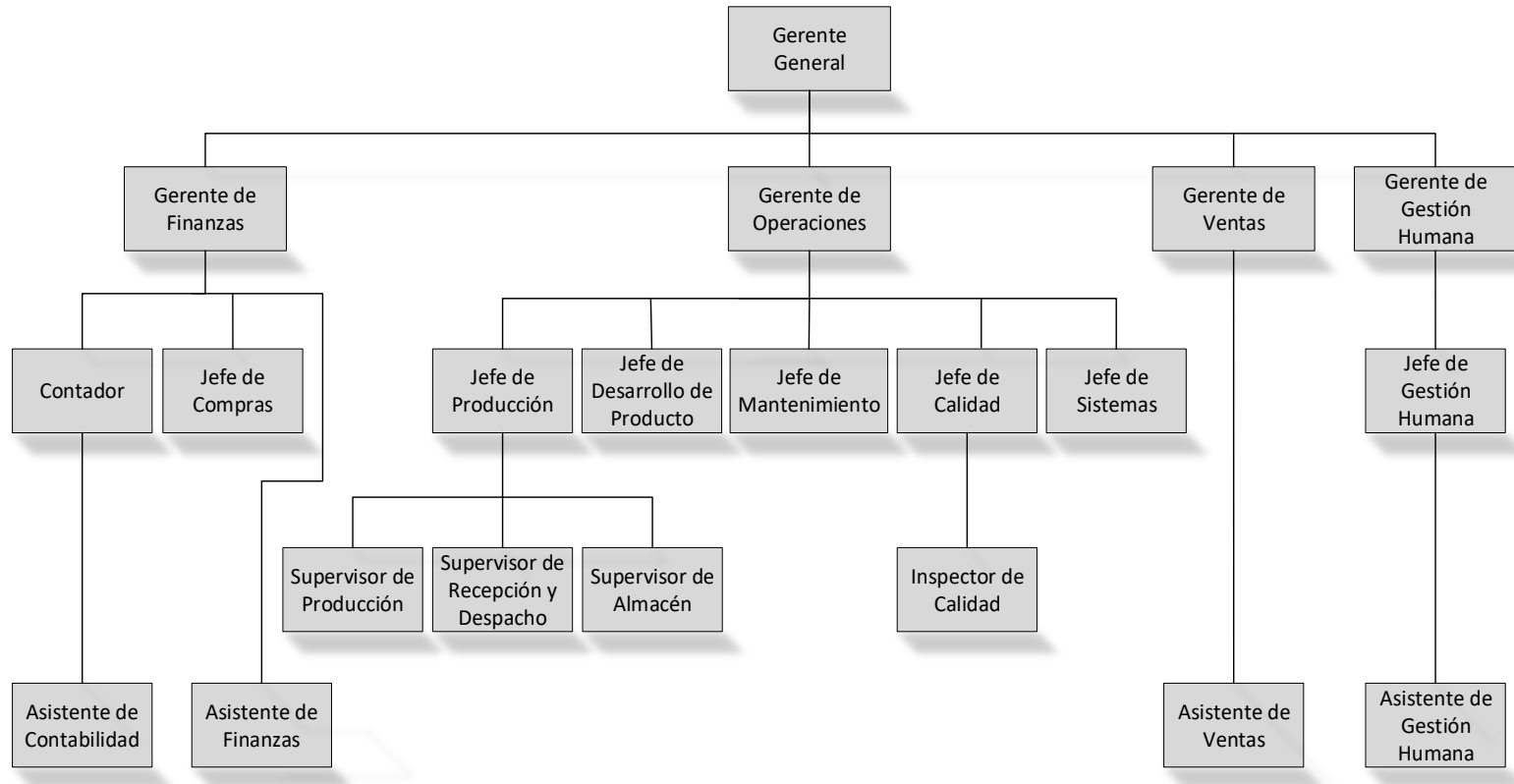


Figura 14: Organigrama de la empresa
Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo

En la figura 15, se muestra el diagrama de flujo de todo el proceso de elaboración de envases flexibles. La información recopilada corresponde al área de laminado.

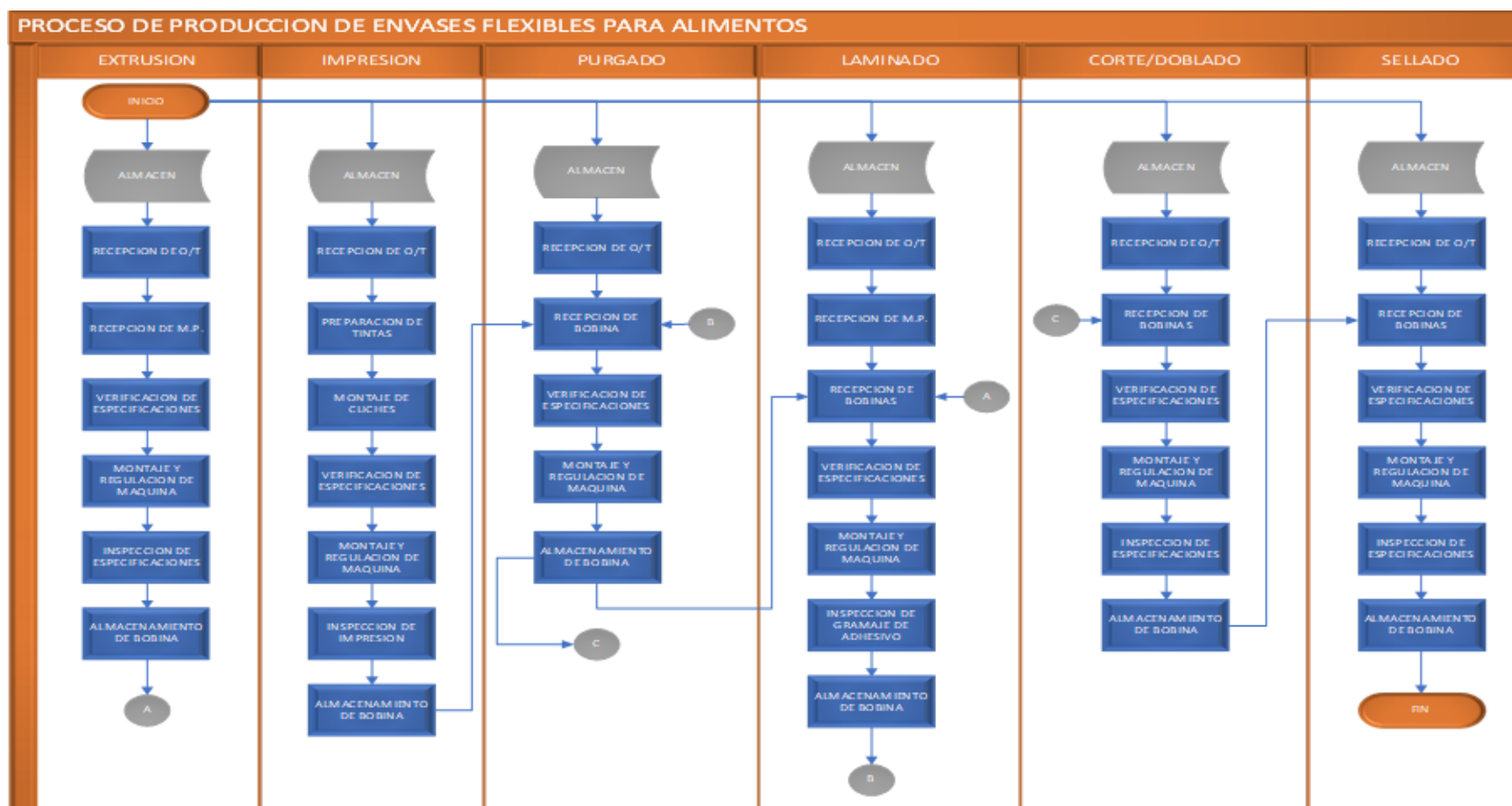


Figura 15: Diagrama de flujo de procesos
Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de identificar los problemas en el área de laminado, se utilizó la herramienta de calidad “Lluvia de Ideas”, con el fin de generar un listado de problemas e identificar sus posibles causas y soluciones. Teniendo como participantes al jefe del área, los maquinistas y sus ayudantes, quienes son dueños del proceso. Antes de iniciar la reunión con el equipo se definió el tema a debatir, estando este enfocado en los problemas de producción del área de laminado.

En dicha reunión se dio una introducción acerca de la aplicación de la herramienta y como se iba a desarrollar la misma. Las ideas concebidas se reflejan en la tabla 4.

Coordinador: Garry Jesús Pezo Rojas

Tema a debatir: Problemas de producción en el área de laminado

Tabla 4: Lluvia de ideas.

Lluvia / Generación de Ideas		
Bobinas sin empalmes	Orden y limpieza	Paradas de máquina
Tucos de segunda	Defectos de Laminación	Falta de seguridad en el trabajo
Lámina fuera de medida	Material descalibrado	Espacio para almacenamiento
Espacio de la planta	Material acanalado	No hay una planificación de producción
Ubicación del scrap	Defectos de impresión	No existe planificación de mantenimiento
Falta de herramientas para máquina	Vestuarios sucios	Falta de coordinación
Falta de implementos de limpieza	Lámina con arrugas	Equipos de carga no sirven
Ayudante para maquinistas	Condiciones laborales	Falta de capacitaciones
Desorden	Inconformidad con los pagos	Mal manejo del recurso humano
Implementos de limpieza	Falta de asientos	Contaminación por ozono
Máquina en mal estado	Máquina obsoleta ocupa espacio	No hay correcta ventilación
O/T no se encuentran bien especificadas	Falta de uniformes	No se cumplen puntos acordados
No hay incentivos laborales	Producto final fuera de especificación	Reposición de productos
Fuerza de laminación baja	Problemas con los pagos	Defectos de extrusión

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la generación de ideas referentes a los problemas de producción en el área de laminado, se procedió a agrupar las ideas seleccionándolas e integrándolas en 5 ítems (problemas). La tabla 5 muestra la selección e integración de ideas.

Tabla 5: Selección / integración de ideas.

<p>Problema N°01: <i>Alto porcentaje de merma (desperdicio)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bobinas sin empalmes ✓ Tucos de segunda ✓ Lámina fuera de medida ✓ O/T no se encuentran bien especificadas ✓ Fuerza de laminación baja ✓ Material descalibrado ✓ Material acanalado ✓ Defectos de impresión ✓ Lámina con arrugas ✓ Producto final fuera de especificación ✓ Paradas de máquina ✓ Falta de herramientas para máquina ✓ Desorden ✓ Máquina en mal estado
<p>Problema N°02 <i>Defectos o errores de producción</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reposición de productos ✓ Falta de capacitación ✓ Mal manejo del recurso humano ✓ No se cumplen puntos acordados ✓ Defectos de impresión ✓ Defectos de laminación ✓ Defectos de extrusión ✓ O/T no se encuentran bien especificadas ✓ Espacio para almacenamiento
<p>Problema N°03 <i>Retrasos en la Producción</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bobinas sin empalmes ✓ Tucos de segunda ✓ O/T no se encuentran bien especificadas ✓ Máquina en mal estado ✓ Falta de un ayudante para maquinistas ✓ No existe planificación de la producción ✓ No hay planificación de mantenimiento ✓ Equipos de carga no sirven
<p>Problema N°04 <i>Tiempos excesivos de espera</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de coordinación ✓ No hay planificación de la producción ✓ No hay planificación de mantenimiento ✓ Desorden ✓ No existe orden y limpieza ✓ Paradas de máquina ✓ Equipos de carga no sirven
<p>Problema N°05 <i>Mal clima Laboral</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de implementos de limpieza ✓ No hay incentivos laborales ✓ Problemas con los pagos ✓ No se cumplen puntos acordados ✓ Falta de seguridad en el trabajo ✓ Condiciones laborales desfavorables

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificado los problemas que se presentan en el proceso seleccionado y reflejado en la tabla 5, se procedió a ponderar mediante una matriz de priorización, con el fin de detectar el problema o los problemas más relevantes a solucionar considerando 5 criterios definidos por el equipo y 3 niveles establecidos de

calificación o ponderación, tal como se muestra en la tabla 6. La puntuación colocada en la matriz de priorización se define con el equipo que se conformó.

Tabla 6: Matriz de priorización de problemas de producción en el área de laminado.

Criterio	Nivel	Problemas Detectados									
		Alto % de merma		Defectos o errores de producción		Retrasos en la producción		Tiempos excesivos		Mal Clima Laboral	
Complejidad para resolver el problema	Alto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio 2	2	7	2	7	3	6	2	7	2	7
	Bajo 3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Incidencia sobre el Cliente	Positivo 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Neutro 2	3	6	1	8	2	7	1	8	1	6
	Negativo 3	0	2	2	2	1	1	2	2	1	1
Incidencia sobre la Calidad	Positivo 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Neutro 2	3	6	1	8	3	6	2	7	2	5
	Negativo 3	0	2	2	2	0	0	1	1	0	0
Inversión Estimada	Alto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio 2	1	8	1	7	2	7	1	8	3	6
	Bajo 3	2	2	2	2	1	1	2	2	0	0
Tiempo Estimado	Largo 1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	Medio 2	1	8	1	8	1	6	1	8	2	5
	Corto 3	2	2	2	2	1	1	2	2	0	0
TOTAL PUNTAJE		35	38	32	38	29					

Fuente: Elaboración propia

De la matriz de priorización, se tomó los problemas que obtuvieron la mayor puntuación de acuerdo a los criterios definidos y niveles. Estos tres problemas son el alto porcentaje de merma, los errores de producción y los tiempos excesivos, los cuales consumen recursos ineficientemente y afectan a los tiempos de producción, relacionándose directamente con la productividad del área de laminado.

En base a estas tres problemáticas se aplicará la herramienta del Lean Manufacturing con el objetivo de mejorar la productividad del área de laminado.

Objetivo específico 1: Aplicar la metodología PHVA para reducir la merma

Situación antes (Pre Test)

Otro de los problemas identificados es el exceso de merma que se genera en el área de laminado. Si bien en las ordenes de producción el área de laminado no reporta

demasiada merma, en las áreas siguientes que son las de corte/doblado y sellado (especialmente en el área de corte/doblado) se ve reflejado la merma proveniente de laminado, la cual es una de las mermas más caras del proceso ya que contiene el valor agregado de dos áreas: Extrusión e Impresión. Esta merma se genera por metros de material defectuoso que se lamina con material conforme lo cual representa un gasto innecesario de adhesivo y material conforme, además las bobinas que vienen con cuatro o más empalmes, también generan merma por paradas que debe realizar el operario al revisar las marcas y por el arranque nuevamente de máquina. Esto conlleva a un proceso ineficiente (con mayor probabilidad de encontrar defectos), eleva el costo y aumenta el lead time del proceso.

En el área de laminado, se evidencia que la merma generada excede el porcentaje establecido. Conforme se aprecia en la tabla 8, como parte del proceso el porcentaje de merma en el área de laminado es de 4%, el cual se encuentra dentro de los costos de producción, como se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7: Porcentajes de merma establecida por área

Área	% Merma establecido
Extrusión	9%
Impresión	2%
Laminado	4%
Corte	3%
Sellado	2%
Total	20%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se logra apreciar el porcentaje promedio de merma obtenido en un periodo de 8 semanas en el área de laminado, dicha merma llega al 10%, excediendo en un 6% al porcentaje establecido.

