

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PORTAPAPELES
EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICOS, USANDO
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA:

Susan Marisol Mendoza Solorzano

ASESOR:

Ing. Mariano Orlando Guillén Zénder

Lima, diciembre, 2021

DEDICATORIA

Para mis amados padres, quienes desde pequeña me enseñaron a ser la mejor versión de mí misma, y con quienes soñé siempre mi título universitario.



AGRADECIMIENTOS

Agradecida siempre con Dios, por darme la fortaleza necesaria para culminar mis estudios y por brindarme oportunidades en mi vida que me permiten seguir creciendo profesionalmente.

Agradecida con mi querida familia y mi amado esposo, por animarme cada día en cumplir mis metas personales y por brindarme su apoyo en las decisiones que tomo.

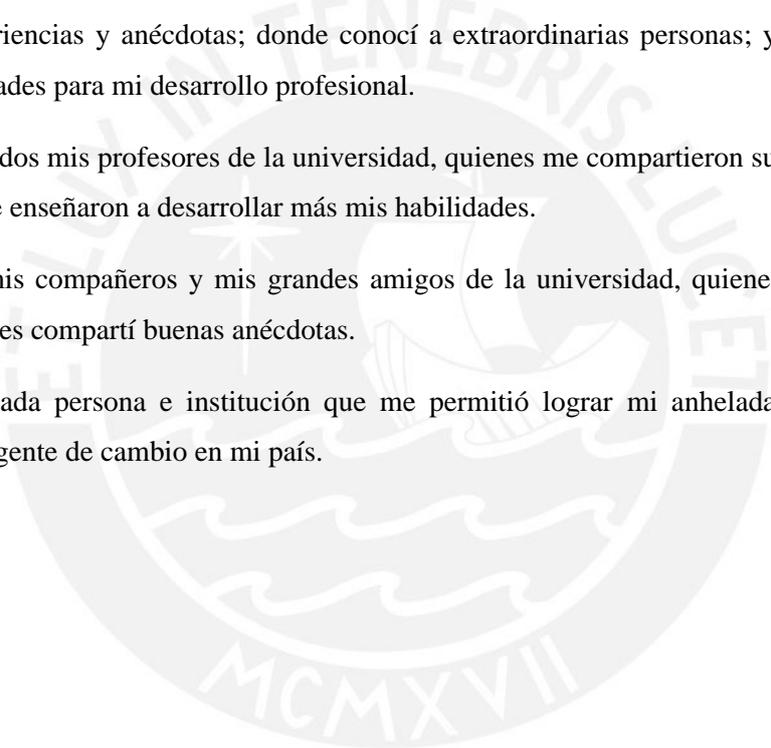
Agradecida con mi excelente asesor, el Ing. Mariano Guillén, por su paciencia y dedicación por vernos como grandes profesionales, y por motivarnos en lograr nuestros sueños.

Agradecida con mi querida universidad, Pontificia Universidad Católica del Perú, en donde tuve inolvidables experiencias y anécdotas; donde conocí a extraordinarias personas; y donde aproveché muchas oportunidades para mi desarrollo profesional.

Agradecida con todos mis profesores de la universidad, quienes me compartieron sus conocimientos y experiencias, y me enseñaron a desarrollar más mis habilidades.

Agradecida con mis compañeros y mis grandes amigos de la universidad, quienes me brindaron su apoyo y con quienes compartí buenas anécdotas.

Agradecida con cada persona e institución que me permitió lograr mi anhelada meta de ser una profesional y un agente de cambio en mi país.



RESUMEN

La presente tesis se basa en la mejora del proceso de fabricación de portapapeles en una pequeña empresa, perteneciente a la industria de confecciones de plástico. Asimismo, la finalidad de este trabajo es implementar las herramientas de *Lean Manufacturing* para mejorar el proceso productivo de la empresa e incrementar sus utilidades, como también analizar si el proyecto es viable económicamente.

En primer lugar, se definen las herramientas de análisis de procesos y de *Lean Manufacturing*; esto permite tener una idea de lo que se está trabajando durante todo el desarrollo de la tesis. Luego, se utilizan estrategias de ingeniería para determinar los problemas principales: el deficiente nivel de producción y los productos defectuosos; además, se aplica la teoría de los 7+1 desperdicios, para identificar las actividades que no son aprovechadas en su totalidad, debido a los desperdicios generados en ellas. Por otro lado, para determinar las causas de este problema principal hallado, se realiza el diagrama de Ishikawa, con ayuda del desarrollo de la técnica de “los 5 Porqués”. Esto permite identificar las causas raíz en cada recurso, entre ellos, las máquinas, el material, el método, la medida y los operarios. Además, se elabora el diagrama de Pareto para identificar las causas principales.

Después, se analizan las herramientas de *Lean Manufacturing* a utilizar: Andón y Jidoka, celdas de manufactura y Poka Yoke; además, la estrategia ergonómica usada en algunas actividades, como también otras contramedidas escogidas. Se plantean soluciones para cada desperdicio hallado, con el objetivo de minimizarlos o, en el mejor de los casos, eliminarlos. Se logra con la aplicación de todas estas herramientas una producción extra anual de 5,550 cajas de portapapeles, lo que equivale a un ingreso anual de S/. 60,672.

Se evalúa el impacto positivo en los siguientes indicadores: Utilización de la planta y OEE. Se logra la propuesta de aumentar la Utilización en al menos 90%, ya que después de aplicar las propuestas de mejora con las herramientas *Lean*, este indicador se incrementa al 97%. Asimismo, el indicador OEE alcanza un valor del 91%, mayor al valor aceptable de por lo menos 85%.

Finalmente, se evalúa el impacto económico de la propuesta de mejora, es decir, se calcula la inversión que se debe realizar para implantar las herramientas analizadas y su viabilidad económica. Se concluye que esta propuesta sí es viable en un horizonte de dos (02) años, ya que la inversión inicial realizada de S/. 116,287 genera un valor presente neto (VPN) de S/. 11,208, mayor a 0; una tasa interna de retorno (TIR) de 22%, mayor a la tasa de descuento (COK) brindado por el gerente general de 15%; y un indicador de beneficio/costo (B/C) de 1.08, lo que significa que por cada sol invertido en el proyecto se va a recibir una ganancia de 0.08 soles.

Índice General

Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	2
1.1. Procesos	2
1.1.1. Definición	2
1.1.2. Tipos de procesos.....	2
1.1.3. Elementos de un proceso.....	3
1.2. Mejora continua de los procesos	4
1.2.1. Círculo de Deming.....	4
1.3. Herramientas de análisis de procesos	5
1.3.1. Diagrama de flujo.....	5
1.3.2. Tormenta de ideas.....	6
1.3.3. Diagrama de Pareto	6
1.3.4. Diagrama causa y efecto	7
1.4. Estudio del trabajo.....	8
1.4.1. Medición del trabajo	8
1.4.2. Balance de línea.....	8
1.4.3. Ergonomía	9
1.5. Lean Manufacturing	10
1.5.1. Definición de <i>Lean</i>	10
1.5.2. Estrategias de <i>Lean Manufacturing</i>	11
1.5.3. Principios de <i>Lean Manufacturing</i>	12
1.5.4. Los 7+1 desperdicios	12
1.5.5. Diagnóstico <i>Lean</i>	14
1.5.5.1. VSM Mapa de cadena de valor	14
1.5.5.2. Estandarización del trabajo.....	17
1.5.5.3. Poka Yoke	18
1.5.5.4. Gestión de restricciones / <i>Takt Time</i>	18
1.5.5.5. Andón y Jidoka.....	19
1.5.5.6. Justo a tiempo (JIT)	20
1.5.5.7. Flujo continuo mediante células en U	21
1.5.6. Indicadores de desempeño relacionados a <i>Lean Manufacturing</i>	22

1.5.6.1.	Utilización de la capacidad de planta.....	22
1.5.6.2.	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	23
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA		27
2.1.	Descripción de la empresa.....	27
2.1.1.	Sector y actividad económica	27
2.1.2.	La empresa	27
2.1.3.	Proveedores, clientes y productos principales.....	28
2.1.4.	Perfil organizacional y principios empresariales	28
2.1.5.	Organización actual de la empresa	30
2.1.6.	Instalaciones y medios operativos	30
2.1.6.1.	Distribución de planta.....	30
2.1.6.2.	Tipo de producción	31
2.1.6.3.	Maquinaria	32
2.1.6.4.	Materia prima	32
2.1.7.	Mapa de procesos	32
2.2.	Diagnóstico de la empresa	34
2.2.1.	Selección del proceso principal de la empresa	34
2.2.2.	Selección de la familia principal de productos	34
2.2.3.	Selección del producto estrella	37
2.2.4.	VSM actual de la empresa	45
2.2.5.	Determinación del <i>takt time</i>	47
2.2.6.	Descripción e identificación de los 7+1 desperdicios.....	48
2.2.6.1.	Transporte	49
2.2.6.2.	Tiempo de espera	49
2.2.6.3.	Defectos	49
2.2.6.4.	Movimientos innecesarios.....	50
2.2.7.	Evaluación ergonómica.....	51
2.2.8.	Análisis de la utilización de la capacidad de planta	52
2.2.9.	Análisis del OEE.....	54
2.2.10.	Listado de problemas.....	55
2.2.11.	Determinación de las causas principales	57
2.2.12.	Determinación de las contramedidas	69
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA		71
3.1.	Implementación de la propuesta ergonómica	73
3.1.1.	Objetivo.....	73

3.1.2. Capacitación	73
3.1.3. Planteamiento de la situación actual	73
3.1.4. Planteamiento de la mejora propuesta	75
3.1.5. Otras propuestas de mejora	77
3.1.6. Plan de implementación y cronograma	78
3.1.7. Supervisión y control	81
3.1.8. Beneficios	81
3.2. Implementación de la metodología Andón y Jidoka.....	83
3.2.1. Objetivo.....	84
3.2.2. Capacitación	84
3.2.3. Planteamiento de la situación actual.....	84
3.2.4. Planteamiento de la mejora propuesta	85
3.2.5. Plan de implementación y cronograma	86
3.2.6. Supervisión y control	88
3.2.7. Beneficios	88
3.3. Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U.....	89
3.3.1. Objetivo.....	90
3.3.2. Capacitación	90
3.3.3. Planteamiento de la situación actual.....	90
3.3.4. Planteamiento de la mejora propuesta	92
3.3.5. Plan de implementación y cronograma	95
3.3.6. Supervisión y control	97
3.3.7. Beneficios	97
3.4. Implementación de la metodología Poka Yoke	100
3.4.1. Objetivo.....	100
3.4.2. Capacitación	100
3.4.3. Planteamiento de la situación actual.....	101
3.4.4. Planteamiento de la mejora propuesta	102
3.4.5. Plan de implementación y cronograma	103
3.4.6. Supervisión y control	104
3.4.7. Beneficios	105
3.5. Implementación de la propuesta de Automatización Industrial.....	106
3.5.1. Objetivo.....	107
3.5.2. Capacitación	107
3.5.3. Planteamiento de la situación actual.....	107