Tabla 8: Porcentaje promedio de merma

Área	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Promedio
Extrusión	13%	7%	6%	10%	9%	10%	9%	12%	10%
Impresión	6%	3%	3%	2%	1%	3%	4%	3%	3%
Laminado	10%	15%	12%	8%	7%	6%	11%	12%	10%
Corte	2%	7%	4%	4%	3%	3%	6%	6%	4%
Sellado	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de exceso de merma (6%) está conformado principalmente por defectos generados en el área de impresión, como colores fuera del estándar, partes sin impresión, registros de textos movidos y en el área de extrusión principalmente las marcas que contiene las bobinas por paradas de máquinas o roturas del material. Dichas mermas se muestran en la figura 15 y figura 16.



Figura 16: Merma del área de impresión

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16 se aprecia la merma generada por defectos de impresión. Esta aumenta su valor cuando se encuentra unida por medio de un adhesivo que los adhiere, con otro material o sustrato que no presenta defectos.

Por lo que se genera un uso ineficiente de los recursos en el proceso.



Figura 17: Merma del área de extrusión
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17 se aprecia una bobina con 6 empalmes, cuando debería tener máximo 1, esto genera detención, las cuales ocasionan la merma o scrap.



Figura 18: Bobina dañada
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 se muestra que la bobina se encuentra dañada por una incorrecta manipulación en el traslado, lo cual genera o incrementa el nivel de merma ya que se debe purgar todo el material comprometido.

Muestra antes (Pre Test)

Se tomaron datos por día en 8 semanas, colocando solo el promedio por semana como se aprecia en la tabla 9.

Tabla 9: Promedio de merma por semana

TIEMPO (junio-julio)	MUESTRA (kg) Pre Test
Semana 1	2556.513
Semana 2	6305.872
Semana 3	5057.958
Semana 4	3984.608
Semana 5	4531.020
Semana 6	1055.792
Semana 7	2451.00
Semana 8	4928.00

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la teoría

Con el fin de solucionar la problemática, se aplicará la metodología PHVA con el objetivo de reducir la merma en el área de laminado, siendo su aplicación de acuerdo a las siguientes etapas, que se indican en la figura 19.

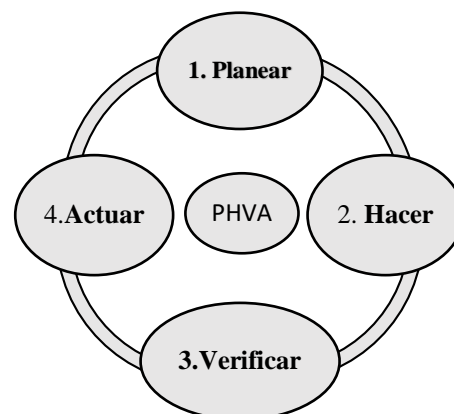


Figura 19: Ciclo de Deming o de mejora continua.

Fuente: Elaboración propia

Planear (PLAN)

- Seleccionar y caracterizar el problema:

Se identificó el problema el cual se centra en el alto porcentaje de merma, impactando directamente en la productividad del área. Es por consiguiente que el objetivo trazado se traduce en reducir el alto porcentaje de merma en el área de laminado.

- Buscar las posibles causas:

Determinar las posibles causas principales que están asociadas a la generación de merma en el área de laminado, se elabora un diagrama de Ishikawa o diagrama de espigas, logrando determinar los principales problemas que incrementan la merma en el área de laminado.

- Investigar las causas más importantes:

Una vez determinado los principales problemas que incrementan la merma en el área de laminado, se realiza un diagrama de Pareto, donde se refleja los problemas más relevantes que hacen que la merma se incremente en el área de laminado, se basa en su regla del 80-20.

- Elaborar un plan de medidas enfocado a redimir las causas más importantes:

Mediante la metodología del 5W-1H y la participación del personal involucrado en el proceso, como los maquinistas y el jefe del área de laminado se logra determinar las acciones que se tomaran, con la finalidad de cumplir los objetivos del plan desarrollado.

Aplicando la herramienta del diagrama Ishikawa por medio de las 6M's se determinó las principales causas que son participes del porcentaje de merma generado en el área de laminado. Este diagrama se desagregó en dos niveles por cada causa raíz detectada, logrando profundizar en un mayor detalle de la problemática. Ver figura 20.

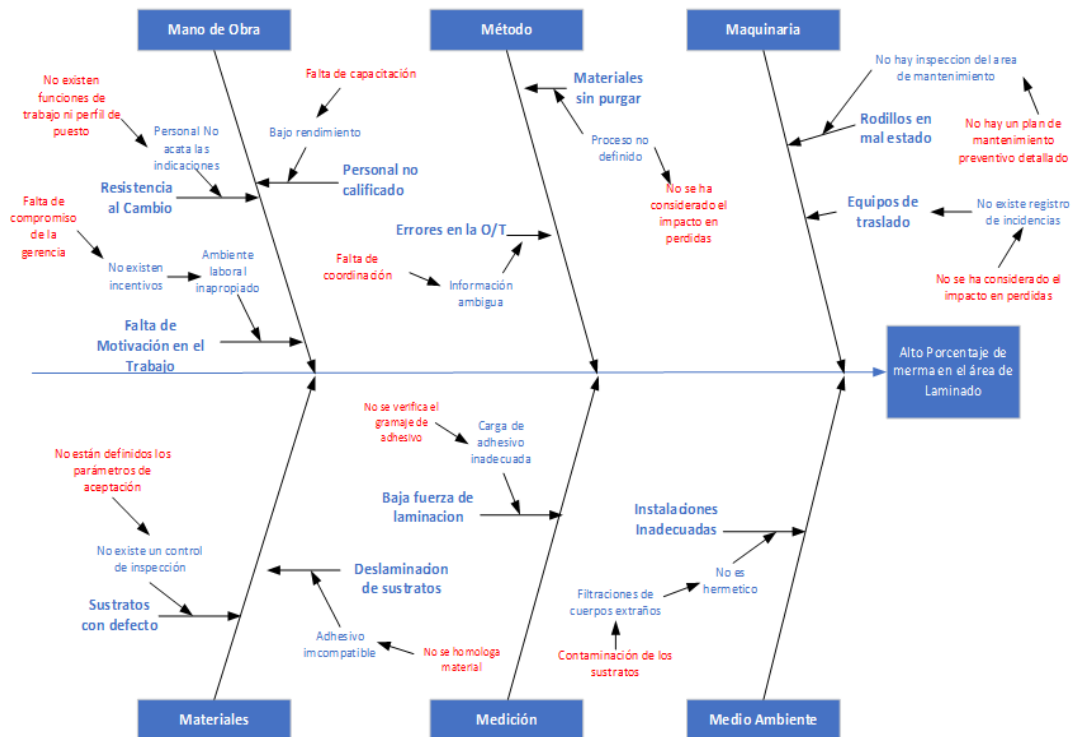


Figura 20: Diagrama Ishikawa (Causa-efecto) del área de laminado.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se coloca los principales problemas hallados, su frecuencia y porcentaje de incidencia mensual, con la finalidad de poder ordenarlos de mayor a menor.

Nº	Problemas	Frecuencia mensual por turno	%	Acumulado (%)
1	No se ha considerado el impacto en pérdidas (Materiales sin purgar)	182	39%	39%
2	No están definidos los parámetros de aceptación	182	39%	79%
3	No se verifica el gramaje de adhesivo	43	9%	88%
4	Falta de coordinación	38	8%	97%
5	No hay un plan de mantenimiento preventivo detallado	5	1%	98%
6	Falta de capacitación	3	1%	98%
7	No existen funciones de trabajo ni perfil de puesto	3	1%	99%
8	Contaminación de los sustratos	2	0%	99%
9	Falta de compromiso de la gerencia	2	0%	100%
10	No se homologa material	1	0%	100%
Total:		461	100%	

Tabla 10: Clasificación según frecuencia de problemas
Fuente: Elaboración propia

El diagrama de Pareto describe un gráfico de barras para comprobar que problemas se deben resolver primero, por medio de las frecuencias de las ocurrencias, de mayor a menor. Se obtiene los dos problemas más representativos que abarcan el 80% que representa mayor índice de preocupación y el alto nivel de merma en el área de laminado como se aprecia en la figura 21, obteniendo así una baja productividad.

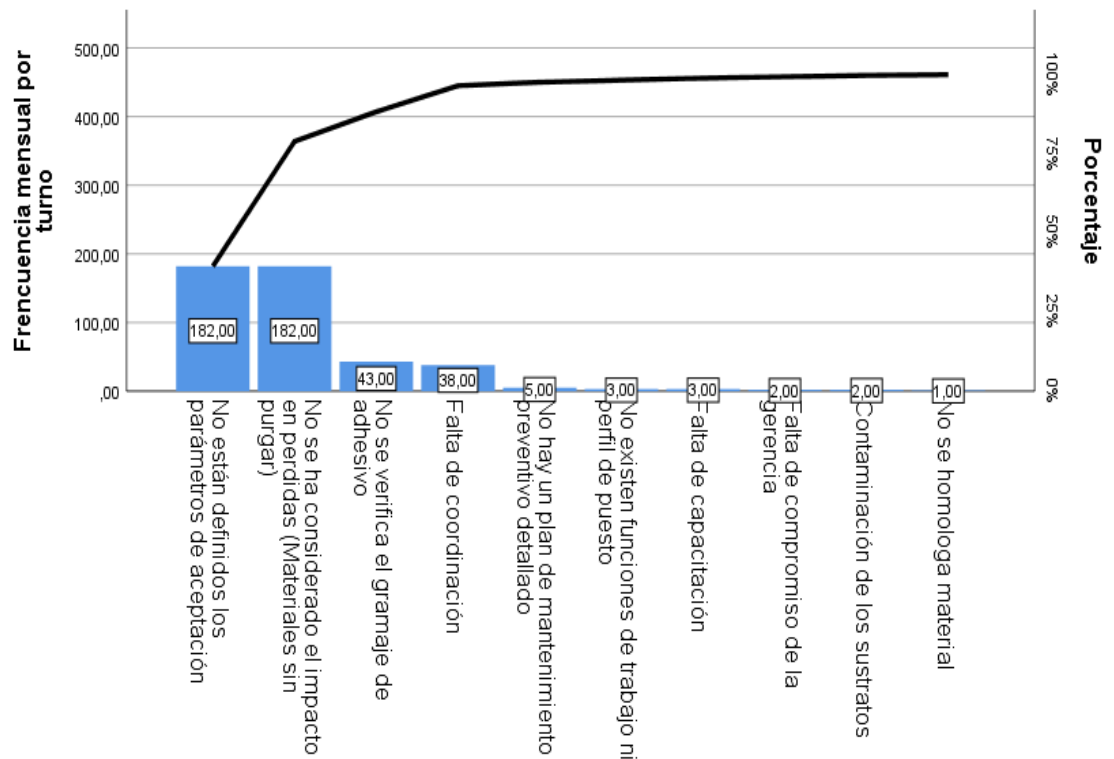


Figura 21: Diagrama de Pareto de frecuencia de problemas.
Fuente: Elaboración propia

Se aplicó la metodología del 5W-1H (tabla 11) para definir las acciones a realizar en la fase siguiente, el HACER (DO), partiendo de los problemas hallados en el diagrama de Pareto. Con esta metodología se establece que de qué manera se va a enfrentar el problema, su justificación del porque se va a realizar, los detalles de quienes lo llevaran a cabo, dónde se realizara y que acciones se tomaran en las problemáticas.

Tabla 11: 5W-1H de los problemas hallados en el análisis causa-efecto

Problema	What? (¿Qué?)	Why? (¿Por qué?)	Who? (¿Quién?)	When? (¿Cuándo?)	Where? (¿Dónde?)	How? (¿Cómo?)
No se ha considerado el impacto en pérdidas (Material sin purgar)	Agregar un proceso de rebobinado de material	Para reducir la merma por material defectuoso	Jefe / Analista / Operario	Luego del proceso de Flexografía y de extrusión (opcional)	Área de Laminado	Actualizando el flujo de operaciones de procesos
No se han definido los parámetros de aceptación	Definir los criterios de aceptación para los sustratos	Para reducir la merma por empalmes	Jefe / Analista / Operario	Set-21	Oficina de producción	Determinando las tolerancias mínimas requeridas

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 11 se logra concluir las medidas tomadas para darle solución a los problemas encontrados. Esto es: Actualizar el flujo de operaciones del proceso, añadiendo un nuevo proceso con el fin de realizar el purgado de los tramos con defectos antes de su ingreso al área de laminado, así reducir la merma generada y determinar las tolerancias mínimas requeridas, definiendo los criterios de aceptación con las que se deben recibir los materiales provenientes de las áreas de impresión y extrusión.

Hacer (DO)

En la segunda fase del PHVA se realizará el desarrollo de las medidas tomadas en la tabla 11. con el fin de evaluar su impacto en la productividad del área de laminado.

- Incorporación del proceso de rebobinado de material.

Como parte del desarrollo del problema de la merma se identificó como una de las soluciones, el implementar el proceso de rebobinado de los materiales o sustratos que están destinados a ingresar por el área de laminado.

De esta manera se logra purgar todos los defectos que provienen principalmente del proceso de flexográfica y del proceso de extrusión. Así se reducirá la merma de producto laminado que se encuentra defectuoso, además de minimizar las paradas de máquina.

Se realizó un mapeo de procesos utilizando la herramienta AS IS – TO BE con la finalidad de conocer el proceso actual y poder agregar los cambios requeridos como se aprecia en la figura 22.

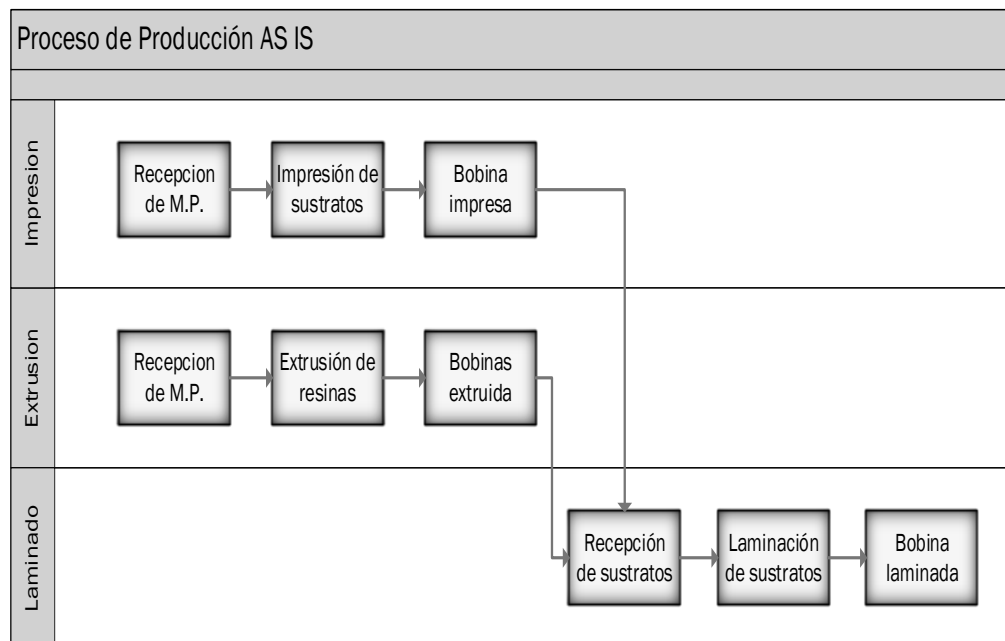


Figura 22: Diagrama AS IS del flujo del área de laminado
Fuente: Elaboración propia

En el mapeo de procesos AS IS se observa que tanto los sustratos provenientes del proceso de extrusión e impresión se direccionan al proceso sin pasar una etapa de purga. Por ende, estos sustratos, vienen con los defectos propios de sus procesos y el área de laminado los absorbe una vez que ingresan a su flujo productivo.

Al absorber el área de laminado los defectos provenientes de los procesos de impresión y extrusión, la merma que se genera al laminar estos sustratos se incrementa, ya que se junta con los defectos propios del proceso de laminación.

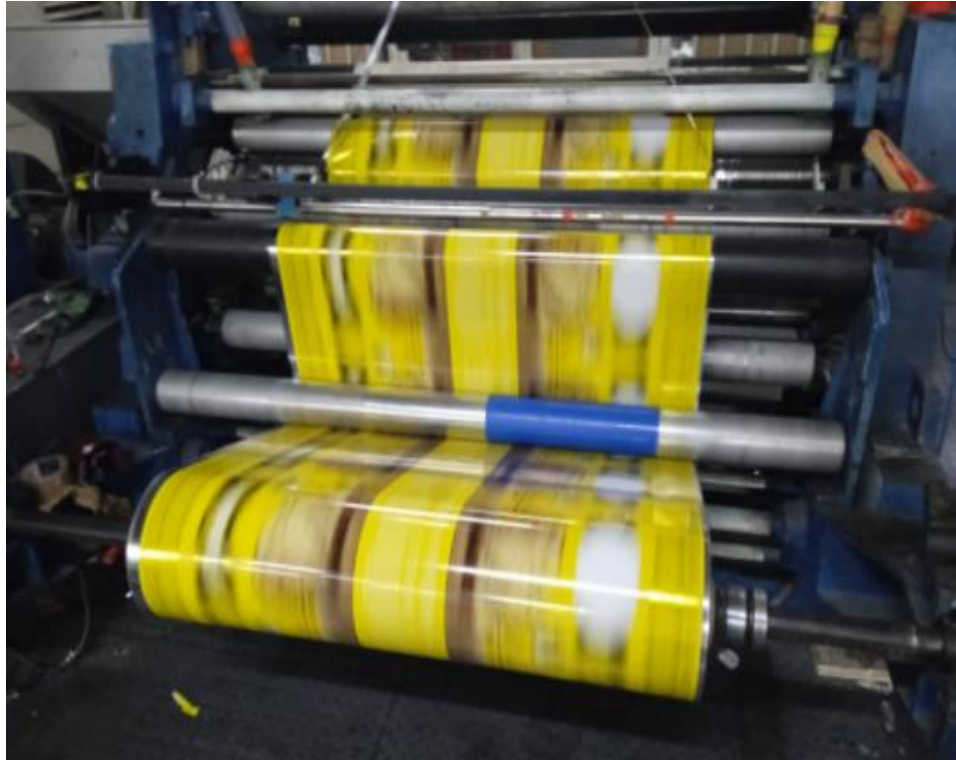


Figura 23: Proceso de rebobinado
Fuente: Elaboración propia

Por tal motivo de reducir los defectos propios de cada área y así reducir la merma o scrap, se incorporará o agregará una fase previa antes de ingresar al área de laminado; esta fase o proceso previo es el rebobinara tal como muestra en la figura 23; esta etapa permitirá purgar todos los defectos que contiene cada sustrato salido del are de impresión y si fuese necesario se rebobinará también las bobinas enviadas por el área de extrusión, así obtener dos sustratos libres de defectos y sean ideales en el proceso de laminado.

Esta nueva fase incorporada evitará el exceso de merma en el área de laminado y reducirá los defectos por cada bobina trabajada, pudiendo el laminador realizar un trabajo sin paradas de máquina, y por ende reduciendo también la merma propia del proceso.

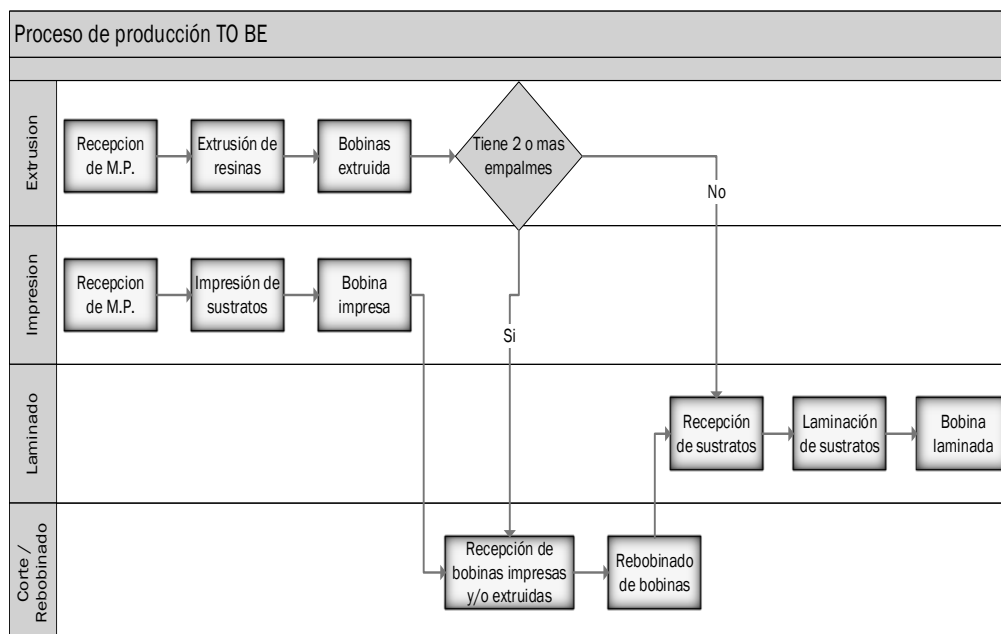


Figura 24: Diagrama TO BE del flujograma del área de laminado.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se observa la nueva fase que se agrega al flujo de procesos. Con esta nueva etapa las bobinas ingresan al área de laminado con el mínimo de defectos (bobina perfecta).

Se realiza un acta de acuerdo del nuevo proceso implementado donde todas las bobinas de flexografía deben ser rebobinadas, las bobinas de extrusión que tengas de un empalme tienen que ser rebobinadas.

- **Parámetros de aceptación de insumos**

Para definir los parámetros de aceptación del área de laminado, se llevaron a cabo reuniones con los dueños del proceso y se evidenció los requerimientos necesarios para realizar el trabajo en el área de laminado.

Estos parámetros de aceptación definen las condiciones en que los sustratos o films deben tener para que puedan ingresar al área de laminado, así cumpliendo estos parámetros el proceso de laminación se hará de una manera continua, sin paradas por empalmes que presenten defectos. Lo que se traducirá en una reducción de merma considerable y hará al proceso más eficiente en el uso de sus recursos.

En la tabla 12 se definen los parámetros o condiciones que deben cumplir los sustratos que ingresaran al área de laminado, como se realiza su procesamiento

si se respetan los parámetros establecidos; además, se considera indicaciones en el producto final y beneficios de respetar los parámetros de aceptación.

Tabla 12: Parámetros de aceptación del proceso de laminado

INPUT/ ENTRADA	
Insumos	Parámetros de aceptación
Extrusión - Bobina de polietileno de baja densidad (PEBD)	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo 1 empalme por bobina, de lo contrario debe estar rebobinada. • Tensión superficial debe ser de 40 a 42 dinas. • Laminas no deben estar colgadas de lo contrario se debe rebobinar para liberar las tensiones. • No debe presentar telescopio mayor a 15 mm. • Retratar material en línea si tiene más de 10 días almacenado.
Impresión (PET, BOPP, BOPA)	<ul style="list-style-type: none"> • Bobina deben estar purgadas. • Reposo por 5 horas luego de haber salido de impresión.
PROCESAMIENTO	
Tipo de proceso	Durante el proceso
Proceso de Laminación	<ul style="list-style-type: none"> • Laminación se realiza de forma continua y con el mínimo de paradas.
OUTPUT/SALIDA	
Producto Final	Descripción de producto
Bobina Laminada	<ul style="list-style-type: none"> • Bobina laminada debe reposar mínimo 6 horas antes de entrar al siguiente proceso. • Las bobinas deben reposar en un estante, colgadas y no puestas sobre el piso. • Bobina con menos empalmes. • Mayor disponibilidad de metraje para el uso de la producción.

Fuente: Elaboración propia

Situación después (Post-Test)

Verificar (Check)

En esta fase o etapa se procede a verificar los efectos de la aplicación de las mejoras. Se tomará muestras de 8 semanas, correspondientes a los meses de agosto y setiembre. Las muestras se tomarán de forma diaria, al momento de realizar los cálculos se promediarán por semana, dando un total 8 datos por los dos meses.

Los datos obtenidos de la muestra fueron recolectados de las ordenes de trabajo o también llamados reportes de producción del área de laminado que se registran en el SAP.

De los datos de la tabla 9 y la tabla 13, se realizó un comparativo donde se refleja los resultados obtenidos después de haber implementado la mejora.

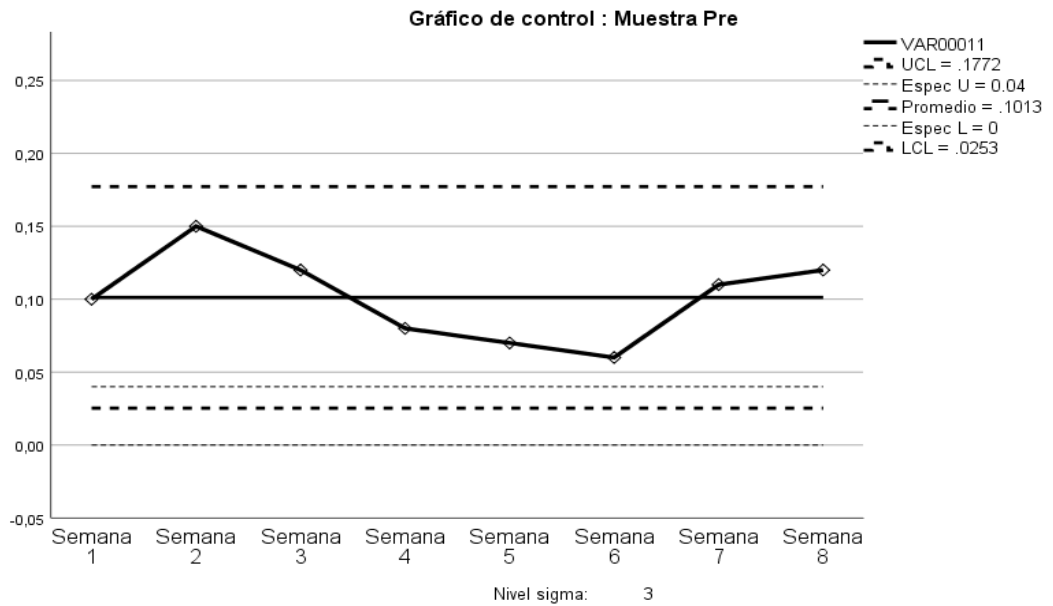


Figura 25: Gráfica del porcentaje de merma Pre test
Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se observa que el porcentaje de merma que genera el área de laminado es 10% en promedio a los datos Pre test, sobrepasando el porcentaje de merma establecido por la compañía que debe ser del 4%.

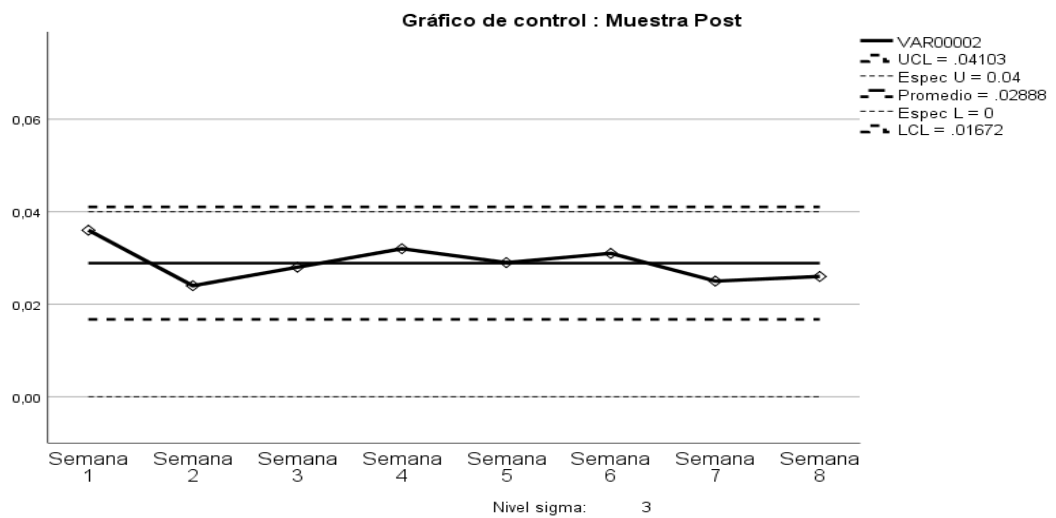


Figura 26: Gráfica del porcentaje de merma Post test
Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se muestra ver que el porcentaje de merma establecido luego de la implementación del PHVA tiene un valor promedio del 3% en el área de laminado, cumpliendo el porcentaje de merma establecido.

Actuar (Act)

En esta última etapa del ciclo de Deming o mejora continua, está enfocada en la retroalimentación de las fases de planeación, realización y verificación explicados en los puntos previos a fin de propiciar un aprendizaje sobre todas las acciones previamente analizadas.

Esta información recogida y elaborada, debe plasmarse en los procedimientos internos de la compañía, con el fin de mantener las mejoras establecidas.

Es importante concientizar al personal de poder interiorizar esta filosofía de mejora y se pueda seguir replicando a través del tiempo y en futuras revisiones se pueda apreciar o evidenciar la mejora de una manera más completa.

Muestras después (Post-Test).

Los datos recolectados de las 8 semanas correspondientes al periodo de agosto y setiembre luego de implementado el PHVA. Ver tabla 13.

Tabla 13: Promedio de merma

TIEMPO (Agosto – Setiembre)	DATOS MUESTRA POST (kg)
Semana 1	1525.916
Semana 2	1414.354
Semana 3	1455.318
Semana 4	1786.606
Semana 5	1691.405
Semana 6	1468.883
Semana 7	1196.369
Semana 8	1204.160

Fuente: Elaboración propia

Objetivo específico 2: Aplicar herramienta POKA YOKE para prevenir errores en el proceso de fabricación del área de laminado de la empresa Mubaplast.

Situación antes (Pres Test)

Los inconvenientes más graves encontrados en el proceso de fabricación parten en una primera instancia, de la ausencia de estandarización del proceso, especificación y documentación de procedimientos. Lo que ocasiona tener información incorrecta, incompleta o no específica en las etiquetas de identificación y ordenes de trabajo, haciendo que el trabajo del operario no sea el adecuado, esto conlleva que no se logre las expectativas de calidad del proceso.

Por otro lado, la falta de orden y organización en el área de productos en proceso afecta en la mala señalización de las bobinas, lo que genera que partes con productos no conforme termine llegando al proceso siguiente y se vea reflejado en el producto final al cliente, que se traduce en un bajo nivel de productividad, estos aspectos perjudican en pérdidas economías de material, horas hombre trabajadas, retrasos en los tiempos de entrega al cliente, entre otros, estos detalles desfavorecen la relación con el cliente como la imagen de la organización.

En los meses de estudio de junio y Julio se identificaron dos problemas que se generan por los procedimientos que se siguen en la realización y control de las actividades de laminado por parte del personal que participa directa o indirectamente, lo cual se aprecia en la tabla 14. Estas incidencias son mínimas en la semana, pero que en termino de impacto, logran ocasionar la pérdida parcial o total de todo un lote producido.