3.5.4. Planteamiento de la propuesta de mejora	108
3.5.5. Plan de implementación y cronograma	109
3.5.6. Supervisión y control	111
3.5.7. Beneficios	111
3.6. Implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima.....	113
3.6.1. Objetivo.....	113
3.6.2. Capacitación	113
3.6.3. Planteamiento de la situación actual.....	114
3.6.4. Planteamiento de la propuesta de mejora	114
3.6.5. Plan de implementación y cronograma	115
3.6.6. Supervisión y control	116
3.6.7. Beneficios	117
3.7. VSM futuro de la empresa	118
3.8. Evaluación del impacto de las propuestas en los métricos <i>Lean</i>	120
3.8.1. Impacto en el nivel de producción	120
3.8.2. Impacto en el <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	121
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	123
4.1. Análisis de costos.....	123
4.1.1. Costos de la implementación de la propuesta ergonómica.....	124
4.1.2. Costos de la Implementación de la metodología Andón y Jidoka.....	125
4.1.3. Costos de la Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U	126
4.1.4. Costos de la Implementación de la metodología Poka Yoke	127
4.1.5. Costos de la propuesta de Automatización industrial	128
4.1.6. Costos de la propuesta de climatización del almacén de materia prima	129
4.1.7. Costo total por la implementación de las propuestas de mejora.....	129
4.2. Beneficios económicos de las propuestas de mejora	131
4.2.1. Beneficio económico de la propuesta ergonómica.....	131
4.2.2. Beneficio económico de la metodología Andón y Jidoka	133
4.2.3. Beneficio económico de la metodología de flujo continuo mediante células en U....	134
4.2.4. Beneficio económico de la metodología Poka Yoke	136
4.2.5. Beneficio económico de la propuesta de Automatización industrial	137
4.2.6. Beneficio económico de la propuesta de climatización del almacén de materia prima	138
4.2.7. Beneficio económico total por la implementación de las propuestas de mejora	139
4.3. Evaluación de la factibilidad del proyecto	141

4.3.1. Costo de oportunidad de la empresa (COK).....	141
4.3.2. Flujo de caja económico.....	143
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
5.1. Conclusiones.....	145
5.2. Recomendaciones	148
BIBLIOGRAFÍA	149
Anexos	156



Índice de Tablas

Tabla 2.1 Producción unitaria por familia de productos en el año 2019.....	35
Tabla 2.2 Ventas por caja por familia de productos en el año 2019	36
Tabla 2.3 Tiempos disponibles durante el horario laboral diario	45
Tabla 2.4 Tabla de datos necesarios para calcular el OEE, D, R y C	54
Tabla 2.5 Tabla resumen de los valores actuales D, R, C y OEE	55
Tabla 2.6 Problemas principales del proceso	56
Tabla 2.7: Clasificación de puntajes para el <i>brainstorming</i>	57
Tabla 2.8 Puntajes de las causas planteadas del deficiente nivel de producción	59
Tabla 2.9 Puntajes y porcentajes de las causas planteadas del deficiente nivel de producción.....	61
Tabla 2.10 Puntajes de las causas planteadas del problema de productos defectuosos.....	65
Tabla 2.11 Puntajes y porcentajes de las causas planteadas del problema de productos defectuosos..	67
Tabla 2.12 Propuestas de mejora continua para las causas principales de los problemas hallados.....	69
Tabla 3.1 Cronograma de la implementación de todas las propuestas de mejora	72
Tabla 3.2 Cronograma de la implementación de la propuesta ergonómica	80
Tabla 3.3 Beneficio económico diario de la implementación de la propuesta ergonómica	82
Tabla 3.4 Ahorro monetario al implementar la propuesta ergonómica	83
Tabla 3.5 Ahorro de mano de obra en la actividad Corta plano	83
Tabla 3.6 Costos por tratamiento de lumbalgia.....	83
Tabla 3.7 Cronograma de la implementación de la metodología Andón y Jidoka.....	87
Tabla 3.8 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología Andón y Jidoka.....	89
Tabla 3.9 Ahorro monetario al implementar Andón y Jidoka	89
Tabla 3.10 Cronograma de la implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U.....	96
Tabla 3.11 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U.....	99
Tabla 3.12 Beneficio económico por incremento de producción	99
Tabla 3.13 Ahorro monetario al implementar células en U.....	99
Tabla 3.14 Ahorro de mano de obra en la actividad desglosado de plástico	100
Tabla 3.15 Cronograma de la implementación de la metodología Poka Yoke	104
Tabla 3.16 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología Poka Yoke	106
Tabla 3.17 Ahorro monetario al implementar Poka Yoke.....	106
Tabla 3.18 Costo de la nueva matriz de sellado comprada.....	106
Tabla 3.19 Cronograma de la implementación de la propuesta de Automatización Industrial	110
Tabla 3.20 Beneficio económico diario de la implementación de la propuesta de Automatización Industrial.....	112
Tabla 3.21 Ahorro monetario al implementar la propuesta de Automatización Industrial	112

Tabla 3.22 Ahorro de mano de obra del encargado de surtir material para el habilitado de plástico .	113
Tabla 3.23 Cronograma de la implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima.....	116
Tabla 3.24 Beneficio económico diario de la implementación de climatización del almacén de materia prima.....	118
Tabla 3.25 Ahorro monetario al implementar la propuesta de climatización del almacén de materia prima.....	118
Tabla 3.26 Producción adicional de portapapeles con las propuesta Lean	120
Tabla 3.27 Comparación de la situación actual con la implementación de las herramientas empleadas	121
Tabla 3.28 Tabla de datos necesarios para calcular el OEE, D, R y C	122
Tabla 3.29 Tabla resumen de los valores actuales D, R, C y OEE	122
Tabla 4.1 Costos del personal	123
Tabla 4.2 Costo de implementación de la propuesta ergonómica.....	125
Tabla 4.3 Costo de implementación de Andón y Jidoka	126
Tabla 4.4 Costo de la implementación de un flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U	127
Tabla 4.5 Costo de la implementación de Poka Yoke	128
Tabla 4.6 Costo de la implementación de Automatización industrial	129
Tabla 4.7 Costo de la implementación de la propuesta de climatización	129
Tabla 4.8 Costo total de implementación por cada propuesta de mejora.....	130
Tabla 4.9 Ahorro de tiempo con la propuesta ergonómica.....	131
Tabla 4.10 Ingresos por implementación de la propuesta ergonómica.....	132
Tabla 4.11 Ingreso por ahorro de mano de obra en la actividad Corta plano	132
Tabla 4.12 Ingreso por ahorro de tratamiento de lumbalgia.....	133
Tabla 4.13 Ahorro de tiempo con la metodología Andón y Jidoka	133
Tabla 4.14 Ingresos por implementación de la metodología Andón y Jidoka	134
Tabla 4.15 Ahorro de tiempo con la metodología de flujo continuo mediante células en U	134
Tabla 4.16 Ingresos por implementación de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U	135
Tabla 4.17 Ingreso por incremento de producción	135
Tabla 4.18 Ahorro de mano de obra en la actividad desglosado de plástico	135
Tabla 4.19 Ahorro de tiempo con la metodología Poka Yoke.....	136
Tabla 4.20 Ingresos por implementación de la metodología Poka Yoke.....	136
Tabla 4.21 Ingreso por el ahorro de la compra de una nueva matriz de sellado	137
Tabla 4.22 Ahorro de tiempo con la propuesta de Automatización industrial.....	137
Tabla 4.23 Ingresos por implementación de la propuesta de Automatización industrial.....	138
Tabla 4.24 Ingreso por ahorro de mano de obra del operario que surte material.....	138

Tabla 4.25 Ahorro de tiempo con la propuesta de climatización del almacén de materia prima	138
Tabla 4.26 Ingresos por implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima.....	139
Tabla 4.27 Ingresos anuales por cada propuesta de mejora.....	140
Tabla 4.28 Parámetros necesarios para hallar el COK	142
Tabla 4.29 Flujo de caja económico.....	143
Tabla 4.30 Indicadores del proyecto	144



Índice de Figuras

Figura 1.1: Elementos de un proceso	4
Figura 1.2: Ciclo de Deming.....	5
Figura 1.3: Representación del diagrama de flujo	6
Figura 1.4: Representación de la tormenta de ideas	6
Figura 1.5: Representación del Diagrama de Pareto	7
Figura 1.6: Representación del diagrama causa y efecto.....	7
Figura 1.7: Estructura de un edificio llamado <i>Lean Manufacturing</i>	11
Figura 1.8: Proporciones de los desperdicios en una empresa.....	14
Figura 1.9: VSM actual de una empresa manufacturera.....	15
Figura 1.10: VSM de la situación actual con las ideas de mejora	16
Figura 1.11: VSM futuro de una empresa manufacturera	17
Figura 1.12: Sistema Andón y Jidoka	20
Figura 1.13: Las pérdidas en una empresa	25
Figura 1.14: Datos necesarios para calcular el OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad	25
Figura 1.15: Cálculo de OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad	26
Figura 2.1: Organigrama actual de la empresa.....	30
Figura 2.2: <i>Layout</i> del área de producción	31
Figura 2.3: Mapa de procesos de la empresa.....	33
Figura 2.4: Diagrama de barras para la selección de la familia de productos más representativa.....	37
Figura 2.5: Proceso central de la elaboración de portapapeles	38
Figura 2.6: Almacén de materia prima.....	38
Figura 2.7: Actividad refilado	39
Figura 2.8: Actividad corta plano.....	39
Figura 2.9: Actividad habilitado de plástico	40
Figura 2.10: Actividad sellado	40
Figura 2.11: Actividad retiro de plástico.....	41
Figura 2.12: Actividad desglosado.....	41
Figura 2.13: Control de calidad.....	42
Figura 2.14: Actividad troquelado	42
Figura 2.15: Actividad embolsado	43
Figura 2.16: Actividad sellado de bolsas.....	43
Figura 2.17: Actividad empaquetado	44
Figura 2.18: Almacén de producto terminado.....	44
Figura 2.19: VSM actual de la empresa	46
Figura 2.20: Gráfico <i>Takt Time</i> vs. Tiempo de Ciclo.....	48