Tabla 14: Errores en área de laminado

Errores en el área de laminado
1. Laminar un producto que primeramente tiene que pasar por un proceso anterior
2. No identificar la cara tratada del producto.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 14, uno de los errores humanos apreciados es cuando los operarios del área, por falta especificación y documentación de información, realizan el proceso a productos o ítems que aún no deben pasar por este proceso, lo cual perjudica o afecta directamente a la productividad, ya que el trabajar un material que no cumpla

con el flujo normal de procesamiento, acarrea problemas secundarios no esperados. Esto se traduce en un aumento de merma del material y defectos de producto que hacen más tedioso su producción, generando un aumento de horas hombres y recursos extras no contemplados.

Si bien se precisó separar los productos en proceso por áreas definidas, se evidenció una limitante, la cual es la capacidad física instalada de planta, lo que no permite realizar ese tipo de separación. El espacio de bobinas en proceso del área de laminado como la de otras dos áreas es solo uno tal como se muestra en la figura 27.



Figura 27: Zona de bobinas en proceso.
Fuente: Elaboración propia

Otro de los errores detectados en la planta que se muestra en la tabla 14, es cuando no se identifica la cara tratada del producto a laminar. Este error no es tan común, pero genera pérdidas de la totalidad de un lote trabajado, ya que los productos laminados no pueden ser reprocesados. Este error se da cuando el maquinista y/o ayudante de laminado no coloca en la posición adecuada las bobinas a laminar, puesto que estas se deben juntar o unir mediante las caras que presentan tratamiento corona.

Muestra antes (Pre-Test)

Se recolectó las incidencias por errores en la fabricación en el área de laminado durante los meses de junio y julio reflejando la información en la tabla 15.

Tabla 15: Incidencias por errores humano

TIEMPO (Junio – Julio)	Incidencias por errores PRE
Semana 1	3
Semana 2	2
Semana 3	4
Semana 4	1
Semana 5	3
Semana 6	1
Semana 7	2
Semana 8	2

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la teoría (Variable Independiente)

Para hacerle frente a los errores de laminación, primeramente, se realiza un diagrama de flujo como se aprecia en la figura 28, para identificar donde surgen los errores humanos mencionados en la tabla 15.



Figura 28: Etapas del Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

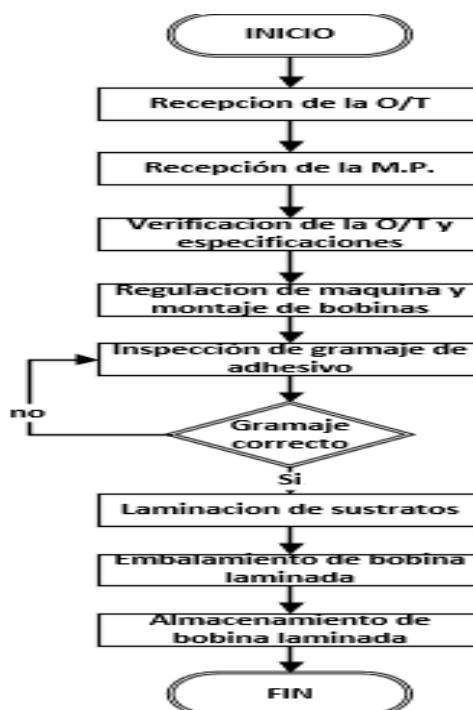


Figura 29: Diagrama de flujo del proceso de laminado.

Fuente: Elaboración propia

Analizando el diagrama de flujo (Figura 29) del proceso se identificó que los errores que se cometen no se encuentran mapeados ni definidos como una actividad operativa.

Para determinar la causa raíz de los errores se usará la herramienta de cinco por qué de cada error identificado.

Tabla 16: 5 Porqué acerca de laminar producto incorrecto

1. Laminación de productos que faltan pasar por otros procesos.				
Porqué 1	Porqué 2	Porqué 3	Porqué 4	Porqué 5
Por qué no se indica que el ítem o producto no estaba apto para laminación	Porqué el producto no estaba adecuadamente identificado	Porqué en las hojas de reporte de producción y en las etiquetas no se detalla esa información	Porqué en el formato no se considera ese acápite para completar.	Porqué se consideraba información que se transmite verbalmente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: 5 Porqué acerca materiales con la tensión superficial adecuada

2. No identificar el tratamiento (tensión superficial) del sustrato a laminar				
Porqué 1	Porqué 2	Porqué 3	Porqué 4	Porqué 5
Por qué no se tiene establecido esa tarea	Porqué se entiende que los materiales ya tienen la tensión superficial adecuada y la posición del tratamiento definido.	Porqué los materiales procedentes de las otras áreas tienen sus controles de calidad respectivos.		

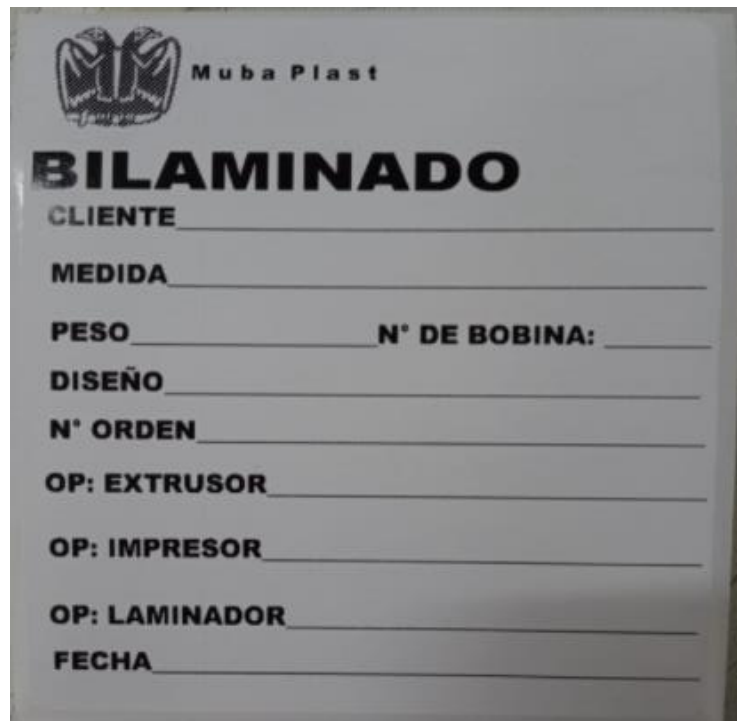
Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 correspondiente al error número uno, se analiza que la información transmitida verbalmente no es la adecuada o simplemente no se transmite. Por lo tanto, la información se vuelve volátil y está sujeta a errores.

En este caso se modificará la O/T donde se genera un apartado donde se indique el siguiente proceso que debe seguir el producto en proceso. También se colocará esta

información en la etiqueta que se adhiere en la bobina, donde se logrará tener una trazabilidad adecuada.

En la figura 30 se aprecia el formato que se usa en las etiquetas que van adheridas a las bobinas. A estas etiquetas se les hará una modificación, colocando un espacio donde se considerará la hora en que se terminó de laminar el producto y el siguiente proceso que debe seguir el producto.



Logo Muba Plast

BILAMINADO

CLIENTE _____

MEDIDA _____

PESO _____ N° DE BOBINA: _____

DISEÑO _____

N° ORDEN _____

OP: EXTRUSOR _____

OP: IMPRESOR _____

OP: LAMINADOR _____

FECHA _____

Figura 30: Etiqueta de las bobinas.
Fuente: Elaboración propia

Agregando la información de hora de termino en las etiquetas de las áreas de impresión se conseguirá identificar el tiempo que ha transcurrido desde su procesamiento anterior hasta el momento donde ingresa al proceso siguiente, dando a conocer si el material está apto para su procesamiento o conversión. Además, con la información complementaria donde se indica el siguiente proceso en las etiquetas de las áreas de impresión y extrusión, se logrará saber el destino próximo de la bobina. Para que los operarios o maquinistas llenen la información correctamente del siguiente proceso del producto en las etiquetas, se agregara un acápite en la O/T de producción de las áreas de extrusión, impresión y laminado (Anexo 3, 4 y 5) donde se indique esta información.

Estas dos informaciones agregadas en la etiqueta evitarán que existan errores en el flujo de trabajo y su procesamiento se realizará en el momento adecuado; además

la etiqueta del área de laminado también contara con esta actualización con el fin de mantener a la siguiente área con la información correspondiente. El esquema de la nueva etiqueta se aprecia en la figura 31.

Logo	
PROCESO	
Cliente:	_____
Medida:	_____
Peso:	_____ N° Bobina: _____
Diseño:	_____
N° Orden:	_____
Ope. Extrusor:	_____
Ope. Impresor:	_____
Ope. Laminador:	_____
Fecha:	_____ Hora de termino: _____
Siguiente proceso (los procesos varían dependiendo del área):	
<input type="checkbox"/> Laminado	<input type="checkbox"/> Corte/Habilitado
<input type="checkbox"/> Impresión	<input type="checkbox"/> Despacho

Figura 31: Nuevo esquema de etiqueta.
Fuente: Elaboración propia

Para el error número dos de acuerdo a lo indicado en la tabla 17, se analiza que el problema se presenta cuando el maquinista del área de laminado no revisa el tratamiento de los sustratos, tanto en identificar si tiene la tensión superficial adecuada, así como saber si se encuentra en la posición correcta de montado en máquina y/o saber si se debe retratar el sustrato.

Para evitar que siga sucediendo este tipo de error que causa pérdidas de un lote completo trabajado, se agregara una tarea en el flujo de proceso que se muestra en la figura 32, en la cual consiste en realizar una verificación de los sustratos a laminar mediante el uso del plumón medidor de tensión superficial o una solución a base de cellosolve y formamida (componentes químicos que sirven en la creación de la solución de tratado) que pueda medir la tensión superficial de los materiales o sustrato.

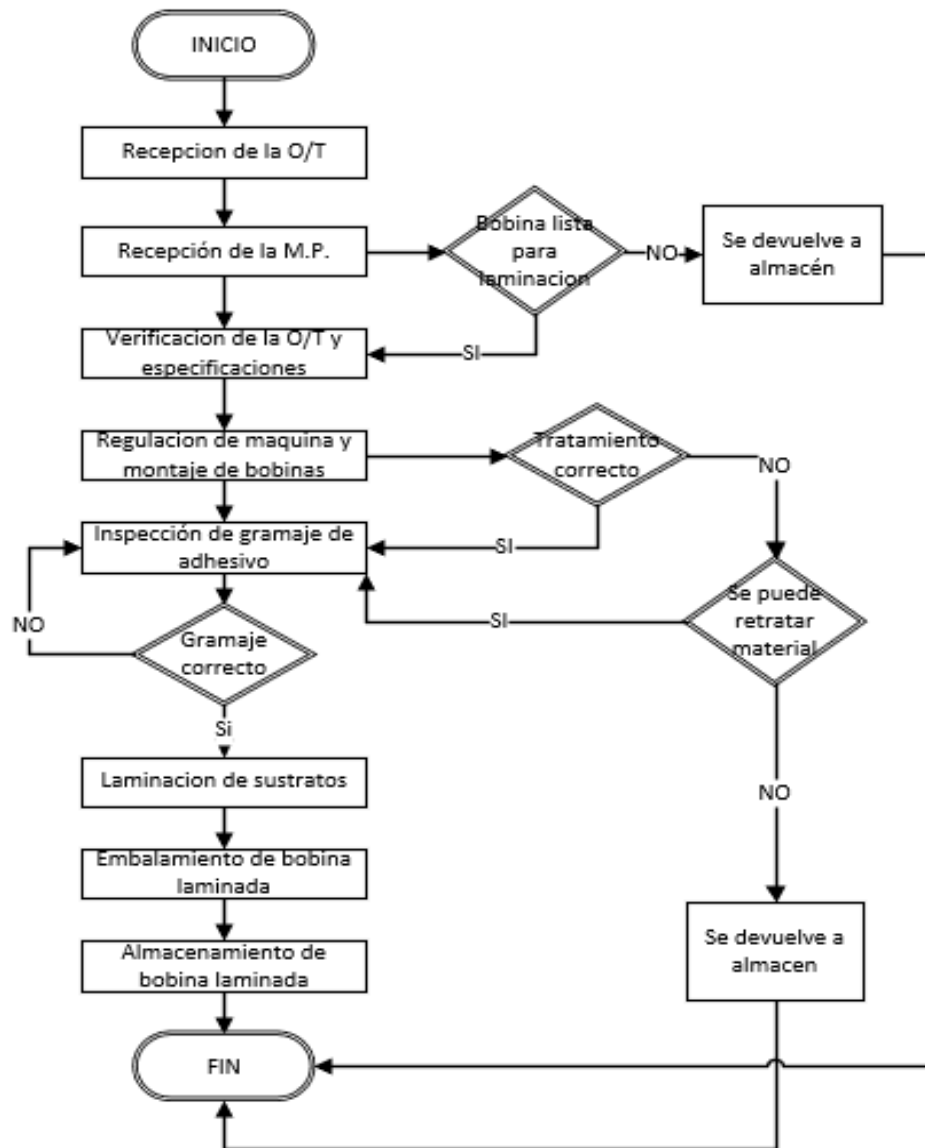


Figura 32: Nuevo flujo de proceso.
Fuente: Elaboración propia

Esta prueba consiste en aplicar el líquido de tratamiento en la lámina por ambas caras, si el líquido se mantiene de forma uniforme en la lámina como se aprecia en la figura 33, se determina y verifica que la tensión superficial es la adecuada, por el contrario, si se borra en menos de 3 segundos significa que la bobina tiene baja tensión superficial y no es adecuada en seguir su laminación, como se muestra figura 34.

Para la adecuada realización de esta prueba, se recomienda que los trabajadores hayan comprendido previamente el contenido de ésta, consignado en el protocolo.

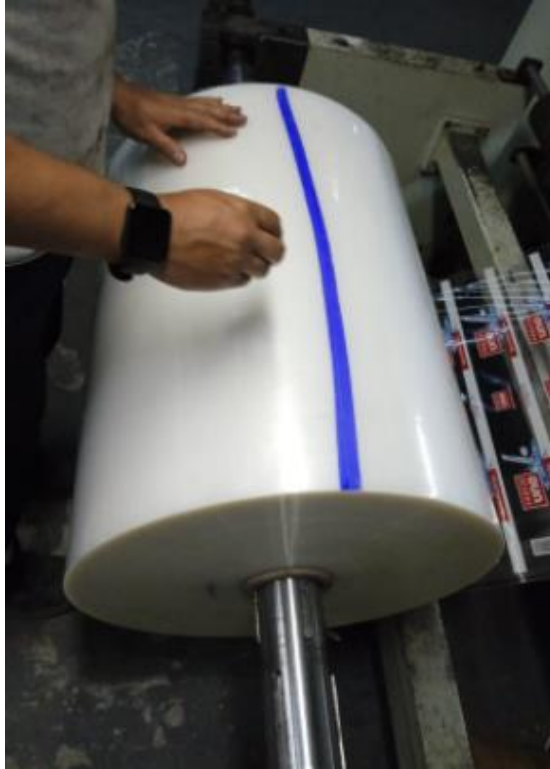


Figura 33: Prueba de laminado apta.
Fuente: Elaboración propia



Figura 34: Prueba de laminado no adecuada.
Fuente: Elaboración propia

Esta nueva actividad se realizó al inicio de producción y en cada cambio de bobina de los sustratos que entraran a laminando. Esto permitirá filtrar lo errores de tensión superficial en las láminas, así como también la correcta posición en la que deben ser montadas las bobinas en la máquina.

Situación después (Post test)

Con la implementación del Poka Yoke en el área de laminado se redujeron errores de trabajo referidos al incorrecto flujo de proceso, se previno los errores antes que sucedan, ayudando al trabajador a darse cuenta y corrija a tiempo que bobina tiene las especificaciones correctas de empezar un proceso de laminado, además de poder saber que bobinas que vienen de impresión se encuentran aptas y cumplieron sus horas de reposo antes de poder laminarlas.

Esto se reflejó en la reducción de los errores en el proceso de fabricación.

Muestra después (Post test)

Una vez implementado el Poka Yoke en las dos problemáticas existentes, se verificó que estas se redujeron considerablemente. Si bien se registraron incidencias, se observa una mejoría total en la reducción de incidencias por errores. Estos datos registrados se obtuvieron dentro del periodo de los meses de agosto y Setiembre, clasificándose por semana. Como se aprecia en la tabla 18.

Tabla 18: Incidencias por errores humanos

TIEMPO (Agosto – Setiembre)	Incidencias por errores post
Semana 1	0
Semana 2	1
Semana 3	1
Semana 4	0
Semana 5	0
Semana 6	0
Semana 7	1
Semana 8	0

Fuente: Elaboración propia

Objetivo específico 3: Implementar la metodología SMED para reducir los tiempos de set-up en el área de laminado en la empresa Mubaplast.

Situación antes (Pre test)

Como un diagnóstico inicial de la situación en la que se encontraba la compañía.

Los tiempos de preparación de máquina y cambio de bobina en el área de laminado, se realizan por medio del esfuerzo físico que abarca el trabajo de dos personas, el maquinista y su ayudante. Se cuenta con una carreta de carga manual donde se traslada las bobinas como se muestra en la figura 35, la cual no otorga las condiciones adecuadas al momento de realizar los trabajos de movimiento y traslado de la materia prima en proceso, además de utilizarlo en el montaje y desmontaje en máquina, puesto que se hace difícil su manipulación al momento de levantar o bajar bobinas que rondan con un peso de entre 150 kg a 400 kg.

La carreta de carga manual, al no ser el equipo adecuado de trabajo que se realiza en el área de laminado, genera que los tiempos de cambio sean más holgados puesto que impacta en el rendimiento del trabajador y merma su condición física en el paso de las horas por el trabajo repetitivo de carga, descarga y transporte.

Esta actividad por cada orden de trabajo producida se realiza de 4 a 5 veces (esto depende del metraje de la bobina 1 o sustrato 1, la cual viene del proceso de impresión), en un turno de trabajo que abarca 12 horas, en la cual se realizan un promedio de 7 u 8 órdenes de trabajo, lo que se refleja en un promedio de 30 a 40 cambios por turno.

Ante esta cantidad de cambios solamente utilizando una carreta de carga manual lo hace un trabajo disergonómico que directamente impacta en la salud del trabajador y le provoca lesiones físicas o accidentes de trabajo como se muestra en la figura 36 y figura 37.

Estas dificultades presentadas con la carreta también se traducen a daños a las bobinas en las capas externa que se provocan por la manipulación y falta de facilidad en los movimientos con la carreta de carga manual. Ante esto el ayudante de laminado con frecuencia rueda las bobinas en el piso antes de cargarlo con la carreta, sin medir el daño que ocasiona a la bobina tal como se muestra en la figura 38.



Figura 35: Carreta de carga manual.
Fuente: Elaboración propia



Figura 36: Montaje de bobina lado izquierdo.
Fuente: Elaboración propia



Figura 37: Montaje de bobina lado derecho.
Fuente: Elaboración propia



Figura 38: Daños en la bobina.
Fuente: Elaboración propia

Muestra antes (Pre test)

Se recolectó muestras de los tiempos de preparación y cambio de producto en el área de laminado por el espacio de 8 semanas. En la tabla 19, se muestra los promedios de tiempo de preparación y cambio de maquina promedio por orden de trabajo.

Tabla 19: Tiempo de preparación y cambio de bobina

TIEMPO (Junio – Julio)	DATOS muestra (minutos)
Semana 1	79.35
Semana 2	84.65
Semana 3	89.54
Semana 4	86.28
Semana 5	81.92
Semana 6	87.43
Semana 7	88.12
Semana 8	84.23

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la teoría (Variable independiente)

Para reducir los tiempos de preparación y cambio de bobinas en el área de laminado, se aplicará la metodología SMED, es una herramienta de mejora continua.

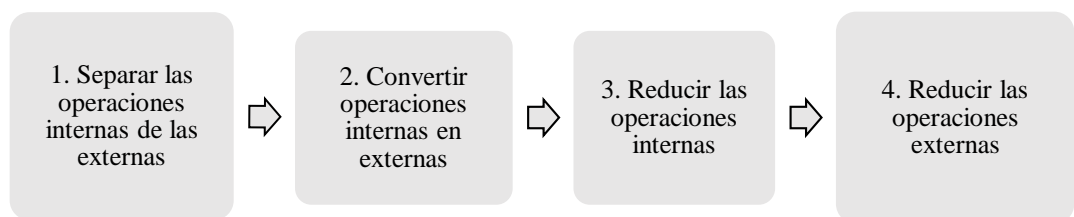


Figura 39: Etapas de la metodología SMED

Fuente: Elaboración propia

Se basa en las cuatro fases o etapas de la implementación del SMED. Ver Figura 39.

Antes de proceder a trabajar las fases de implementación del SMED se realiza el diagrama de análisis del proceso (DAP), así identificar las operaciones internas y externas. Como se parecía en la figura 40.

N°	Descripción de la operación	N° de Operarios	Distancia en metros	Tiempo de operación (min)	SIMBOLOGÍA				
					○	⇒	D	□	▽
1	Recepcion de la O/T	1		1	x				
2	Revisión de O/T	2		3	x				
3	Dirigirse a almacen de P.P.	2	3	0.25	x				
4	Busqueda de M.P.	2		3	x				
5	Revisión de M.P.	2		4				x	
6	Cargar sustrato 1	2		4	x				
7	Trasladar sustrato 1 a maquina	1	3	0.5		x			
8	Montar sustrato 1 a maquina	2		4	x				
9	Probar tratamiento de sustrato1	1		0.33				x	
10	Empalmar lamina de sustrato 1	1		0.66	x				
11	Dirigirse a almacen de P.P.	2	3	0.25		x			
12	Cargar sustrato 2	2		4	x				
13	Trasladar sustrato 2 a maquina	2	3	0.5		x			
14	Montar sustrato 2 a maquina	2		4	x				
15	Probar tratamiento de sustrato 2	1		0.33				x	
16	Empalmar lamina de sustrato 2	1		0.66	x				
17	Dirigirse a depositos de adhesivo y catalizador	2	3	0.25		x			
18	Extraer adhesivo y catalizador	2		5	x				
19	Trasladar adhesivo/catalizador a mezclador	1	3	0.25		x			
20	Cargar de adhesivos el mezclador	1		0.25	x				
21	Dirigirse a zona de camiseta para laminacion	1	3	0.25		x			
22	Seleccionar camiseta para laminacion	1		0.4	x				
23	Trasladar camiseta a maquina	1	3	0.25		x			
24	Colocar las camisetas en laminadora	1		0.25	x				
25	Colocar el obturador para adhesivo	1		2	x				
26	Colocar topes para el adhesivo	1		0.5	x				
27	Verter adhesivo en maquina	1		1	x				
28	Regulación de rodillos laminadores	1		2	x				
29	Realizar tiraje de prueba	1		1	x				
30	Inspeccionar gramaje de adhesivo	1		5				x	
31	Laminar sustratos	1		10	x				
32	Detener maquina	1		0.5	x				
33	Dirigirse a almacen de P.P.	2	3	0.25		x			
34	Cargar sustrato 2.1	2		4	x				
35	Trasladar sustrato 2.1 a maquina	1	3	0.5		x			
36	Desmontar tuco de sustrato 2 de maquina	1		0.25	x				
37	Montar sustrato 2.1 a maquina	2		4	x				
38	Probar tratamiento de sustrato 2.1	1		0.33				x	
39	Empalmar lamina de sustrato 2.1	1		0.66	x				
40	Continuar laminacion de maquina	1		10	x				
41	Detener maquina	1		0.16	x				
42	Embalar bobina laminada	1		0.5	x				
43	Desmontar bobina laminada	2		4	x				
44	Trasladar a balanza	1	4	0.3		x			
45	Pesar bobina Laminada y registrar	1		0.5	x				
46	Trasladar a almacen de P.P.	1	2	0.25		x			
47	Colocar en almacen de P.P.	1		0.25	x				
TOTAL			36 mts	85.33 min	31	11	0	5	0
TOTAL TIEMPOS (min)					71.79	3.55	0	9.99	0

Figura 40: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Resumen del DAP del área de laminado

DESCRIPCION	PASOS	%	Min	%
Operación	32	68%	72.04	84.4%
Transporte	11	21%	3.3	3.9%
Demora	0	0%	0	0.0%
Inspección	5	11%	9.99	11.7%
Almacén	0	0%	0	0.0%
TOTAL	47	100%	85.33	100%

Fuente: Elaboración propia

Del DAP obtenido en el área de laminado, se aplica las fases del SMED.

Fase 1: Separar las operaciones internas de las externas.

Del análisis realizado se observa que las operaciones que tienen la posibilidad de realizarse en paralelo, como los montaje y desmontaje de bobinas, además del traslado de bobinas del almacén de P.P. a la máquina laminadora, las pruebas de tratamiento en lámina y los empalmes de bobinas no son posibles realizarlas en paralelo con otras operaciones ya que hacer los movimientos de carga y descarga requieren de la intervención del maquinista y su ayudante, puesto que las bobinas que se montan en máquina rondan los pesos entre 150 kg y 400 kg.

Por lo tanto, se mantiene el DAP con sus operaciones sin realizar cambios.

Fase 2: Convertir operaciones internas en externas.

Al no identificar operaciones internas que se puedan convertir a externas, el DAP se mantiene sin cambios.

Fase 3: Reducir las operaciones internas.

En esta fase para poder emplear cambios rápidos en las operaciones de preparación y cambio de bobinas, se propuso implementar un carro elevador de bobinas adecuado al proceso, el cual sea semi-eléctrico tal como se muestra en la figura 42, el cual deba tener una capacidad de carga aproximada de 1000 kg. Con este carro de carga se reducirá los tiempos de carga de bobina, así como el montaje y desmontaje en máquina.

Haciendo la simulación de las operaciones descritas en el DAP con el carrito elevador de bobinas, se obtuvo la reducción de tiempos principalmente en las operaciones de carga y descarga de bobinas, tal como se muestra en el DAP de la figura 41, lo que se refleja en una reducción de 13.6 minutos.

N°	Descripción de la operación	N° de Operarios	Distancia en metros	Tiempo de operación (min)	SIMBOLOGÍA				
					○	⇒	D	□	▽
1	Recepcion de la O/T	1		1	x				
2	Revisión de O/T	2		3	x				
3	Dirigirse a almacén de P.P.	1	3	0.25	x				
4	Busqueda de M.P.	1		3	x				
5	Revisión de M.P.	1		4				x	
6	Cargar sustrato 1	1		1.5	x				
7	Trasladar sustrato 1 a maquina	1	3	0.4		x			
8	Montar sustrato 1 a maquina	1		2.5	x				
9	Probar tratamiento de sustrato1	1		0.33				x	
10	Empalmar lamina de sustrato 1	1		0.66	x				
11	Dirigirse a almacén de P.P.	1	3	0.25	x				
12	Cargar sustrato 2	1		1.5	x				
13	Trasladar sustrato 2 a maquina	1	3	0.5		x			
14	Montar sustrato 2 a maquina	1		2.5	x				
15	Probar tratamiento de sustrato 2	1		0.33				x	
16	Empalmar lamina de sustrato 2	1		0.66	x				
17	Dirigirse a depositos de adhesivo y catalizador	2	3	0.25		x			
18	Extraer adhesivo y catalizador	2		5	x				
19	Trasladar adhesivo/catalizador a mezclador	1	3	0.25		x			
20	Cargar de adhesivos el mezclador	1		0.25	x				
21	Dirigirse a zona de camiseta para laminación	1	3	0.25		x			
22	Seleccionar camiseta para laminación	1		0.4	x				
23	Trasladar camiseta a maquina	1	3	0.25		x			
24	Colocar las camisetas en laminadora	1		0.25	x				
25	Colocar el obturador para adhesivo	1		2	x				
26	Colocar topes para el adhesivo	1		0.5	x				
27	Verter adhesivo en maquina	1		1	x				
28	Regulación de rodillos laminadores	1		2	x				
29	Realizar tiraje de prueba	1		1	x				
30	Inspeccionar gramaje de adhesivo	1		5				x	
31	Laminar sustratos	1		10	x				
32	Detener maquina	1		0.16	x				
33	Dirigirse a almacén de P.P.	1	3	0.25		x			
34	Cargar sustrato 2.1	1		1.5	x				
35	Trasladar sustrato 2.1 a maquina	1	3	0.5		x			
36	Desmontar tuco de sustrato 2 de maquina	1		0.25	x				
37	Montar sustrato 2.1 a maquina	1		2.5	x				
38	Probar tratamiento de sustrato 2.1	1		0.33				x	
39	Empalmar lamina de sustrato 2.1	1		0.66	x				
40	Continuar con laminación de sustratos	1		10	x				
41	Detener maquina	1		0.5	x				
42	Embalar bobina laminada	1		0.5	x				
43	Desmontar bobina laminada	1		2.5	x				
44	Trasladar a balanza	1	4	0.3		x			
45	Pesar bobina laminada y registrar	1		0.5	x				
46	Trasladar a almacén de P.P.	1	2	0.25		x			
47	Colocar en almacén de P.P.	1		0.25	x				
TOTAL			36 mts	71.73 min	32	10	0	5	0
TOTAL TIEMPOS (min)					58.54	3.2	0	9.99	0

Figura 41: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – implementación carro elevador
Fuente: Elaboración propia



Figura 42: Apilador semi-eléctrico
Fuente: Wordpress.com

Fase 4: Reducir las operaciones externas.

Volviendo a analizar DAP con la implementación del carro elevador de bobinas, se observa que ya no se necesitan en las operaciones de traslado, carga, montaje y desmontaje de bobinas, que intervengan dos operarios sino solamente uno. Con este cambio realizado, se obtiene una cantidad de tareas y tiempo muertos del maquinista que permiten ser eliminados de alguna manera porque ya no son totalmente imprescindible en el ciclo de ciertas tareas, o en otros casos conseguir disminuirlos para que su repercusión no se manifieste de manera evidente en el proceso. Por ende, se tomó la decisión de trasladar operaciones en paralelo con el objetivo de minimizar y reducir al máximo los tiempos de preparación y cambio de bobinas.

Las operaciones que pasaron a realizarse en paralelo fueron las de preparación de máquina, de la cual se encarga el maquinista, mientras que en el flujo principal se mantuvieron las operaciones realizadas por el ayudante de laminado. Las actividades realizadas en paralelo fueron posibles hasta la operación número 20 que corresponde al DAP principal y hasta la operación 18 del DAP de operaciones paralelas. Estos DAP se visualizan en la figura 43 y figura 44.