Figura 2.21: Trabajadores trasladando el producto en proceso	49
Figura 2.22: Materia prima en pallets	50
Figura 2.23: Deficiente ergonomía en la actividad corta plano	51
Figura 2.24: Deficiente ergonomía en la actividad troquelado	51
Figura 2.25: Deficiente ergonomía en el área de control de calidad del producto en proceso	52
Figura 2.26: Deficiente ergonomía en la actividad sellado de bolsas	52
Figura 2.27: Diagrama de Ishikawa del deficiente nivel de producción	58
Figura 2.28: Diagrama de barras de las causas planteadas del deficiente nivel de producción	60
Figura 2.29: Diagrama de Pareto para las causas del deficiente nivel de producción	62
Figura 2.30: Diagrama de Ishikawa del problema de productos defectuosos	64
Figura 2.31: Diagrama de barras de las causas planteadas del problema de productos defectuosos	66
Figura 2.32: Diagrama de Pareto para las causas del problema de productos defectuosos	68
Figura 2.33: VSM actual con las herramientas <i>Lean</i>	70
Figura 3.1: Operario colocando material en la actividad troquelado	74
Figura 3.2: Máquina cortadora automática	75
Figura 3.3: Silla ergonómica para industrias	76
Figura 3.4: Selladora de bolsas de pedal	77
Figura 3.5: Ejercicios de fortalecimiento muscular	78
Figura 3.6: Ficha de control de productividad	81
Figura 3.7: Operario en el área de habilitado de plástico	85
Figura 3.8: Pulsador rojo liviano	85
Figura 3.9: Tablero Andón	86
Figura 3.10: Ficha de control de paradas inopinadas	88
Figura 3.11: <i>Layout</i> actual de la empresa	91
Figura 3.12: Diagrama de recorrido actual de la empresa	92
Figura 3.13: Célula en forma de U del Área de producción	93
Figura 3.14: <i>Layout</i> propuesto de la empresa	94
Figura 3.15: Diagrama de recorrido propuesto de la empresa	95
Figura 3.16: Ficha de control del nivel de producción	97
Figura 3.17: Matriz de la máquina selladora	101
Figura 3.18: Operario colocando la pieza en la plataforma metálica	102
Figura 3.19: Tablero de instructivo fotográfico de la operación habilitado de plástico	103
Figura 3.20: Ficha de control de paradas inopinadas por la actividad habilitado de plástico	105
Figura 3.21: Piezas cortadas en el área de habilitado de plástico	108
Figura 3.22: Brazo neumático programable en actividad	109
Figura 3.23: Ficha de control del nivel de producción por turno	111
Figura 3.24: Bobinas de PVC en el almacén de materia prima	114

Figura 3.25: Equipo de aire acondicionado Premier Split 12000 BTUs Frío	115
Figura 3.26: Ficha de control de la temperatura en el almacén de materia prima.....	117
Figura 3.27: VSM futuro de la empresa	119
Figura 4.1: Participación de cada herramienta en el costo total de implementación	131
Figura 4.2: Participación de cada herramienta en el ingreso total anual.....	141



Índice de Anexos

Anexo 1 Escenarios del tiempo de retorno de inversión	156
---	-----



Introducción

Durante la última década, la producción de plásticos ha crecido significativamente en la industria peruana. Asimismo, se ha usado como sustituto de otros materiales, tales como metales, vidrio, e incluso el papel. Por otro lado, las empresas dedicadas a la elaboración o utilización de este material han aumentado y mejorado su productividad, gracias a las nuevas tecnologías empleadas.

La empresa analizada en este estudio pertenece a la industria de confecciones de plástico, según el Instituto Peruano de Economía (IPE). Además, trabaja como una prestadora de servicios de maquila para una única corporación que elabora productos de plástico. Su fabricación comprende tres (03) productos útiles elaborados de PVC transparente: fólderes, porta cuadernos y portapapeles.

Por otro lado, esta empresa presenta problemas en su proceso productivo: el deficiente nivel de producción y la generación de productos defectuosos. Las causas que generan esta deficiencia se pueden encontrar en los trabajadores, entorno de la empresa, material que llega, máquinas, procesos que utilizan y algunos métodos que emplean. Por lo tanto, está buscando mejorar sus actividades internas con distintas herramientas y estrategias, que le permitan volverse más competente en el mercado. Entre ellas, se utilizan las estrategias de ingeniería y herramientas de la metodología *Lean Manufacturing*.

En el capítulo 1, se muestra el marco teórico, en el cual se detallan las herramientas para el análisis de procesos y herramientas de ingeniería, como el estudio del trabajo y las estrategias de *Lean Manufacturing*, que son usadas al final de documento para generar propuestas de solución.

En el capítulo 2, se presenta la información de la empresa: proveedores, clientes, productos, perfil organizacional, planta, maquinarias, etc. Además, en esta parte se analiza el problema principal en la empresa y sus causas significativas.

En el capítulo 3, se exponen las herramientas y estrategias de *Lean Manufacturing* que se usan para solucionar este problema. Asimismo, se explica, en forma detallada, cómo se aplica cada una de las herramientas *Lean*, las propuestas ergonómicas presentadas y las otras contramedidas a utilizar.

En el capítulo 4, se evalúa el impacto económico de la implementación de la propuesta de mejora. En adición, se calcula la inversión total que se debe realizar para implantar cada una de las herramientas propuestas, y si es viable o no económicamente.

En el capítulo 5, se detallan las recomendaciones y conclusiones obtenidas en este trabajo.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se explican detalladamente las herramientas de análisis de procesos, estudio del trabajo y la metodología *Lean Manufacturing*, las cuales serán usadas posteriormente en las propuestas de mejora del proceso de fabricación de portapapeles.

1.1. Procesos

En este acápite, se presentan la definición y los tipos de un proceso productivo, como también los elementos que interfieren en este.

1.1.1. Definición

Según Zelada (2016), un proceso es un conjunto estructurado de actividades interrelacionadas con entradas y salidas claramente identificadas, que empleando recursos agrega valor para producir un producto o servicio para un mercado o cliente determinado.

1.1.2. Tipos de procesos

Según Zelada (2016), los tipos de procesos, según aspectos tecnológicos y de volumen de producción, son los siguientes:

a. Por proyecto.

Se caracterizan por realizar productos exclusivos, ya que son realizados para un único cliente y no se repiten. El producto en elaboración se mantiene fijo, mientras que los materiales, herramientas, máquinas y recurso humano recurren a él. Por otro lado, se consideran procesos largos, complejos y de alto grado de innovación. Por ejemplo, vestimenta y calzado a la medida, casas exclusivas, etc.

b. Por lotes.

Estos procesos se diferencian del anterior porque fabrican productos poco estandarizados, es decir, la producción de estos sí se puede repetir en una baja cantidad. Además, todas las máquinas del mismo tipo están agrupadas en un mismo lugar, por lo que cada lote va pasando de una estación a otra con un flujo desordenado, pues no existe una secuencia estándar debido a que se trabaja bajo pedido. Por ejemplo, panaderías, pedido de camisetas para un equipo, etc.

c. En masa.

Se caracterizan por tener grandes volúmenes de producción de un mismo producto. Las máquinas están situadas de forma adyacente debido a que la producción sigue un flujo estandarizado. Mínima cantidad de inventarios en proceso, pero alto volumen de inventarios de productos terminados. Por ejemplo, electrodomésticos, autos, etc.

d. Continuo.

Estos procesos se caracterizan por ser constantes y sin interrupciones; asimismo, son altamente estandarizados; sus maquinarias y equipos son sofisticados, automatizados, de elevada inversión y se utilizan las 24 horas del día de manera continua. Por otro lado, se utilizan programas de software y equipos complejos para controlar la tasa de producción, la velocidad de la línea, etc. Por ejemplo, alimentos, refinería, etc.

1.1.3. Elementos de un proceso

Según Krajewski (2013), los elementos de un proceso son los que se muestran en la Figura 1.1 y se explican a continuación:

- Entradas (recursos): Es todo aquello que se necesita para generar un producto. Estos pueden ser una combinación de recursos humanos, maquinarias y equipos, materiales directos (insumos) e indirectos, conocimiento, energía, etc.
- Salidas (productos): Las salidas principales de un proceso pueden ser un bien o un servicio; sin embargo, también se generan otras salidas, como registros, información, etc.
- Proveedores: Por un lado, están los proveedores externos, que satisfacen las necesidades de la empresa con recursos, servicios y materia prima; mientras que, por otro lado, se encuentran los proveedores internos, quienes son empleados que brindan información o materiales necesarios.
- Clientes: Por una parte, se encuentran los clientes externos, a quienes se les destina el producto terminado, por ejemplo, fabricantes, tiendas, etc. Por otra parte, los clientes internos pueden ser los trabajadores que necesitan del producto en proceso desarrollado por la actividad anterior a la de ellos.
- Actividades: Son todas aquellas tareas realizadas en la empresa que permiten que se agregue valor a una entrada para que se convierta en una salida.

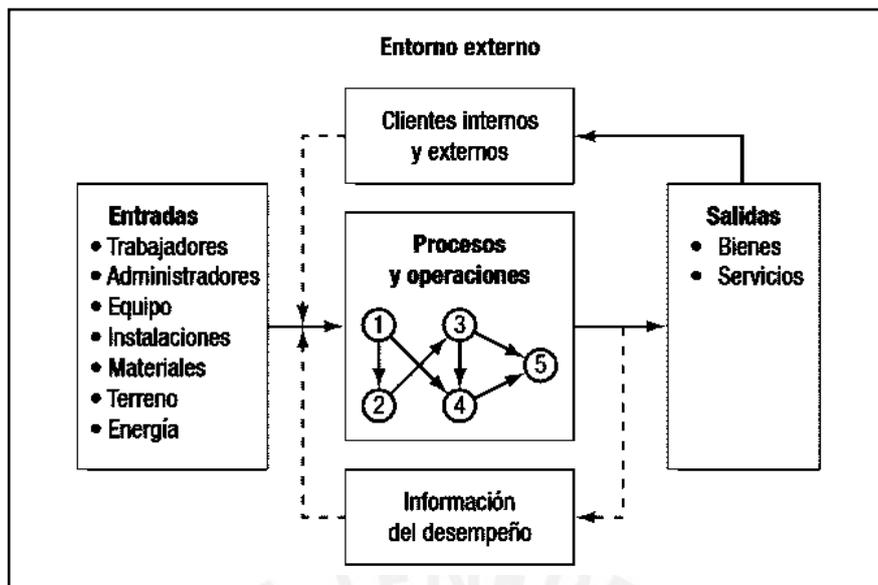


Figura 1.1: Elementos de un proceso

Fuente: Krajewski (2013)

1.2. Mejora continua de los procesos

Según Cabrera (2012), algunos precursores del concepto global de la mejora continua de los procesos fueron Edwards Deming, Joseph Juran, Kaoru Ishikawa y Walter Shewart. Ellos establecieron las bases del enfoque analítico del entrenamiento continuo a través de la aplicación del Círculo de Deming, el que será explicado a continuación.

1.2.1. Círculo de Deming

Según Madariaga (2019), este concepto de mejora continua, también conocido como PDCA (por sus siglas en inglés: *Plan, Do, Check, Act*), se basa en cuatro etapas principales mostradas en la Figura 1.2.

- Planificar (*Plan*): En esta etapa se establecen los objetivos para alcanzar el resultado esperado. Se realizan las siguientes preguntas: ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo?
- Hacer (*Do*): En esta etapa se implementa el plan desarrollado previamente.
- Verificar (*Check*): En esta etapa se analizan los resultados obtenidos y se realiza un *feedback* que permite identificar posibles oportunidades de mejora. Se realiza la siguiente pregunta: ¿Las cosas pasaron según se planificaron?

-Actuar (*Act*): En esta etapa se documenta el ciclo realizado, se corrigen las fallas encontradas para lograr los objetivos propuestos en un principio, se controlan estos logros y, finalmente, se establece un nuevo círculo con otros objetivos para seguir con la mejora continua.