N°	Descripción de la operación - paralelo	N° de Operarios	Distancia en metros	Tiempo de operación (min)	SIMBOLOGÍA				
					○	⇒	⊂	□	▽
1	Dirigirse a zona de camiseta para laminacion	1	3	0.25		x			
2	Seleccionar camiseta para laminacion	1		0.4	x				
3	Trasladar camiseta a maquina	1	3	0.25		x			
4	Colocar las camisetas en laminadora	1		0.25	x				
5	Colocar el obturador para adhesivo	1		2	x				
6	Colocar topes para el adhesivo	1		0.5	x				
7	Verter adhesivo en maquina	1		1	x				
8	Regulacion de rodillos laminadores	1		2	x				
9	Espera de montaje de sustrato 1	1		5.5			x		
10	Probar tratamiento de sustrato 1	1		0.33				x	
11	Empalmar lamina de sustrato 1			0.66	x				
12	Espera de montaje de sustrato 2	1		3.76			x		
13	Probar tratamiento de sustrato 2	1		0.33				x	
14	Empalmar lamina de sustrato 2			0.66	x				
15	Realizar tiraje de prueba	1		1	x				
16	Inspeccionar gramaje de adhesivo	1		5				x	
17	Laminar sustratos	1		10	x				
18	Detener maquina	1		0.16	x				
TOTAL			6 mts	34.05 min	12	2	2	3	0
TOTAL TIEMPOS (min)					18.63	0.5	9.26	5.66	0

Figura 43: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – operaciones en paralelo

Fuente: Elaboración propia

N°	Descripción de la operación - principal	N° de Operarios	Distancia en metros	Tiempo de operación (min)	SIMBOLOGÍA				
					○	⇒	⊂	□	▽
1	Recepcion de la O/T	1		1	x				
2	Revision de O/T	2		3	x				
3	Dirigirse a depositos de adhesivo y catalizador	2	3	0.25		x			
4	Extraer adhesivo y catalizador	2		5	x				
5--1	Trasladar adhesivo/catalizador a mezclador	1	3	0.25		x			
6	Cargar de adhesivos el mezclador	1		0.25	x				
7	Dirigirse a almacen de P.P.	1	3	0.25	x				
8	Busqueda de M.P.	1		3	x				
9	Revision de M.P.	1		4				x	
10	Cargar sustrato 1	1		1.5	x				
11	Trasladar sustrato 1 a maquina	1	3	0.4		x			
12--9	Montar sustrato 1 a maquina	1		2.5	x				
13	Dirigirse a almacen de P.P.	1	3	0.25	x				
14	Cargar sustrato 2	1		1.5	x				
15	Trasladar sustrato 2 a maquina	1	3	0.5		x			
16--12	Montar sustrato 2 a maquina	1		2.5	x				
17	Dirigirse a almacen de P.P.	1	3	0.25		x			
18	Cargar sustrato 2.1	1		1.5	x				
19	Trasladar sustrato 2.1 a zona de espera de lamina	1	3	0.5		x			
20--18	Espera de termino de laminacion	1		14.9			x		
21	Desmontar tuco de sustrato 2 de maquina	1		0.25	x				
22	Trasladar sustrato 2.1 a maquina	1	1	0.17		x			
23	Montar sustrato 2.1 a maquina	1		2.5	x				
24	Probar tratamiento de sustrato 2.1	1		0.33				x	
25	Empalmar lamina de sustrato 2.1	1		0.66	x				
26	Continuar con laminacion de sustratos	2		10	x				
27	Detener maquina	1		0.5	x				
28	Embalar bobina laminada	1		0.5	x				
29	Desmontar bobina laminada	1		2.5	x				
30	Trasladar a balanza	1	4	0.3		x			
31	Pesar bobina Laminada y registrar	1		0.5	x				
32	Trasladar a almacen de P.P.	1	2	0.25		x			
33	Colocar en almacen de P.P.	1		0.25	x				
TOTAL			31 mts	62.01 min	21	9	1	2	0
TOTAL TIEMPOS (min)					39.91	2.87	14.9	4.33	0

Figura 44: Diagrama de análisis de proceso del área de laminado – operaciones principales

Fuente: Elaboración propia

Situación Después (Post test)

Luego de utilizar la metodología SMED para la reducción del tiempo de preparación y cambio de bobinas en el área de laminado mediante la implementación de un carro elevador de bobinas y realizando actividades en paralelo en el DAP, se obtuvo una reducción de 23.32 minutos. Tal como se observa en la tabla 21, el tiempo inicial era de 85.33 min y en la tabla 22 el tiempo final luego de implementado el SMED bajo a 62.01 min.

Tabla 21: Tiempo de preparación y cambio de bobina – antes del SMED

DESCRIPCION	PASOS	%	Min.	%
Operación	31	66%	71.79	84.1%
Transporte	11	23%	3.55	4.2%
Demora	0	0%	0	0.0%
Inspección	5	11%	9.99	11.7%
Almacén	0	0%	0	0.0%
Total	47	100%	85.33	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Tiempo de preparación y cambio de bobina – implementado SMED

DESCRIPCION	PASOS	%	Min	%
Operación	21	64%	39.91	64.4%
Transporte	9	27%	2.87	4.6%
Demora	1	3%	14.9	24.0%
Inspección	2	6%	4.33	7.0%
Almacén	0	0%	0	0.0%
TOTAL	33	100%	62.01	100%

Fuente: Elaboración propia

Esta reducción del tiempo en un turno de trabajo se traduce en holgura de tiempo en la producción, permite realizar la misma cantidad de órdenes de trabajo por día, pero en menos horas, aumenta la producción y por ende la productividad. En la tabla 23 se muestra que por turno de trabajado se permitiría producir dos órdenes de trabajo (O/T) adicional.

Tabla 23: Comparativo de tiempos SMED

	Tiempo (Min)	Turno de trabajo (horas)	Turno de trabajo (min)	Promedio de O/T producidas
Situación Pre	85.33	10	600	7.0315
Situación Post	62.01	10	600	9.6759

Fuente: Elaboración propia

Muestra después (post test)

Luego de implementado la metodología SMED se tomaron datos de los tiempos de preparación y cambios de bobinas durante 8 semanas, obteniendo los datos expuestos en la tabla 24.

Tabla 24: Tiempos después del implementar SMED

TIEMPO (Agosto – Setiembre)	Datos muestra POST
Semana 1	67.03
Semana 2	65.67
Semana 3	63.19
Semana 4	60.78
Semana 5	61.56
Semana 6	63.25
Semana 7	62.31
Semana 8	60.76

Fuente: Elaboración propia

Resumen de resultados

En la tabla 25 se muestra el resumen de resultados obtenidos.

Tabla 25: Resumen de resultados

Hipótesis	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador VD	Pretest	Postest	Variación	%
1	PHVA	Merma	%Cantidad mermada / %Cantidad producida	10%	3%	-7%	-70%
2	Poka Yoke	Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de incidencias	2.3	0.4	-1.9	-83%
3	SMED	Tiempos de SET-UP	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial	85.2 min	63.1min	-22.1	-26%

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis de resultados.

Generalidades

En este apartado se exponen los resultados de la presente investigación tanto de los datos levantados en la situación inicial o pre test, como de los datos post test o luego de implementado las mejoras, con la finalidad de validar las hipótesis propuestas o planteadas e interpretar los resultados obtenidos a través de la estadística inferencial. Para realizar todas las pruebas se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

- Pruebas de normalidad

En las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

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

H₁: Hipótesis Alterna. -Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H₀)

Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $< 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H₁)

Por lo tanto, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

- Prueba de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H_0 : Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test

H_1 : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $< 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

Hipótesis Específica 1: Si se aplica la metodología PHVA se reducirá la merma

- Pruebas de normalidad

Muestra Pre Test y Post Test

De acuerdo a lo descrito en el punto 4.3. las muestras constan de un total de 8 datos obtenidos por promedios semanales de seis días a la semana durante el

periodo de junio a setiembre del 2021, tanto en las muestras antes (Pre test) y en las muestras después (Post test), que se obtuvieron luego de aplicar la variable independiente para esta primera hipótesis específica. Como se aprecia en tabla 26 se emparejo las semanas teniendo en cuenta el inicio en ambos casos del pre y post en sus respectivas fechas.

Tabla 26: Muestras pre test y post test para hipótesis específica 1.

TIEMPO	Merma generada PRE TEST (kg) junio-julio	Merma generada POST TEST (kg) agosto-setiembre
Semana 1	2556.513	1525.916
Semana 2	6305.872	1414.354
Semana 3	5057.958	1455.318
Semana 4	3984.608	1786.606
Semana 5	4531.020	1691.405
Semana 6	1055.792	1468.883
Semana 7	2451.000	1196.369
Semana 8	4928.000	1204.160

Fuente: Base de datos de la empresa
Elaboración propia

Prueba Pre test y Post test

En el cuadro resumen de procesamiento de casos, obtenido el programa SPSS, se verifica que, del total de 8 muestras procesadas, el 100% ha sido validadas, no hubo ningún dato perdido. Ver tabla 27.

Tabla 27: Resumen de procesamiento de datos – Merma generada Pre test y Post test

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Merma generada PRE	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
Merma generada POST	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS – elaboración propia

Estadísticos descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se logrará contar con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. Ver tabla 28.

Tabla 28: Datos estadísticos descriptivos de merma

Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Merma generada PRE	Media	3858,84538	606,096165
	Mediana	4257,81400	
	Desv. Desviación	1714,298832	
Merma generada POST	Media	1467,87638	73,339739
	Mediana	1462,10050	
	Desv. Desviación	207,436107	

Fuente: SPSS – elaboración propia

De la tabla 28, se aprecia que se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, las medidas de dispersión, de las muestras Pre test y Post test.

- Muestra Pre Test:
 - Media: 3858,84538
 - Mediana: 4257,814
 - Desviación estándar: 1714,298832
- Muestra Post Test
 - Media: 1467,87638
 - Mediana: 1462,10050
 - Desviación estándar: 207,436107

Prueba de normalidad

Por el número de muestras que se analizó (8 muestras) de la situación Pre test y la situación Post test, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad del Test de Shapiro-Wilk a través del programa de SPSS, a fin de verificar si la distribución es normal, si es paramétrica. Ver tabla 29.

Tabla 29: Prueba de normalidad de merma generada para muestras Pre test y Post test

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Merma generada PRE	,154	8	,200*	,961	8	,824
Merma generada POST	,148	8	,200*	,938	8	,592
* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors.						

Fuente: SPSS – elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determina que:

- Para las muestras Pre Test y Post Test la merma generada en el presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.824 y 0.592 respectivamente
 - Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test y Post Test provienen de una distribución normal.
- Prueba de Hipótesis

H₀: Si se aplica la metodología del PHVA en el área de laminado, entonces No se reducirá la merma generada.

H₁: Si se aplica la metodología del PHVA en el área de laminado, entonces Si se reducirá la merma generada.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas, debido a que es el mismo grupo de análisis en la muestra Pre Test y Post Test; y que, además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra emparejadas, la cual es una prueba

de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

T de Student de Muestras emparejadas

Para la prueba de T de Student de muestras emparejadas se tiene:

- Estadísticas de muestras emparejadas
- Correlaciones de muestras emparejadas
- Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas

En las estadísticas de muestras emparejadas, se observa que entre las medias de las muestras obtenidas en el Pre test y las muestras obtenidas luego de implementación de la variable independiente en el Post test, existe una diferencia significativa. Ver tabla 30.

Tabla 30: Estadísticas de muestras emparejadas para merma generada

Estadísticas de muestras emparejadas					
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	
Par 1	Merma generada PRE	3858,84538	8	1714,298832	606,096165
	Merma generada POST	1467,87638	8	207,436107	73,339739

Fuente: SPSS – elaboración propia

En las correlaciones de muestras emparejadas, se observa que el 0,027 obtenido es un valor positivo, lo que indica que es una relación directa o positiva baja. Ver tabla 31.

Tabla 31: Correlaciones de muestras emparejadas para merma generada

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Merma generada PRE & Merma generada POST	8	,027	,950

Fuente: SPSS – elaboración propia

En la prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas (ver Tabla 32), se observa que la significancia Sig es de 0,006, lo cual es menor que 0,05,

por lo tanto, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Tabla 32: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para merma generada en el área de laminado

Prueba de muestras emparejadas										
Diferencias emparejadas										
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)		
				Inferior	Superior					
Merma generada PRE –										
Par 1 Merma generada POST	2390,969	1721,319	608,578	951,91	3830,03	3,92	7	,006		

Fuente: SPSS – elaboración propia

Dado que la significancia es igual a 0.006, menor que 0,05 y respetando el criterio de evaluación, se rechazó la hipótesis nula H_0 y se aceptó la hipótesis alterna H_1 , afirmando que existe una diferencia estadística significativa entre la merma generada en el área de laminado en promedio pre test y post test respectivamente.

Por lo tanto, se concluye que: Si se implementa la metodología del PHVA en el área de laminado, entonces se reducirá la merma generada en el área de laminado.

Con lo cual, además, de todo lo antes expuesto se evidencia claramente que la implementación de la metodología del PHVA (variable independiente), tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción de la merma en el área de laminado (variable dependiente).

Hipótesis Específica 2: Si se aplica la herramienta Poka Yoke entonces se podrá prevenir errores en el proceso de fabricación

- Prueba de normalidad

Muestra Pre Test y Post Test

De acuerdo a lo descrito en el punto 4.3. las muestras constan de un total de 8 datos obtenidos por promedios semanales de seis días a la semana durante el periodo de junio a setiembre del 2021, tanto en las muestras antes (Pre test) y en las muestras después (Post test), que se obtuvieron luego de aplicar la variable independiente en esta primera hipótesis específica. Ver tabla 33.

Tabla 33: Muestras pre test u post test por errores de producción.

TIEMPO	Datos muestra PRE	Datos muestra POST
Semana 1	3	0
Semana 2	2	1
Semana 3	4	1
Semana 4	1	0
Semana 5	3	0
Semana 6	1	0
Semana 7	2	1
Semana 8	2	0

Fuente: Base de datos de la entidad.

Elaboración propia

- Prueba Pre Test y Post Test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el programa SPSS, se verifica que, del total de 8 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, no hubo ningún dato perdido. Ver Tabla 34.

Tabla 34: Resumen de procesamiento de casos – errores de producción Pre test y Post test

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Errores de Producción PRE	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
Errores de Producción POST	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS – elaboración propia

Estadísticos descriptivos

En la Tabla 35, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras Pre Test y Post Test de los errores de producción en el área de laminado como son la Media, la Mediana y la Varianza obtenidos a través del programa SPSS.

Tabla 35: Datos estadísticos descriptivos de incidencia de errores

Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Errores de Producción PRE	Media	2,2500	,36596
	Mediana	2,0000	
	Desv. Desviación	1,03510	
Errores de Producción POST	Media	,3750	,18298
	Mediana	,0000	
	Desv. Desviación	,51755	

Fuente: SPSS – elaboración propia

De la tabla 35, se aprecia que se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, las medidas de dispersión, para las muestras Pre Test y Post Test.

- Muestra Pre Test:
 - Media: 2,25
 - Mediana: 2
 - Desviación estándar: 1,0351
- Muestra Post Test
 - Media: 0,375
 - Mediana: 0
 - Desviación estándar: 0,51755

Prueba de normalidad

Por el número de muestras que se analizó (8 muestras) de la situación Pre test y la situación Post test, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad del Test de Shapiro-Wilk a través del programa SPSS, a fin de verificar si la distribución es normal, si es paramétrica. Ver tabla 36.

Tabla 36: Prueba de normalidad para datos de errores de producción Pre test y Post test

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Errores de Producción PRE	,220	8	,200*	,917	8	,408
Errores de Producción POST	,391	8	,001	,641	8	,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS – elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determina que:

Para las muestras Pre Test y Post Test de los errores de producción en el área de laminado del presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.408. y 0.000, respectivamente

El valor de la significancia de la muestra Pre Test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test SI provienen de una distribución normal.

El valor de la significancia de la muestra Post Test es menor que el valor 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Alternativa, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Post Test NO provienen de una distribución normal.

- Prueba de Hipótesis

H₀: Si se aplica la herramienta del Poka Yoke en el área de laminado, entonces
No se reducirá los errores en el proceso de fabricación.

H₁: Si se aplica la herramienta del Poka Yoke en el área de laminado, entonces
Si se reducirá los errores en el proceso de fabricación.

- Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas o emparejadas, debido a que son del mismo grupo de análisis en la muestra Pre Test y Post Test; y que además, la muestra Pre Test si proviene de una distribución normal, pero, la muestra Post Test no provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de Wilcoxon, el cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver Tabla 37, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.010, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

Tabla 37: Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La mediana de las diferencias entre Errores de Producción PRE y Errores de Producción POST es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,010	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Fuente: SPSS – elaboración propia

De acuerdo al resultado que se muestra, el número de errores en el proceso de fabricación o producción antes de la implementación del Poka Yoke, muestra una diferencia estadística significativa, con respecto a los errores en el proceso de fabricación o producción después de implementado el Poka Yoke.

Con lo cual, en este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H1: Si se implementa la herramienta del Poka Yoke en el área de Laminado, entonces se reducirá los errores en el proceso de fabricación.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación del Poka Yoke tuvo un efecto positivo y significativo en la mejora de la productividad en el área de laminado.

Hipótesis Especifica 3: Si se implementa la metodología SMED se reducirá los tiempos de set-up en el área de laminado de la empresa Mubaplast.

- Prueba de normalidad

Muestra Pre Test y Post Test

De acuerdo a lo descrito en el punto 4.3. las muestras constan de un total de 8 datos obtenidos por promedios semanales de seis días a la semana durante el periodo de junio a setiembre del 2021, tanto en las muestras antes (Pre test) y en las muestras después (Post test), que se obtuvieron luego de aplicar la variable independiente en esta primera hipótesis específica. Ver tabla 38.

Tabla 38: Muestra Pre test y Post de los tiempos de Set-Up

TIEMPO	Muestra Set-up PRE (min)	Muestra Set-up POST (min)
Semana 1	79.35	67.03
Semana 2	84.65	65.67
Semana 3	89.54	63.19
Semana 4	86.28	60.78
Semana 5	81.92	61.56
Semana 6	87.43	63.25
Semana 7	88.12	62.31
Semana 8	84.23	60.76

Fuente: Base de datos de la empresa.
Elaboración propia

Prueba Pre Test y Post Test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el programa SPSS, se verifica que, del total de 8 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, no hubo ningún dato perdido. Ver Tabla 39.

Tabla 39: Resumen de procesamiento de casos – Set-up muestras Pre test y Post test

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Set-up PRE	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
Set-up POST	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS – elaboración propia

Estadísticos Descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se cuenta con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. Ver Tabla 40.

Tabla 40: Datos estadísticos descriptivos - muestras pre y post test.

Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
SET-UP PRE	Media	85,19000	1,193171
	Mediana	85,46500	
	Desv. Desviación	3,374797	
SET-UP POST	Media	63,0688	,80096
	Mediana	62,7500	
	Desv. Desviación	2,26546	

Fuente: SPSS – elaboración propia

De la tabla 40, se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, medidas de dispersión, en las muestras Pre Test y Post Test.

- Muestra Pre Test:
 - Media: 85,19
 - Mediana: 85,465
 - Desviación estándar: 3,374797
- Muestra Post Test
 - Media: 63,0688
 - Mediana: 62,75
 - Desviación estándar: 2,26546

Prueba de normalidad

Por la cantidad de datos que se tiene (8 datos) en Pre test y Post test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través programa SPSS, a fin de verificar si la distribución es normal, si es paramétrica. Ver Tabla 41.

Tabla 41: Pruebas de normalidad para tiempos de Set-up de las muestras Pre test y Post test

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SET-UP PRE	,138	8	,200*	,967	8	,871
SET-UP POST	,218	8	,200*	,900	8	,289

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS – elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se determinar que:

- Para las muestras Pre Test y Post Test del tiempo de Set-up de maquina en el presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.871 y 0.289 respectivamente
- Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test y Post Test provienen de una distribución normal.

- Prueba de Hipótesis

H₀: Si se implementa la metodología del SMED en el área de Laminado, entonces No se reducirá los tiempos de set-up.

H₁: Si se implementa la metodología del SMED en el área de Laminado, entonces Si se reducirá los tiempos de set-up.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas, debido a que es el mismo grupo de análisis en la muestra Pre Test y Post Test; y que, además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la prueba de T de Student de muestra emparejadas, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

T de Student de muestras emparejadas

La prueba de T de Student de muestras emparejadas se tiene:

- Estadísticas de muestras emparejadas
- Correlaciones de muestras emparejadas
- Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas

En las estadísticas de muestras emparejadas, se observa que entre las medias para las muestras obtenidas en el Pre test y las muestras obtenidas luego de implementación de la variable independiente en el Post test, existe una diferencia significativa. Ver tabla 42.

Tabla 42: Estadísticas de muestras emparejadas para tiempos de Set-up promedio

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par	Set-up PRE	85,19000	8	3,374797	1,193171
1	Set-up POST	63,0687	8	2,26546	,80096

Fuente: SPSS – elaboración propia

En las correlaciones de muestras emparejadas, se observa que el -0.396 obtenido es un valor negativo, lo que indica que es una relación indirecta o negativa baja. Ver tabla 43.

Tabla 43: Correlaciones de muestras emparejadas para tiempos de Set-up promedio

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Set-up PRE & Set-up POST	8	-,396	,332

Fuente: SPSS – elaboración propia

En la prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas (ver Tabla 44), se observa que la significancia Sig. es de 0,000, lo cual es menor que 0,05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Tabla 44: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para los tiempos de Set-up promedio

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Set-up PRE – Set-up POST	22,121	4,750	1,679	18,149	26,093	13,17	7	,000

Fuente: SPSS – elaboración propia

Dado que la significancia es igual a 0.000, menor que 0,05 y respetando el criterio de evaluación, se rechazó la hipótesis nula H0 y se aceptó la hipótesis alterna H1, afirmando que existe una diferencia estadística significativa entre el tiempo de Set-up de máquina en promedio pre test y post test respectivamente.

Por lo tanto, se llegó a concluir que: Si se implementa la metodología del SMED en el área de laminado, entonces se reducirá los tiempos de set-up en el área de laminado.

Con lo cual, además, de todo lo antes expuesto se evidencia claramente que la implementación de la metodología SMED (variable independiente), tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción del tiempo de set-up en el área de laminado. (variable dependiente).

Resumen de resultados

Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla 45, lo cuales indican que se incrementó la productividad en el área de laminado.

Tabla 45: Resumen de resultados

Hipótesis	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador VD	Pretest	Postest	Variación	%
1	PHVA	Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida	10%	3%	-7%	-70%
2	Poka Yoke	Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de Incidencias	2.3	0.4	-1.9	-83%
3	SMED	Tiempos de SET-UP	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial	85.2min	63.1min	-22.1min	-26%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. La implementación de la metodología PHVA redujo la merma que se generaba por material defectuoso, incrementado la productividad en un 70% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación, logrando el objetivo establecido en la investigación.
2. La implementación de la herramienta Poka Yoke contribuyó a reducir los errores de proceso el cual se tradujo en una mejora de la productividad del 83% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación.
3. Aplicando la metodología SMED se logró mejorar los tiempos de Set-up en la preparación de máquina y los cambios de bobinas entre trabajos de laminación, reflejándose en una mejora de la productividad de un 26% entre los periodos de pre test y post test en la cual se realizó la investigación.
4. La implementación de la metodología Lean Manufacturing logró incrementar la productividad, mejorar el área y hacer más eficiente sus procesos.

RECOMENDACIONES

1. Respetar el nuevo proceso implementado de rebobinado de los materiales antes de entrar al proceso de laminado, puesto que, si bien es un proceso agregado dentro del flujo, este refleja un impacto importante en la productividad de cada lote elaborado.
2. Seguir suministrando a los maquinistas las etiquetas con la nueva información implementada, y los plumones o solución de tratamiento para mantener un control adecuado y evitar errores de procesos.
3. Entregar equipos idóneos para el desempeño de sus funciones a los colaboradores, sumándole mejoras en el ámbito de salud ocupacional y rendimiento del personal.
4. Replicar a las demás áreas de la empresa la implementación del Lean Manufacturing, ya que los procesos productivos se interrelacionan entre sí y necesitan alinearse con un mismo objetivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Falconi, A. H. (2014). *“Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico”*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
- Álvarez Risco, A. (2020). *Justificación de la Investigación*. Facultad De Ciencias Empresariales Y Económicas Carrera De Negocios Internacionales 2020- Universidad De Lima, 3.
- Bermejo Diaz, José Leonardo (2019). *Lean Manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas* (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
Recuperado de:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10588/Bermejo_dj.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Cameron, G. (2021, 1 mayo). *El futuro de los envases flexibles globales hasta 2026*. SMITHERS. <https://www.smithers.com/services/market-reports/packaging/future-of-global-flexible-packaging-to-2026>
- Christensen, C., M.Betz, K., & S.Stein, M. (2013). *The Certified Quality Process Analyst* (Segunda Edición ed.). Quality Press.
- Cuatrecasas, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones. Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Editorial Díaz Santos. España.
- Daniel T. Jones y James P. Wonack (2003). *“Lean Thinking – La máquina que cambio al mundo”*. Editorial: Gestión 2000.
- Euromonitor Consulting. (2019). *Cuota de participación global, 2018* [Grafico]. <https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/el-futuro-del-empaque-tendencias-para-el-2020>.
- Evans R. y Lindsay M. (2008). *“Administración y control de la calidad. México”*
- Francisco Madariaga (2013). *“Lean Manufacturing – Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos”*. George Grantham Bain Collection.
- Freivalds, A., & W.Niebel, B. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel. Métodos, estándares y diseño de trabajo* (Décimo tercera ed.). McGraw-Hill Education.
- Guevara Cárdenas, D. M. (2019, diciembre). *Tendencias para 2020 para la industria del empaque*. El empaque + conversión. <https://www.eempaques.com/temas/El-futuro-del-empaque,-tendencias-para-el-2020+132621>.

- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. (Tercera edición ed.). México: McGraw-Hill.
- Hedrick, T. E., Bickman, L., & Rog, D. J. (1993). *Applied research design: A practical guide* (Vol. 32). Sage Publications.
- J. (2021, 17 mayo). *Poka Yoke*. Blog de la Calidad. <https://blogdelacalidad.com/poka-yoke-2/>
- Juan Hernández y Antonio Viza (2013). “*Lean Manufacturing – Concepto, técnicas e implementación*”. España.
- Kirk, R. (1995). *Experimental design*. Texas: Brooks/Cole
- Kogyo Shimbun, N., & Hirano, H. (1991). *Poka-yoke: mejorando la calidad del producto evitando los defectos*. Madrid: *Tecnologías de Gerencia y Producción*. Recuperado el 20 de noviembre de 2019.
- Kotler, P., & Lane Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing* (Décimo cuarta ed.). Pearson Education.
- Lema, H. (2014). “*Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta*”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú”.
- Luis Socconini. (2008). *Lean Manufacturing: Paso a Paso*. España: Grupo Editorial Norma.
- Ortiz Tafur, J. G. (2017). “*Aplicación del ciclo Deming para mejorar la calidad en la producción de la Línea Automotriz de la empresa Farco Perú S.A.C.*” Puente Piedra. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima
- Parada, C. (2003). *La aplicación del justo a tiempo como elemento básico en la agilización del proceso de compras*. TESIS, Universidad Tecnológica del Salvador., El Salvador.
- Pertuz, A. (2018) en su tesis titulada: *Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempos de alistamiento (Set Up) en máquinas encapsuladoras de una empresa farmacéutica en la ciudad de Barranquilla.*, desarrollada en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – Colombia.
- Productos – Mastercol. (s. f.). MASTERCOL. Recuperado 27 de junio de 2021, de <http://www.mastercol.pe/productos/>
- Rafael Cabrera. (2012). *Poka Yoke: Magia O Técnicas Para Prevenir Errores y Defectos*. Español: EAE Editorial Academia Español.
- Rajadell y Sánchez. (2010). *Lean Manufacturing La Evidencia de una necesidad*. Cataluña, España.

- Robinson, H. (1997). *Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection. Proceeding of the Sixth Annual Conference on Software Testing, Analysis and Review*, 119–142.
- Samanez Vera, M. A. (2017). "Propuesta de Implementación del Ciclo Deming para Mejorar la Eficiencia en la Gestión del Área de Compras en la Empresa Fejucy SAC.". Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte, Lima.
- Sánchez P. y Cárdenas J. (s.f.) "Implementación de Mejora Continua Aplicando la Metodología PHVA de la empresa International Bakery S.A.C.". Recuperado de http://www.usmp.edu.pe/PFII/pdf/20141_8.pdf.
- SAMUELSON, A. P. y NORDHAUS, W. D. (2002). *Macroeconomía* (17ª ed.). Recuperado el 10 de enero 2017, de <https://www.casadellibro.com/libro-macroeconomia-17-ed/9788448137298/842778>.
- Soliz Cadillo, C. J. (2018). "Implementación de la herramienta Poka Yoke para mejorar la productividad en el área de producción en la Empresa BERAMED E.I.R.L." https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32613/Soliz_CCJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soraluz Nieto, M. T. (2020). "Plan de mejora continua mediante el ciclo PHVA para aumentar la productividad de la empresa cerámicos Lambayeque S.A.C." <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7738/Soraluz%20Nieto%2C%20Marianda%20Teresita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SMITHERS. (s. f.). *Global flexible packaging consumption, percentage share by geographic region, 2016* [Grafico]. SMITHERS <https://www.smithers.com/resources/2018/jan/what-s-causing-a-shift-to-flexible-packaging-types>.
- Taiichi Ohno. (1991). *El sistema de producción Toyota más allá de la producción a gran escala. España: Gestión 2000*.
- Vera C. (2014) en su tesis titulada: "implementación de las técnicas smed en el montaje de matrices en el área de metalistería de la planta mabe ecuador", desarrollada en Universidad de Guayaquil – Ecuador.
- Villaseñor, A., & Galindo E., (2007). *Manual de lean manufacturing: Guía básica*. México. Editorial Limusa.
- W. Edwards Deming (1989). "Calidad, productividad y competitividad – la salida de la crisis". España.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster: Primera edición.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Tabla 46: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicador VI	Variable Dependiente	Indicador VD
¿Cómo mejorar la productividad mediante la implementación de lean Manufacturing en el área de laminado en la empresa Mubaplast?	Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de laminado de la empresa Mubaplast	Si se implementa Lean Manufacturing se mejorará la productividad del área de laminado en la empresa Mubaplast	Lean Manufacturing	-	Productividad	-
Problema Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicos	Dimensiones	Indicador VI	Dimensiones	Indicador VD
¿Cómo reducir la merma mediante la aplicación de la metodología PHVA?	Aplicar la metodología PHVA para reducir la merma	Si se aplica la metodología PHVA se reducirá la merma	PHVA	SI / NO	Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida
¿Cómo prevenir errores en el proceso de fabricación mediante la aplicación de la herramienta POKA YOKE?	Aplicación la herramienta POKA YOKE para prevenir errores en el proceso de fabricación	Si se aplica la herramienta Poka Yoke entonces se podrá prevenir errores en el proceso de fabricación	Poka Yoke	SI / NO	Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de incidencias
¿Cómo reducir los tiempos set-up en el mediante la implementación metodología SMED?	Implementar la metodología SMED para reducir los tiempos de set-up	Si se implementa la metodología SMED se reducirá los tiempos de set-up	SMED	SI / NO	Tiempos de SET-UP	Tiempo set-up actual / Tiempo de Cambio inicial

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Matriz de operacionalización.