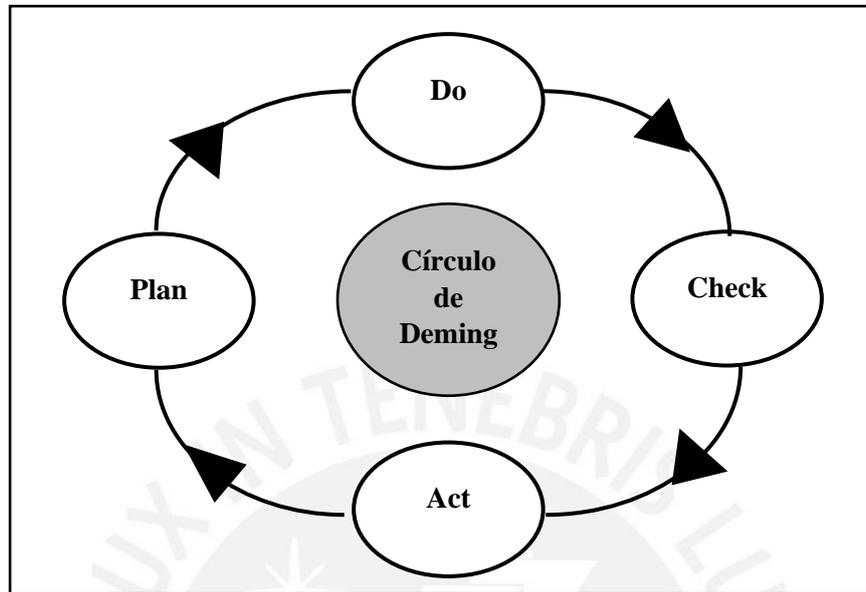


Figura 1.2: Ciclo de Deming

1.3. Herramientas de análisis de procesos

A continuación, se presentan algunas herramientas básicas para el análisis de procesos.

1.3.1. Diagrama de flujo

Según Zelada (2016), un diagrama de flujo permite mostrar gráficamente los pasos que sigue un proceso para desarrollar un producto o servicio. Esta representación gráfica debe ser sencilla y conectada con flechas que representan el flujo del proceso. Aquí se muestran los insumos, materia prima, actividades, decisiones durante el proceso y documentación utilizada. En la Figura 1.3, se visualiza el esquema de este tipo de diagramas.

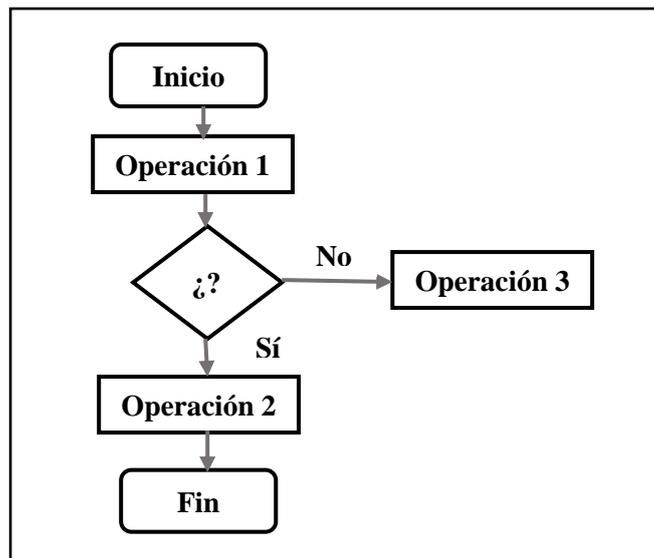


Figura 1.3: Representación del diagrama de flujo

1.3.2. Tormenta de ideas

Según Cabrera (2012), esta herramienta, también conocida como lluvia de ideas o *brainstorming*, en inglés, se realiza con todo el equipo de trabajo. Tiene como finalidad recopilar la mayor cantidad de ideas creativas desarrolladas por los trabajadores que están involucrados en el proceso; además, esto permite que se encuentren los problemas comunes durante el trabajo y se propongan soluciones para cada uno. En la Figura 1.4, se observa el modelo del esquema elaborado en una tormenta de ideas.

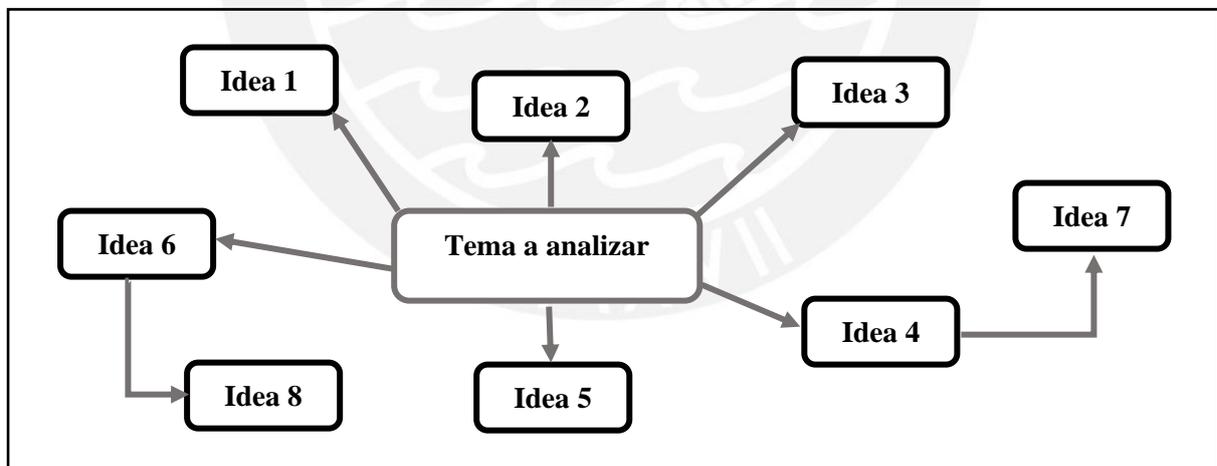


Figura 1.4: Representación de la tormenta de ideas

1.3.3. Diagrama de Pareto

Según Cabrera (2012), el diagrama de Pareto, también conocido como Curva 80-20 o Distribución ABC, permite mostrar en una gráfica, de manera descendente y según prioridades, los principales problemas en una empresa o las causas que los generan, cuya eliminación resolvería el 80% del problema. En la Figura 1.5, se muestra un ejemplo del diagrama de Pareto.

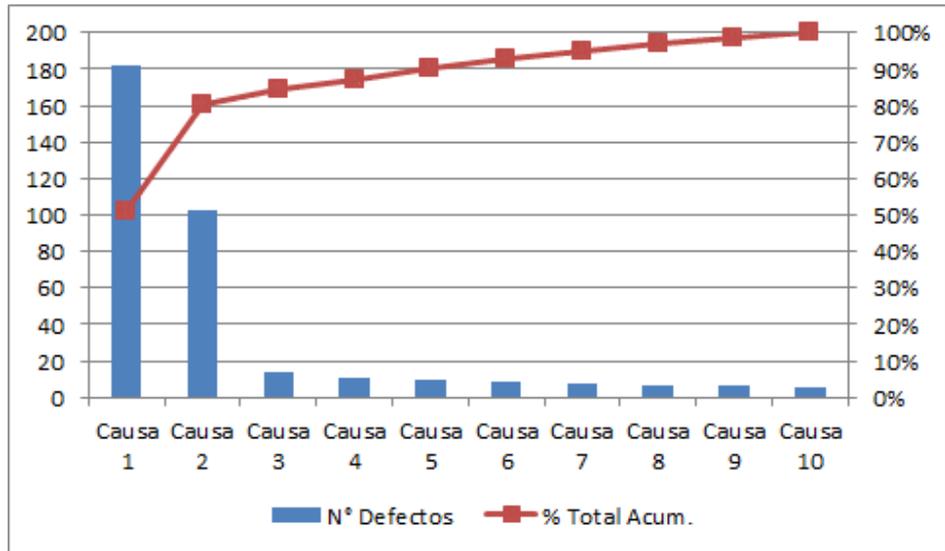


Figura 1.5: Representación del Diagrama de Pareto

Fuente: Geo Tutoriales (2017)

1.3.4. Diagrama causa y efecto

Según Cabrera (2012), un diagrama causa y efecto, también conocido como diagrama Ishikawa, muestra las principales causas que pueden originar un problema específico. Entre estas causas se toma en cuenta el medio ambiente, maquinaria, mano de obra, método, material y medición. En la Figura 1.6, se observa la forma en el que se desarrolla este diagrama.

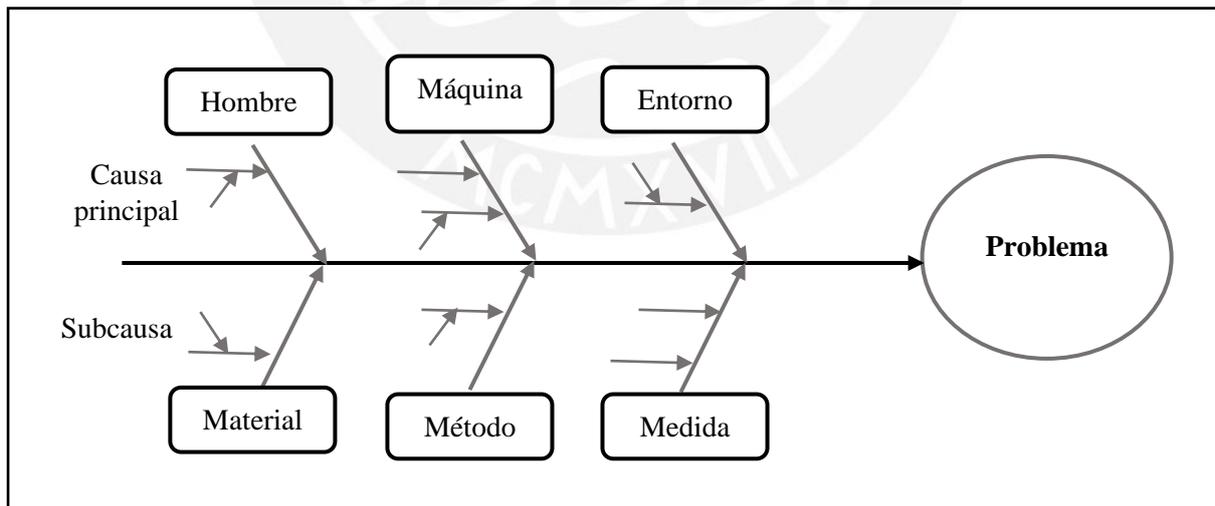


Figura 1.6: Representación del diagrama causa y efecto

1.4. Estudio del trabajo

Según Zelada (2016), para estandarizar una actividad y asignar cargas de trabajo similares en un proceso, es necesario realizar un estudio del trabajo en la línea de producción. Para ello, se deben realizar algunas estrategias que serán explicadas en los siguientes párrafos.

1.4.1. Medición del trabajo

Según Zelada (2016), esta estrategia consiste en asignar un tiempo estándar a una actividad para luego compararla con el trabajo diario que se realiza en la empresa, y analizar su rendimiento o productividad. Algunos objetivos que se esperan lograr al estandarizar las actividades de un proceso son los siguientes:

- Equilibrar la carga de trabajo.
- Medir la eficiencia de los trabajadores.
- Determinar los precios de venta, costo del producto y plazos de entrega.
- Determinar la cantidad de personas a contratar.
- Asignar una cantidad de máquinas a cada trabajador.
- Proporcionar bases para el sistema de incentivos.

Para llevar a cabo la medición del trabajo se realizan métodos de ingeniería: estudio de tiempos, tiempos predeterminados, data estándar y muestreo del trabajo.

1.4.2. Balance de línea

Una vez realizado la toma de tiempos y determinado la carga de trabajo de cada actividad, se debe realizar un balance de línea para organizar correctamente los puestos de trabajo dentro de la empresa, de tal manera que puedan estar ubicados según la secuencia de producción; esto permite que la carga laboral sea similar en cada actividad reduciendo los tiempos muertos y los costos por parte de la mano de obra, y además mejora el índice de nivel de producción. Según Zelada (2016), uno de los objetivos de un correcto balance de línea es reducir la cantidad de inventarios en proceso, es decir, la acumulación de productos en una estación de trabajo por demoras en alguno de ellos debido a su alta carga laboral.

1.4.3. Ergonomía

Según Corrales (2016), la palabra ergonomía proviene del griego *ergo*, que significa trabajo, y *nomos*, que se refiere a medida o normal. Por lo tanto, la ergonomía se trata de la medida del trabajo o las normas que rigen el trabajo. Asimismo, esta disciplina científica ayuda a armonizar todo aquello que interactúe con las personas con la finalidad de optimizar su bienestar general.

En adición, existen diferentes áreas de la ergonomía: ergonomía física, ergonomía de diseño y evaluación, ergonomía cognitiva, ergonomía organizacional, etc. Según la *International Ergonomics Association* (2019), la ergonomía física se refiere a las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del ser humano en lo que respecta a la actividad física; esto incluye posturas de trabajo, manejo de materiales, movimientos repetitivos, trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, diseño del lugar de trabajo, seguridad y salud.

Muchas veces los puestos de trabajo no son apropiados para una persona que realiza una larga jornada laboral, lo cual le genera dolores musculares, dolor de cabeza, cansancio físico, etc.

Actualmente, para evitar estos problemas, las empresas realizan una evaluación de la ergonomía en los puestos de trabajo, la cual genera mejoras en la calidad, aumento de la productividad y reducción de enfermedades y lesiones.

La implementación de esta disciplina se basa en lo siguiente:

- Reducir la carga física en el trabajo al diseñar nuevamente los puestos de trabajo.
- Evitar esfuerzos innecesarios.
- Crear condiciones más confortables en el entorno del trabajador, ya sea en el nivel de ruido, iluminación, vibraciones, temperatura, entre otros.
- Facilitar el uso y el control de las máquinas.
- Facilitar la lectura de los materiales e instrumentos.

1.5. *Lean Manufacturing*

En este apartado, se describen la metodología *Lean Manufacturing*, sus estrategias, principios y el diagnóstico que se llevarán a cabo para la mejora del proceso seleccionado.

1.5.1. Definición de *Lean*

Según Cabrera (2012), este término se origina en los años 60, aproximadamente, cuando el sistema de producción de Toyota empieza a elaborar grandes volúmenes de autos de buena calidad y asequibles para el mercado. Luego de una exhaustiva investigación por parte del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), se llegó a la conclusión de que este enorme diferencial se debía al enfoque de conceptos administrativos y productivos que esta empresa empleaba. Esta organización japonesa producía altas cantidades de autos con menos de la mitad de recurso humano; se redujeron las inversiones de capital, tiempo, área de trabajo y los costos operacionales.

Según Womack (2003), la palabra *Lean* se define como un sistema que utiliza menos recursos para crear, al menos, los mismos resultados a través de los sistemas de producción tradicional, incrementando las variedades del producto requeridas por el cliente final a un menor costo.

Asimismo, esta estrategia se enfoca en brindar productos de alta calidad en un tiempo menor a través de la eliminación de desperdicios o *muda*, en el idioma japonés, lo cual permite aumentar la velocidad del proceso. Además, se basa en el principio del trabajo en equipo para establecer un objetivo que todos deseen alcanzar.

En la Figura 1.7, se muestra la estructura de un edificio definido como Edificio *Lean Manufacturing*. Este representa la estructura que debe seguir una empresa que desea aplicar esta metodología en sus procesos productivos. En la base se muestra la actitud, mente abierta al cambio y aptitud que debe poseer cada trabajador para poder ser parte del desarrollo de esta metodología. Para ello, deben conocer y aplicar el sistema 5S como base fundamental de orden, limpieza y autodisciplina en sus puestos de trabajo. Así mismo, relaciona las columnas y niveles de este edificio con las herramientas fundamentales de *Lean Manufacturing*, las cuales requieren cada vez más compromiso para lograr satisfacer las necesidades del cliente. Y, finalmente, el ascensor ubicado a la izquierda del edificio representa la Dirección de la empresa, quien se encuentra motivando constantemente a los trabajadores, brindándoles reconocimientos y oportunidades de aprendizaje para que se mantenga la mejora continua en el proceso.

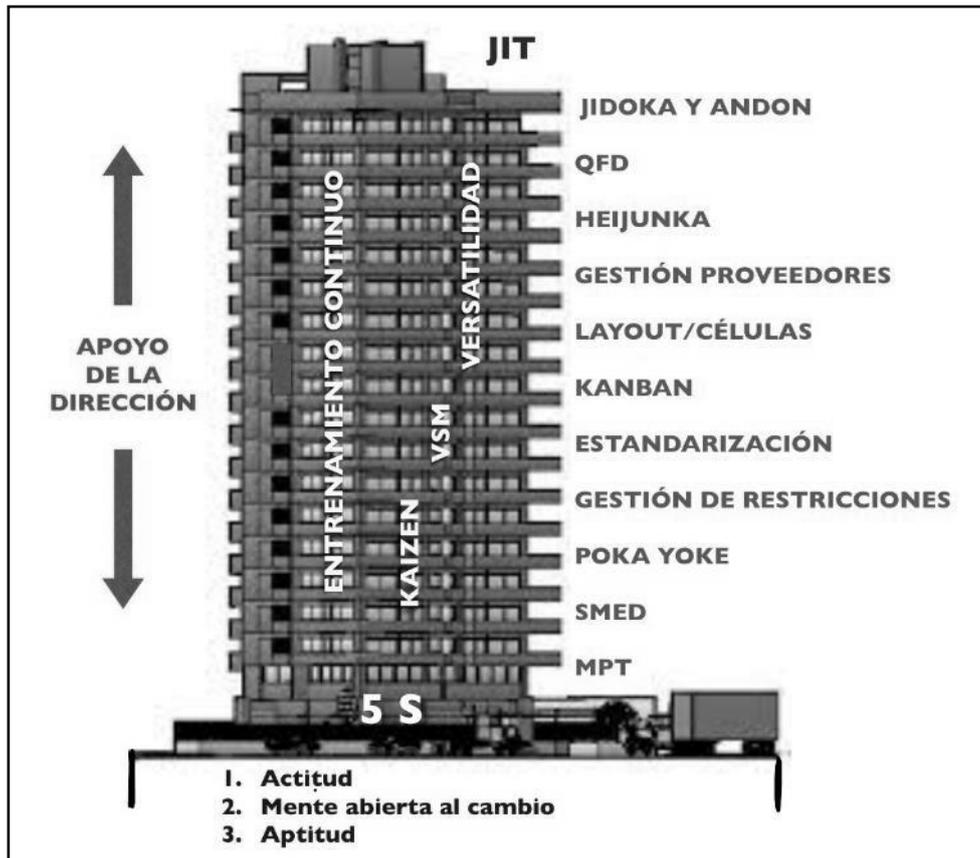


Figura 1.7: Estructura de un edificio llamado *Lean Manufacturing*

1.5.2. Estrategias de *Lean Manufacturing*

Según Cabrera (2012), las estrategias del sistema *Lean Manufacturing* son las siguientes:

- Reconocimiento de desperdicios: Busca eliminar, o al menos reducir, todo aquello que no aporte satisfacción al cliente.
- Estandarización de procesos: Busca eliminar los tiempos muertos en el trabajo de los operarios estandarizando los procesos.
- Flujo continuo: Se enfoca en un flujo libre de restricciones, interrupciones o esperas, gestionando los cuellos de botella.
- Calidad de la fuente: Busca eliminar los defectos en la fuente de origen, de tal manera que no se tenga la necesidad de inspectores externos.
- Mejora continua: Se enfoca en desarrollar un círculo virtuoso de sugerencias y mejoras diarias de forma permanente.

- Versatilidad: Busca la participación de los operarios mediante el intercambio de ideas y capacitaciones para que se puedan desempeñar eficientemente.
- Trabajo en equipo: Se enfoca en la sinergia del equipo para el logro de metas personales y de la empresa.

1.5.3. Principios de *Lean Manufacturing*

Según Cabrera (2012), los principios del sistema *Lean Manufacturing* son los siguientes:

- Definir el valor desde el punto de vista del cliente: Se enfoca en satisfacer la necesidad del cliente brindándole lo que necesita en el momento que lo requiere.
- Identificar la cadena de valor: Se enfoca en eliminar o reducir lo más que se pueda los desperdicios o pasos que no agregan valor al proceso.
- Crear flujo: Busca el flujo continuo que permita agregar valor al producto en cada actividad que va pasando. Esto permite tener una operación más eficiente.
- Producir el “Jale” del cliente: Busca ser capaz de producir las órdenes de compra que necesita el cliente en lugar de usar solo pronósticos que muchas veces no son seguros.
- Perseguir la perfección: Añadir eficiencia siempre es posible, por lo que cada trabajador busca la mejora continua de manera personal y para el equipo.

1.5.4. Los 7+1 desperdicios

Según Guillén (2019), cualquier actividad que utiliza los recursos de la empresa, pero que no genera ningún valor en el proceso es considerado como desperdicio. Existen ocho (08) desperdicios principales que todas las empresas deben considerar. A continuación, se mencionan algunas acciones que se utilizan para reducirlos o eliminarlos.

1. Inventario: Convertir toda la materia prima adquirida en producto final para evitar excedentes de esta. Asimismo, evitar tener material parado, ya que este ocupa espacio que puede usarse eficientemente en otra actividad que genere valor.