Tabla 47: Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Indicador VI	Definición Conceptual	Definición Operacional que (indicadores se va a trabajar, como lo vas hacer, mediante qué? Como vamos a lograr trabajar las dimensiones, no va autores
PHVA	SI / NO	“Modelo para la mejora continua de procesos. Al desarrollar un plan de acción medible, se pueden tomar decisiones basadas en hechos, poniendo el plan en acción”. The certified Quality Process Analyst (2019)	El ciclo PHVA se usará como herramienta de mejora para reducir la merma en el proceso. Se medirá mediante el indicador de cantidad de mermada sobre la cantidad producida. Se analizará el proceso de laminado utilizando herramientas como Pareto e Ishikawa para complementar.
Poka Yoke	SI / NO	“Dispositivo a prueba de errores que impide la generación de defectos o hace muy fácil su detección” Guerrero, J. (2016)	La herramienta Poka Yoke se utilizará para detectar que tipo de errores operacionales o de información se presentan en el área. Sera representado por el indicador de cantidad de incidencias. Se analizará los tipos de errores mediante la herramienta del 5 porque para detectar la causa raíz.
SMED	SI / NO	“Metodología que tiene como objetivo la reducción de los tiempos de preparación en un proceso productivo. Es decir, el tiempo que se requiere para preparar una máquina o célula de trabajo para pasar de producir de un producto a otro distinto” Según Socconini (2017)	La metodología SMED se aplicará a los tiempos de cambio y preparación de máquina, buscando que reducirlos. Se medidas mediante el tiempo de set-up actual entre el Tiempo de setup a la inicial. Este proceso se analizará en base a los pasos de implementación del SMED buscando que eliminar actividades o volverlas paralelas.
Variable Dependiente	Indicador VD	Definición Conceptual	Definición Operacional
Merma	% Cantidad mermada / Cantidad producida	“Perdida física en el volumen, peso o cantidad de las existencias, ocasionada por causas inherentes a su naturaleza o al proceso productivo.” (Ferrer, 2010)	Cantidad expresada en kilos que se desecha en el proceso, por motivo de defectos en el proceso, mal almacenamiento y/o transporte y defectos provenientes de otras áreas.
Errores en el proceso de fabricación	Cantidad de incidencias	“Los errores son inevitables; las personas son humanos y no se pueden esperar que estén concentrados todo el tiempo, o siempre entender completamente las instrucciones que se les ha dado.” (Fisher, 1999).	Son las equivocaciones que suceden en el área por información incompleta, errónea o una comunicación no eficiente.
Tiempos de SET-UP	Tiempo set-up actual / Tiempo Set-up inicial	“Se entiende por Setup o Tiempo de preparación de máquina o Tiempo de alistamiento al tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente. Teniendo en cuenta la definición anterior, es importante destacar que el Setup no es sólo el tiempo de cambio y ajustes físicos de la maquinaria.” Instituto Nacional de Tecnología industrial (Ing. Marcos Rodríguez)	Son los tiempos de preparación de máquina y el montaje y desmontaje de los sustratos a trabajar.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Reporte de Proceso de Extrusión.

MPB-SG-FO-036 v3.0



OP: _____
 CANTIDAD: #|REF| Kg
 CANTIDAD: #|REF| m
 FECHA: / /

REPORTE DE PROCESO DE EXTRUSIÓN

CLIENTE: # REF	TIPO DE TRABAJO: <input type="checkbox"/> NUEVO <input checked="" type="checkbox"/> REPETIDO	MAQ: <input checked="" type="checkbox"/> HGR <input type="checkbox"/> COEX
DISEÑO: # REF	TRATAMIENTO: _____	
CÓD PY: # REF	FRACCIONADO: _____ TOTAL: _____	
ESTRUCTURA: # REF	TOLERANCIA	
MEDIDA: # REF mm x # REF mic MIN: 940.00 mm	ITEM	ANCHO
CANTIDAD: # REF MIN: # REF	MAX	ESPESOR
DETALLE: # REF	MIN	GR/M2
FORMULACION	INICIO SET UP _____	
USO GENERAL	FIN SET UP _____	
USO PESADO	DETALLES DEL CAMBIO:	
METALOCENO	_____	
LINEAL	_____	
A / PROCESO	_____	
SLIP	_____	
EVA	_____	
ANTIBLOCK	_____	
BIO	_____	
UV	_____	
COLOR	_____	
TOTAL	SIGUIENTE PROCESO: _____	

BOBINAS PROCESADAS									
Nº BOB	Peso bruto (kg)	Tuco (kg)	Peso neto (kg)	MAQUINISTA	FECHA INICIO	HORA INICIO	FECHA FINAL	HORA FINAL	Gramaje total (gr/m2)
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2
	Kg	Kg	Kg			:		:	gr/m2

MAQUINISTA 1: _____ MAQUINISTA 2: _____ SUPERVISOR: _____

CONDICIONES DE MAQUINA

Temperatura de zonas °C

ZONA 01	ZONA 02	ZONA 03	ZONA 04	ZONA 05	ZONA 06	ZONA 07	ZONA 08	ZONA 09

MOTOR PRINCIPAL	RPM		POTENCIA TRATADO		MAQUINISTA			
	AMP		DINAS EN LAMINA		CHANCACIA	Kg	Kg	Kg
	HZ				REGULACIÓN	Kg	Kg	Kg
VELOC. DEL JALADOR			VELOC. DEL BOB. 01		PROCESO	Kg	Kg	Kg
VELOC. DE PREJALADO			VELOC. DEL BOB. 02		OTROS	Kg	Kg	Kg
RPM DEL VENTILADOR			IBC ENTRADA		MOTIVO:	Kg	Kg	Kg
			IBC SALIDA					

CONTROL DE CALIDAD				
Nº BOB	MAQUINISTA	ANCHO	TRATAMIENTO	OBSERVACION
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

COMENTARIOS:

OBSERVACIONES DE CALIDAD

Anexo 4: Reporte Proceso de Impresión.

Fecha de entrega de OP: #N/D

CANTIDAD #N/D m
FECHA: / /

REPORTE DE PRODUCCION - IMPRESION

CLIENTE:	#N/D
PRODUCTO:	#N/D
ESTRUCTURA:	#N/D
COD PT:	#N/D
MATERIAL:	#N/D
MATERIAL ADICIONAL A UTILIZAR:	#N/D
OBSERVACIONES:	
SIGUIENTE PROCESO	
ELABORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	
MAQUINISTA:	
AYUDANTES:	
INDICAR SI LA CANTIDAD A PRODUCIR SE REALIZÓ EN SU TOTALIDAD O ES SOLO UN PARCIAL: PARCIAL TOTAL	

DATOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	
CLASIFICACIÓN:	#N/D
SENTIDO FINAL:	#N/D
CILINDRO:	#N/D
CANTIDAD COLORES:	#N/D
TIPO IMPRESIÓN:	#N/D
FRECUENCIA:	#N/D
BANDAS:	#N/D
REPETICIONES:	#N/D
ESPESOR CYREL:	#N/D
TIPO DE TINTA:	#N/D

GRAMAJE TOTAL:	gr/m2
GRAMAJE TINTA:	gr/m2
TURNOS:	PRIMER SEGUNDO
VELOCIDAD (m/min):	m/min

ES INDISPENSABLE QUE COLOQUE EL SCRAP GENERADO. POR FAVOR, ANÓTE

REGULACIÓN	FALLA C/IMPRESIÓN	FALLA S/IMPRESIÓN	OTROS	TOTAL
Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Detalle:	Detalle:	Detalle:	Detalle:	

N°BOB	PESO (Kg)	N° BOB (IM)	PESO BRUTO (Kg)	PESO TUCO (Kg)	PESO NETO (Kg)	LONGITUD NETO (m)	SI SOBRO SALDO DE LA BOBINA VIRGEN, O BOBINA RECHAZADA POR FAVOR ANÓTELO
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
	kg	IM -	kg	kg	Kg	m	Kg
TOTAL:					Kg	m	

04/11/2021 22:15 JBS

ESTANDARIZACIÓN

EST	COLOR	VISCOSIDAD	ANIOX	ADHESIVO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

T. COLORES	°C
T. TUNEL	°C
DISTORSION	
TENSION DESB.	kg
TENSION PISADOR	kg
TENSION BALANCIN	kg
TENSION EMBOB	kg

DETALLE DE OBSERVACIONES REALIZADAS DURANTE LAS OPERACIONES			
EVENTUALIDADES DURANTE EL SETUP:		HORA DE INICIO:	HORA DE TÉRMINO:
EVENTUALIDADES DURANTE LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO:		HORA DE INICIO:	HORA DE TÉRMINO:

LIMPIEZA DE MAQUINA	SI	NO	COMENTARIOS
POLINES			
ZONA DE DESEMBOBINADO			
ZONA DE EMBOBINADO			
ZONA DE OLLAS DEL 01 AL 04			
ZONA DE OLLAS DEL 05 AL 08			
ZONA DE ESTACIONES DEL 01 AL 04			
ZONA DE ESTACIONES DEL 05 AL 08			

V°B° SUPERVISOR

MAQUINISTA EJECUTOR

Anexo 5: Reporte de Proceso de Laminado.



REPORTE DE PRODUCCION - LAMINADO

OP: _____
 CANTIDAD: #N/D Kg
 FECHA: / /
 TURNO: _____

CLIENTE:	#N/D							
ESTRUCTURA:	#N/D		TIPO DE TRABAJO:	#N/D				
PRODUCTO:	#N/D							
CÓDIGO PT:	-	FECHA DE INGRESO DE OP:	#N/D					
MATERIAL 1: (M1)	-	FECHA DE ENTREGA DE OP:	#N/D					
MATERIAL 2: (M2)	-	TIPO DE ESTRUCTURA:	<input checked="" type="checkbox"/> BILAMINADO <input checked="" type="checkbox"/> TRILAMINADO					
MATERIAL 3: (M3)	-	PESO POR BOBINA:	#N/D Kg					
SIGUIENTE PROCESO	-							
PESO M1:	-	METRAJE M1:	-	DIMENSIONES DEL PRODUCTO:				
PESO M2:	-	METRAJE M2:	-	LARGO: #N/D mm				
PESO M3:	-	METRAJE M3:	-	FRECUENCIA: #N/D mm				
MAQUINISTA:		INICIO SETUP:	:					
		FIN SETUP:	:					
AYUDANTE:		INICIO PRODUC:	:					
		FIN PRODUC:	:					
OBSERVACIONES Y MOTIVOS DE INCIDENCIAS				HORA INICIO				
				HORA FINAL				
HORA INICIO	HORA FIN	MATERIAL 01		MATERIAL 02	# BOBINA LAMINADA	PESO NETO	METROS	GRAMAJE ADHESIVO
		# BOB	PESO (Kg)	# BOB	PESO (Kg)			
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2
			Kg		Kg		m	g/m2

REGISTRO DE SUSTRATOS

MATERIAL	LOTE	RECIBIDO (KG)	UTILIZADO (KG)	SALDO (KG)

REGISTRO DE ADHESIVO / CATALIZADOR

MATERIAL	LOTE	CONSUMO (KG)	RELACION MEZCLA	
			ADHESIVO	CATALIZADOR
		Kg		
		Kg		
		Kg		

CONDICIONES OPERACIÓN

CONDICIONES OPERACIÓN		REGISTRO SCRAP	
VELOCIDAD	m/min	FALLA DE MATERIAL	kg
TENSION	EMBOBINADO	FALLA DE IMPRESIÓN	kg
	DESEMBOBINADO 01	FALLA DE LAMINADO	kg
	DESEMBOBINADO 02	OTROS	kg
TEMPERATURA	RODILLO LAMINADOR	MOTIVO:	kg
	RODILLO DOSIFICADOR 1	MOTIVO:	kg
	RODILLO DOSIFICADOR 2	TOTAL	kg

LIMPIEZA DE MAQUINA & COMPONENTES

zona de desembobinador	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
rodillos de traslado	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
zona de materiales	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
perifericos maquina	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Anexo 6: Etiqueta del área de extrusión luego de implementar el Poka Yoke.

MUBAPLAST

AREA EXTRUSION

OP: PT: CLIENTE: DISEÑO: MEDIDA: COLOR: CRISTAL <input type="checkbox"/> BLANCO <input type="checkbox"/> AZUL <input type="checkbox"/> VERDE <input type="checkbox"/> NEGRO <input type="checkbox"/> BL/NEG <input type="checkbox"/> PESO: N° BOBINA: MAQUINISTA: MAQUINA: FECHA:	ESTRUCTURA MONOCAPA <input type="checkbox"/> BILAMINADO <input checked="" type="checkbox"/> TRILAMINADO <input type="checkbox"/> TETRALAMINADO <input type="checkbox"/> TIPO PELICULA LAMINA <input checked="" type="checkbox"/> MANGA <input type="checkbox"/> TIPO TRATADO TOTAL INTERNA <input checked="" type="checkbox"/> TOTAL 1 CARA <input type="checkbox"/> MITAD <input type="checkbox"/> AISLADO 4 PULG CENTRO <input type="checkbox"/> A LA DERECHA <input type="checkbox"/> MITAD A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> ADITIVOS: PEBD-UG <input checked="" type="checkbox"/> PEBD-UP <input type="checkbox"/> LINEAL <input type="checkbox"/> METALOCENO <input checked="" type="checkbox"/> A/P <input checked="" type="checkbox"/> ANTIBLOCK <input type="checkbox"/> SLIP <input type="checkbox"/> UV <input type="checkbox"/> BIODEGRADA <input type="checkbox"/> EXAMOVIL <input type="checkbox"/> EVA <input type="checkbox"/> PROCESO SIGUIENTE IMPRESIÓN <input type="checkbox"/> LAMINADO <input type="checkbox"/> SELLADO <input type="checkbox"/>
--	---

Anexo 7: Etiqueta del área de impresión luego de implementar el Poka Yoke.

Muba Plast


IMPRESORA

CLIENTE _____
 N°ORDEN _____ HORA _____
 DISEÑO _____
 MEDIDA _____ GRAMAJE TINTA _____
 PESO _____ METROS _____
 OP: EXTRUSOR _____
 OP: IMPRESOR _____
 FECHA _____

SIGUIENTE PROCESO :

<input type="checkbox"/> REPRINT	<input type="checkbox"/> CORTE/DOBLADO
<input type="checkbox"/> REBOBINADO	<input type="checkbox"/> LAMINADO
<input type="checkbox"/> DESPACHO	

Anexo 8: Etiqueta del área de laminado luego de implementar el Poka Yoke.

 Muba Plast

BILAMINADO

CLIENTE _____

MEDIDA _____

PESO _____ N° DE BOBINA: _____

DISEÑO _____

N° ORDEN _____ METROS _____

OP: EXTRUSOR _____

OP: IMPRESOR _____

OP: LAMINADOR _____

FECHA _____ HORA: _____

SIGUIENTE PROCESO:

<input type="checkbox"/> Trilaminado	<input type="checkbox"/> Otro: _____
<input type="checkbox"/> Corte/Habilitado	<input type="checkbox"/> Despacho

Anexo 9: Permiso firmado por la empresa.



Señores:

Universidad Ricardo Palma
Av. Alfredo Benavides 5440, Santiago de Surco 15039

Presente:

Unidad de Grados y Títulos.

Estimados Señores:

La empresa Bethlehem Enterprises S.A.C. con RUC 20517914798 y nombre comercial Mubaplast, autoriza al señor Garry Pezo Rojas identificado con número de DNI 46771055 el uso de registros fotográficos, data de los procesos y uso del nombre comercial en su tesis titulada "Implementación del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de laminado de la empresa Mubaplast", para fines educativos y exclusivos de la misma.

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

Atentamente,

BETHLEHEM ENTERPRISES S.A.C.
RUC: 20517914798
.....
JOUDEH MUBARAK SHEHADEH
GERENTE GENERAL
DNI: 40614234