2. Sobreproducción: Producir solo la cantidad que el cliente requiere. Así mismo, sincronizar las cantidades y tiempos entre procesos.
3. Movimiento innecesario: Evitar la postura y el movimiento inadecuados en el trabajador por la deficiente ergonomía o ubicación de las máquinas, equipos, materiales y entrega del producto en proceso o final. Se debe buscar la mejor distribución de la planta para optimizar los espacios y movimientos.
4. Transporte: Evitar transportes de material, producto o materia prima que no agreguen valor en el producto final. Eliminar distancias innecesarias entre estaciones de trabajo.
5. Tiempo/espera: Evitar las esperas por falta de material, falta de instrucción, decisiones, fallas, *setup* (tiempo necesario de preparación para utilizar una máquina o equipo), montajes a destiempo, etc.
6. Sobre procesamiento: Utilizar al equipo de manera más productiva, ya que al no tener claro los requerimientos del cliente se pueden realizar procesos innecesarios en la producción.
7. Defectos/reprocesamiento/rechazos: Evitar errores, fallas y defectos. Realizar los procesos a prueba de errores.
8. Talento humano: Aprovechar al máximo la capacidad de cada trabajador en la empresa, generando un buen ambiente de trabajo que le permita desarrollar su creatividad e innovación.

En la Figura 1.8, se muestran en proporciones los desperdicios que usualmente se encuentran en las empresas.

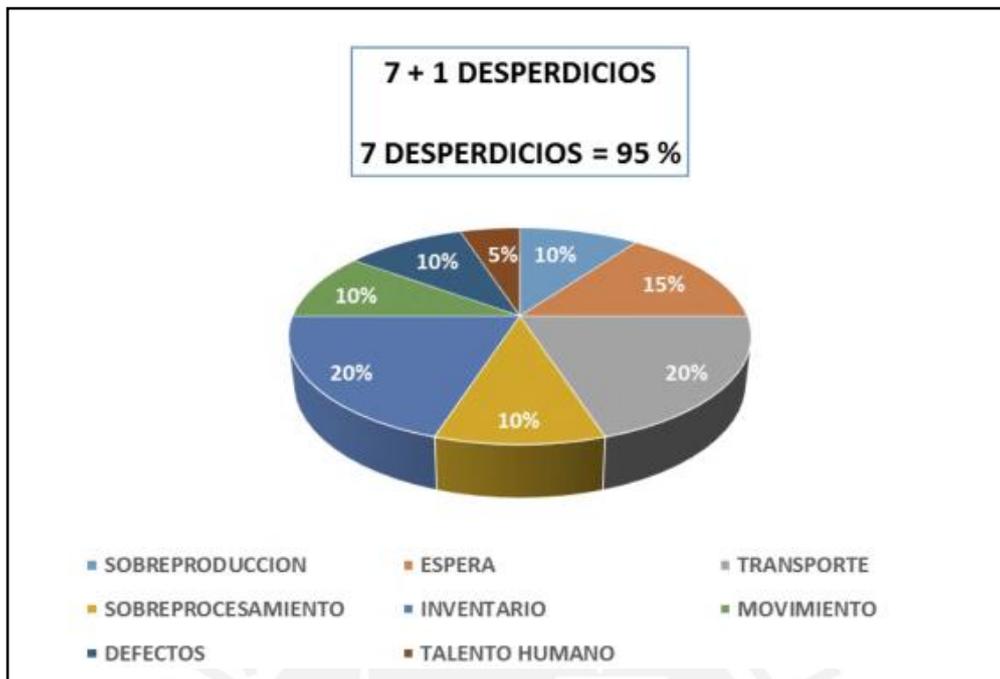


Figura 1.8: Proporciones de los desperdicios en una empresa

Fuente: VILLASEÑOR (2007)

1.5.5. Diagnóstico *Lean*

En este apartado, se explican las herramientas que se llevarán a cabo en el análisis y mejora del proceso escogido, y también ejemplos de cada una de ellas.

1.5.5.1. VSM Mapa de cadena de valor

Según Cabrera (2012), el mapa de cadena de valor, también conocido como VSM (por sus siglas en inglés: *Value Stream Mapping*), es una herramienta que muestra los materiales e información que pasan por el proceso desde el proveedor hasta el cliente final. Este diagrama identifica los desperdicios originados en cada actividad y busca eliminarlos, o al menos reducirlos.

El formato más utilizado sobre diagramas de flujo es el SIPOC (*Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customer*), el cual muestra a los proveedores, actividades y clientes. Este permite mejorar el proceso en base a un plan estratégico elaborado por la empresa; asimismo, mejora las condiciones financieras en la línea de producción y desarrolla una línea de productos nuevos según los requerimientos del cliente.

Un ejemplo de la implementación de esta estrategia se dio cuando algunas empresas empezaron a desarrollar los pasos para la elaboración de un VSM. Según Jim Womack y Dan Jones (2003), estos se describen de la siguiente manera:

1. Encontrar un agente de cambio.
2. Encontrar un maestro que enseñe la técnica.
3. Crear una crisis que motive la acción para la necesidad del uso de la nueva técnica.
4. Mapear el flujo de valor para todos los tipos de productos.
5. Encontrar y empezar a eliminar importantes desperdicios rápidamente.

En la Figura 1.9 se visualiza un ejemplo de VSM actual de una empresa manufacturera.

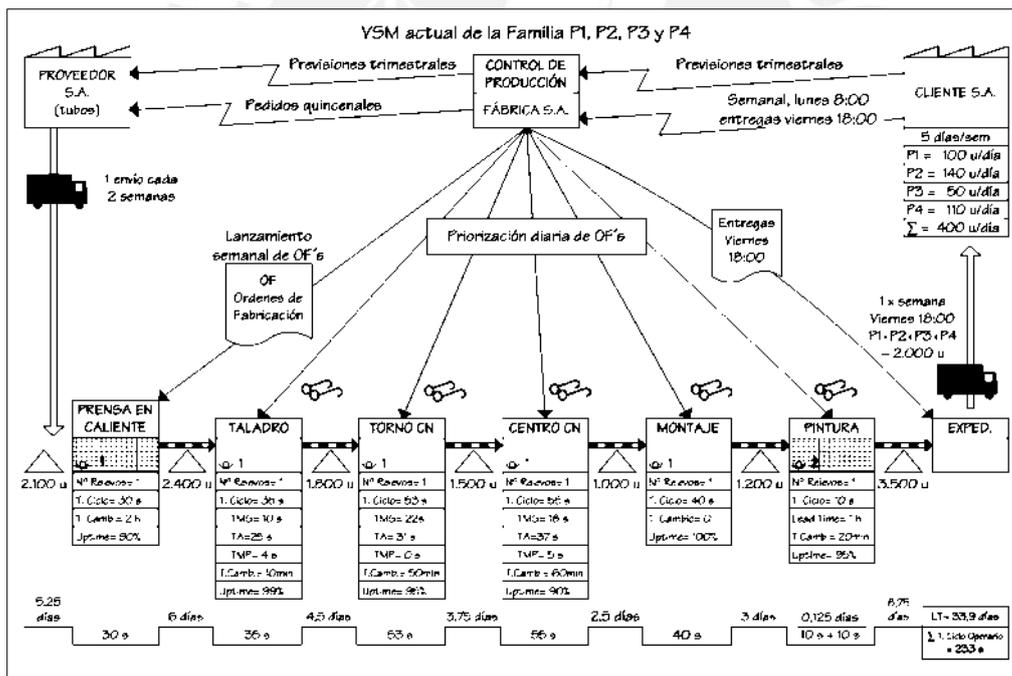


Figura 1.9: VSM actual de una empresa manufacturera

Fuente: MADARIAGA (2019)

Luego de realizar el VSM actual de una empresa se procede a plantear mejoras en base a las herramientas de *Lean Manufacturing*, que son explicadas en los siguientes puntos. En la Figura 1.10, se muestra el VSM actual de la empresa de manufactura con las ideas de mejora a implementar en diferentes partes de la línea de producción.

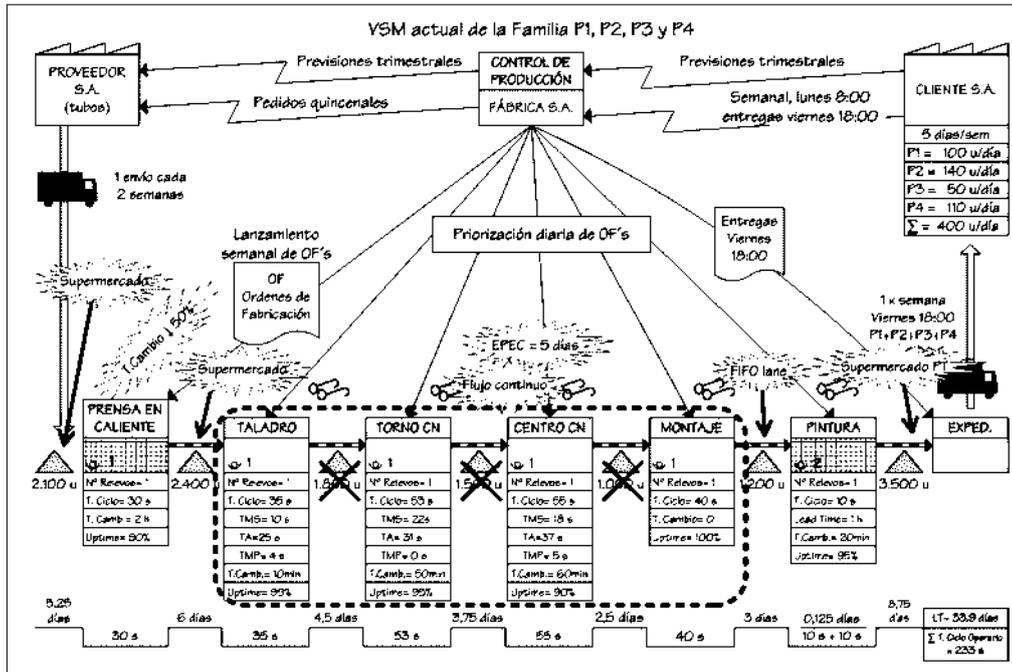


Figura 1.10: VSM de la situación actual con las ideas de mejora

Fuente: MADARIAGA (2019)

Finalmente, a partir del mapa de la situación actual de la empresa y las ideas de mejora, se crea el VSM de la situación futura. En este mapa se debe mostrar una situación esbelta, es decir, un proceso que solo produce lo que la siguiente actividad requiera cuando lo necesite y como lo solicite. En la Figura 1.11, se observa el VSM futuro de una empresa de manufactura.

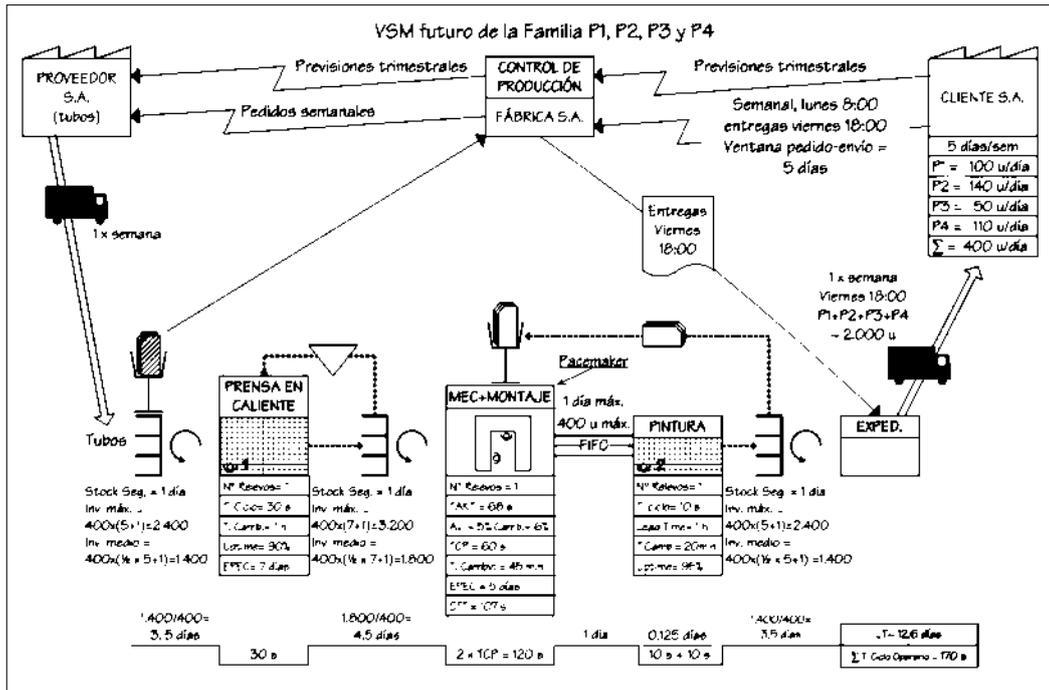


Figura 1.11: VSM futuro de una empresa manufacturera

Fuente: MADARIAGA (2019)

1.5.5.2. Estandarización del trabajo

Es importante la estandarización de los procesos en una empresa, ya que, si no fuera así, su rendimiento sería menor al 100%. Para desarrollar esta estrategia son necesarios el balance de la línea y la medición del trabajo mencionados anteriormente. El acto de realizar la toma de tiempos en una línea de producción permite identificar la operación que demora más, conocida como el cuello de botella, y la capacidad de producción que tiene la línea de acuerdo con ese tiempo hallado. Según Guillén (2019), esta herramienta permite que cada proceso tenga su hoja de operaciones, en la que se muestra el *takt time* del producto para cada actividad, como también los operarios y los técnicos que intervienen. Con estas hojas de operación estándar se puede realizar una correcta gestión sobre los procesos, identificando aquellos que no llegan a su máxima utilización para encontrar las causas raíz e implementar mejoras en cada una de ellas.

Equinix Data Center es un ejemplo de una empresa que ha estandarizado sus procesos. Esta organización multinacional estadounidense ha asegurado el servicio prestado a sus clientes y el incremento de sus utilidades gracias a la buena gestión de sus procesos debido a la estandarización de estos.

1.5.5.3. Poka Yoke

Esta técnica es utilizada para prevenir los errores humanos que pueden ocurrir en una línea de producción. El objetivo principal de esta herramienta es lograr eliminar los errores o defectos. Según Cabrera (2012), los mecanismos Poka Yoke deben contar con las siguientes características:

- De fácil uso para cualquier persona.
- Simples de instalar.
- No deben requerir constante atención por parte del operario.
- Preferentemente muy económico.
- Que globalmente proporcionen inmediata retroalimentación, prevención y corrección.

Para ello se utilizan mecanismos industriales comunes como interruptores de límite, sensores de proximidad, sensores láser de desplazamiento, sistemas de visión, mecanismos electromecánicos o electrónicos de tiempo, sensores fotoeléctricos, sensores de ultrasonido, instrumentos de medición, etc.

Un ejemplo de esta estrategia son los mecanismos de temperatura que usa la empresa Di Perugia, empresa peruana que elabora chocolates, ya que este factor es muy importante en su línea de producción.

1.5.5.4. Gestión de restricciones / *Takt Time*

Según Cabrera (2012), en esta estrategia se identifica aquella actividad que toma más tiempo en realizar su trabajo durante todo el proceso, la cual es conocida como cuello de botella. Esta es una operación que ocasiona la disminución de la velocidad de los procesos identificados, incrementa el tiempo en cola o espera, y reduce la productividad, por lo que tanto los costos como la insatisfacción del cliente van aumentando. Las actividades en una empresa que se encuentran interrelacionadas siempre se moverán a la velocidad del más lento; por lo tanto, con esta estrategia se busca realizar una gestión en los cuellos de botella para mejorar su desempeño.

Por otro lado, según Cabrera (2012), el cuello de botella de un proceso es la operación o actividad con el tiempo de ciclo del valor agregado que excede el *Takt Time*, el cual es la razón del tiempo en

que un producto necesita ser terminado para completar la demanda del cliente. Este tiempo perdido nunca se recupera y se pierde en todo el proceso en el que participa.

El valor del *Takt Time* se halla de la siguiente manera:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ neto\ disponible}{Demanda}$$

1.5.5.5. Andón y Jidoka

Según Cabrera (2012), el término Andón se refiere a una alarma o señalización que el operario utiliza para indicar a sus compañeros de trabajo o a los supervisores que algo anda mal en la línea de producción. En muchas ocasiones esta alarma visual está acompañada por una alarma audible que se apaga cuando el supervisor llega al lugar donde está ocurriendo el problema. Usualmente se usan los siguientes colores en las lámparas:

- Rojo: Máquina descompuesta.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo.
- Verde: Falta de material.
- Blanco: Fin de la corrida de producción.
- No luz: Sistema operando normalmente.

Por otro lado, Jidoka es una palabra que Toyota creó para la automatización de un proceso; en otras palabras, se incorpora un mecanismo para detectar algún defecto y se detiene la máquina automáticamente cuando ocurre alguna anomalía. Esto elimina los trabajos rutinarios, por lo que el empleado utiliza este tiempo productivamente en otras actividades y solo recurre a la estación cuando se detecta algún defecto por el sistema. La Figura 1.12 muestra gráficamente lo que representa el sistema Andón y Jidoka.

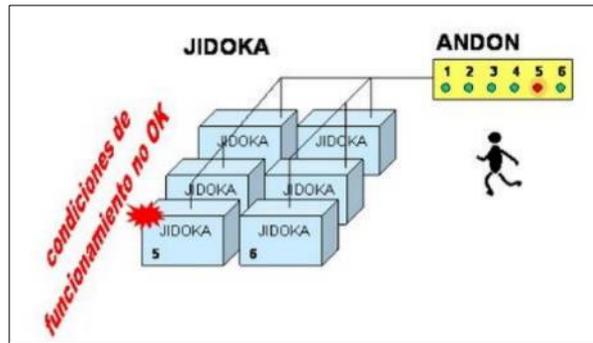


Figura 1.12: Sistema Andón y Jidoka

Fuente: VELÁZQUEZ (2019)

Un ejemplo de esta estrategia lo realiza la empresa O-I Owens Illinois Perú, ya que utilizan un sistema de alarmas para determinar productos defectuosos en su línea de producción que funciona como flujo continuo. Esto permite que el operario no se encuentre en una sola estación de trabajo con tiempos improductivos, sino más bien que los utilice en diferentes actividades del proceso.

1.5.5.6. Justo a tiempo (JIT)

Este concepto se utilizó por primera vez en la producción Toyota en los años 60's aproximadamente. Diez años más tarde, se implementó en sus empresas proveedoras, lo cual implicó una mejora significativa en toda su cadena de valor. Según Cabrera (2012), esta filosofía industrial se basa principalmente en dos expresiones que resumen sus objetivos: el hábito de ir mejorando y la eliminación de prácticas productoras de desperdicios. Por lo tanto, esta metodología busca fabricar estrictamente solo los productos necesarios, es decir, producir las cantidades requeridas en el momento oportuno, con lo cual se eliminarían los inventarios en la empresa. Asimismo, se debe comprar la materia prima o los insumos en un lugar que brinde la calidad esperada para que no se devuelvan por deficiente calidad, sino que se fabrique lo solicitado por el cliente en ese momento. Por otro lado, es usado mayormente para entregas cortas o seguidas, ya que no contempla una visión amplia del futuro.

Algunos beneficios que genera esta metodología son los siguientes:

- Disminución de desperdicios.
- Reducción de pérdidas de materia prima.
- Disminución del espacio de almacenamiento.

- Reducción de costos financieros.
- Reducción de costos por mantenimiento del inventario.
- Aumento de la rotación del inventario.
- Aumento en la productividad global.

Un ejemplo de la implementación de esta herramienta se ve en la empresa Harley Davidson, marca reconocida de motocicletas, la cual tuvo resultados positivos como el incremento en su productividad y la disminución de un 75% en sus niveles de inventario. En esta empresa los problemas en su proceso no eran notorios debido al elevado costo de su inventario; sin embargo, al ser identificados fueron resueltos, generando así impactos positivos en la organización.

1.5.5.7. Flujo continuo mediante células en U

Una eficiente distribución de planta, en este caso formando una U, permite la fluidez en una línea de producción relacionando las actividades, personas, materiales y la información, de tal forma que la célula en U diseñada produzca a un ritmo muy cercano al tiempo de ciclo planificado. Asimismo, esto permite reducir las paradas por la espera del material, por averías ocurridas o por transportes innecesarios ocurridos durante el proceso. Según Madariaga (2019), si se desea aplicar una nueva distribución de planta, se deben considerar las siguientes características de las células en U:

- El *Layout* en U minimiza la distancia de retorno que los operarios tienen que recorrer para iniciar un nuevo ciclo.
- Una célula en U puede estar compuesta entre tres (03) y dieciséis puestos de trabajo.
- Una célula en U puede estar compuesta por una combinación de máquinas/puestos manuales, semiautomáticos y automáticos.
- Como referencia, el ancho del pasillo interno de una célula en U debe estar comprendida entre 1,50 y 1,75 metros.
- Normalmente, no siempre, los operarios transfieren manualmente una sola pieza de puesto en puesto (*one piece flow*).

- Las tareas de cada operario deben estar estandarizadas mediante una hoja de trabajo estándar.
- Un operario puede realizar parte de las operaciones del proceso sin que estas sean necesariamente consecutivas.

Intel, fabricante de chips para computadoras, es un ejemplo de una empresa que ha implementado la metodología de flujo continuo en su línea de producción, quienes hace unos años atrás demoraban 14 semanas en fabricar un chip; sin embargo, actualmente ese tiempo se ha reducido a 10 días.

1.5.6. Indicadores de desempeño relacionados a *Lean Manufacturing*

Los indicadores de desempeño, o también llamados KPI's, son herramientas fundamentales para dirigir una empresa, un proceso o un equipo. Asimismo, el pensamiento *Lean* indica que no podemos gestionar algo que no hemos medido, lo cual significa que es importante analizar las medidas o los ratios que indiquen cómo se está llevando a cabo un proceso y actuar al respecto frente a esto. A continuación, se explican dos indicadores de desempeño que son analizados más adelante dentro de la empresa en estudio.

1.5.6.1. Utilización de la capacidad de planta

Según Barrera (2017), la capacidad de planta permite conocer lo máximo que se puede producir bajo ciertas condiciones dadas como: diseño de planta, tecnologías, procesos, productos, entre otros. Además, uno de los indicadores más importantes que involucra la capacidad de planta es la Utilización, la cual muestra la relación entre el resultado real de la producción y la capacidad de diseño de la planta. Mientras más grande sea este indicador, aumentan la competitividad dentro del mercado.

Esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$Utilización = \frac{Resultado Real}{Capacidad de Diseño}$$

Donde:

- Resultado real: Lo obtenido actualmente.
- Capacidad de diseño o ideal: Resultado máximo obtenible.

1.5.6.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

También conocido, en español, como Eficiencia Total o Global del Equipo (ETE o EGE).

Este métrico esbelto fue desarrollado por Seiichi Nakajima, un ingeniero y docente japonés, quien es considerado como el pionero del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés: *Total Productive Maintenance*), una metodología responsable de que los equipos y máquinas funcionen correctamente cuando se les requiera, incrementando la producción dentro de las especificaciones de calidad solicitadas por el cliente y logrando una mayor utilidad neta.

Así mismo, este métrico permite evaluar de manera global la efectividad de un equipo, máquina o línea de producción. Por otro lado, mide el porcentaje de producción planeada que efectivamente se está entregando en el *lead time* acordado, en otras palabras, sin problemas de eficiencia, utilización y deficiente calidad.

Según Cabrera (2012), la OEE mide la eficiencia (hacer que las cosas salgan bien) y la eficacia (capacidad para hacer las cosas correctamente) con el equipo, que a su vez incorpora tres indicadores básicos del rendimiento y confiabilidad del equipo: disponibilidad, rendimiento y calidad. La fórmula de este indicador se expresa de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad (D) \times Rendimiento (R) \times Calidad (C)$$

Donde:

- Disponibilidad: Indica el porcentaje del tiempo que una máquina, un equipo, una estación de trabajo o, incluso, una línea está realmente operando de acuerdo con el tiempo programado. A este indicador le afectan las pérdidas de disponibilidad, relacionado con el tiempo perdido por la máquina en averías, esperas y cambios de referencia.

$$Disponibilidad = \frac{T \text{ Disponible}}{T \text{ Planificado}}$$

Además:

$$T \text{ Disponible} = T \text{ Planificado} - \text{Pérdidas disponibilidad}$$

Se consideran pérdidas de disponibilidad al tiempo perdido por averías, esperas y cambios de referencia en las máquinas.

- Rendimiento: Indica qué porcentaje de la capacidad total de salida de un equipo, máquina, línea o planta está siendo utilizada en un determinado punto en el tiempo. A este indicador le afectan las pérdidas de rendimiento, lo cual se refiere al tiempo perdido por la máquina en microparadas y ciclos lentos.

$$\text{Rendimiento} = \frac{T \text{ Funcionamiento Neto}}{T \text{ Tiempo Disponible}}$$

Además:

$$T \text{ Funcionamiento Neto} = \sum N^{\circ} \text{ piezas OK y NOK} \times T \text{ ciclo estándar}$$

- Calidad: Es la relación de número de piezas defectuosas realizadas de un total de la producción. En otras palabras, es el tiempo empleado para producir piezas buenas (OK) en un tiempo estandarizado. Usualmente, se obtiene a través de un muestreo.

$$\text{Calidad} = \frac{T \text{ Efectivo}}{T \text{ Funcionamiento Neto}}$$

Donde:

$$T \text{ Efectivo} = T \text{ Funcionamiento Neto} - \text{Pérdidas calidad}$$

Se consideran pérdidas de calidad al tiempo perdido por una pieza defectuosa fabricada desde el arranque.

Asimismo, este valor se puede hallar también de la siguiente forma:

$$T \text{ Efectivo} = \sum N^{\circ} \text{ Piezas OK} \times T \text{ ciclo estándar}$$

En la Figura 1.13, se muestran las pérdidas de disponibilidad, rendimiento y calidad, que afectan directamente al indicador OEE.

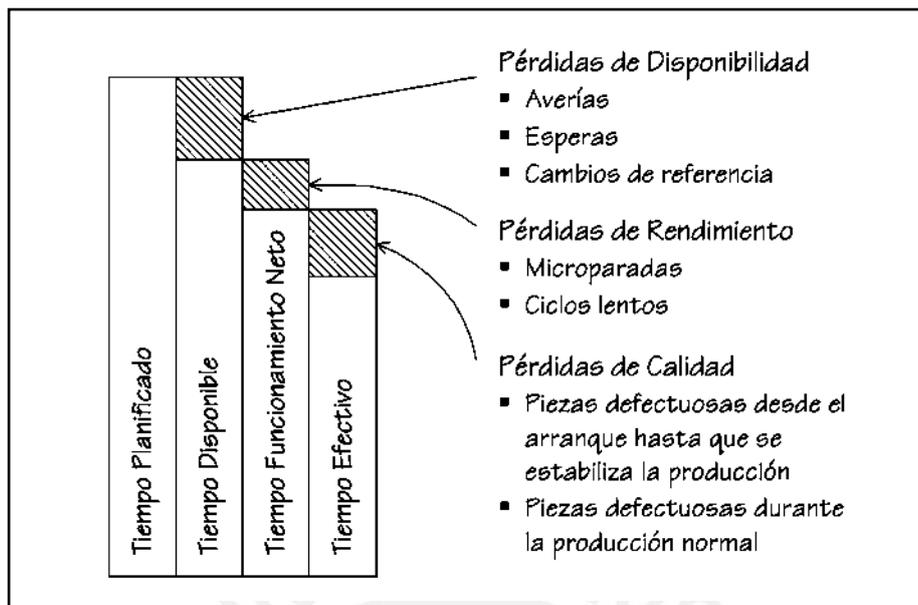


Figura 1.13: Las pérdidas en una empresa

Fuente: MADARIAGA (2019)

Con el objetivo de comprender los datos que se necesitan para calcular este indicador, se muestra el siguiente ejemplo:

La Figura 1.14 muestra los datos necesarios para calcular la disponibilidad, el rendimiento, la calidad y, finalmente, el OEE.

DATOS		
Tiempo Planificado (h)	7,75	
Tiempo pérdidas averías (min)	15	
Esperando materia prima (min)	20	
	Ref. 1	Ref. 2
Tiempo de Cambio (min)	30	40
Tiempo de Ciclo Estándar (s)	50	45
Piezas OK turno	224	154
Piezas NOK turno	20	18

Figura 1.14: Datos necesarios para calcular el OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad

Fuente: MADARIAGA (2019)

En la Figura 1.15, se muestra la aplicación de las fórmulas mencionadas anteriormente, con las cuales se logran hallar los valores de los indicadores de disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE.

CÁLCULOS		
O.E.E.	65%	$= (224*50 + 154*45)/(7,75*3600)$
Pérdidas de Disponibilidad (h)	1,75	$= (15 + 20 + 30 + 40)/60$
Disponibilidad	77%	$= (7,75 - 1,75)/7,75$
Rendimiento	92%	$= ((224+20)*50 + (154+18)*45) / ((7,75 - 1,75)*3600)$
Pérdidas de Rendimiento (h)	0,46	$= (7,75 - 1,75)*(1 - 0,92)$
Calidad	91%	$= (224*50 + 154*45)/((224+20)*50 + (154+18)*45)$
Pérdidas de Calidad (h)	0,50	$= (20*50 + 18*45)/3600$

Figura 1.15: Cálculo de OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad

Fuente: MADARIAGA (2019)

Estos tres (03) valores son útiles para hallar el indicador de la Eficiencia Global del Equipo. Usando la fórmula, este indicador es el siguiente:

$$OEE = 77\% \times 92\% \times 91\% = 65\%$$

Este valor muestra un indicador deficiente con respecto a las empresas que, actualmente, tienen un mejor rendimiento.

Según Guillén (2019), las empresas con mayor éxito en sus procesos productivos deberían tener los siguientes indicadores:

- Disponibilidad: más de 90%
- Rendimiento: más de 95%
- Calidad: más de 99%
- Efectividad Global del Equipo (OEE): más de 85%

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

En este capítulo, se presenta la descripción de la empresa. Además, se hallan los problemas que afectan al proceso de elaboración del producto estrella, como también las causas que los originan. Con esta información, se plantean las propuestas de mejora para disminuir o eliminar las causas que generan los problemas en el proceso de producción.

2.1. Descripción de la empresa

En esta parte, se describe detalladamente a la empresa escogida para el análisis de su proceso productivo.

2.1.1. Sector y actividad económica

Según el Instituto Peruano de Economía (IPE), esta empresa pertenece al sector secundario, el cual está vinculado con actividades de industria manufacturera, en este caso, la industria de confecciones de plástico.

2.1.2. La empresa

La pequeña empresa está ubicada en el distrito Chorrillos hace aproximadamente 11 años. Al principio, fabricaba y vendía matrices a diferentes empresas de sellado por alta frecuencia. Sin embargo, actualmente, durante campañas anuales, trabaja directamente con una gran empresa de plásticos, como tercerizadora de sus diferentes productos útiles. Asimismo, posee tres (03) familias de productos: fólderes, porta cuadernos y, hoy en día, portapapeles.

Por otro lado, es importante reconocer que esta pequeña empresa obtuvo el tercer lugar en el proyecto “Fortalecimiento de los servicios de extensionismo tecnológico aplicados al campo de los materiales poliméricos”, organizado por una reconocida universidad a nivel nacional y financiado por el programa Innóvate Perú del Ministerio de Producción. En este proyecto, se implementaron metodologías de mejora de procesos en la línea de fólderes, como 5's y Kaizen, lo que generó estandarización, calidad, mejora de este producto y el incremento de su productividad.

Actualmente, la línea de producción está conformada por 20 trabajadores; sin embargo, en campañas escolares, la línea completa puede abarcar entre 40 y 50 trabajadores. Cabe resaltar, que en otras temporadas del año también se cuenta con más de una línea de fabricación; para todas ellas se trabaja con el indicador producción/día. El horario laboral en la planta es de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 6:00 p.m. con una hora de almuerzo a la 1:00 p.m., y los sábados de 8:00 a.m. a 1:00 p.m.

2.1.3. Proveedores, clientes y productos principales

En esta parte, se presentan los proveedores, clientes y el producto principal de la empresa.

a. Proveedores.

La empresa trabaja directamente con una gran empresa dedicada al rubro de plásticos, quien le provee semanalmente bobinas de PVC transparente que varían entre 14 y 19 kilogramos de peso bruto.

b. Clientes.

De la misma forma, el proveedor de la empresa viene a ser su único cliente, quien semanalmente recibe 245 cajas de 500 unidades del producto estrella aproximadamente.

c. Producto principal.

El producto que se está fabricando actualmente es el portapapel, también conocido como mica. Este producto está elaborado de PVC transparente y tiene una dimensión aproximada a una hoja A4, sin considerar el borde troquelado que permite archivarlo. El valor actual del indicador de productividad de este producto es de 25,000 portapapeles/día.

2.1.4. Perfil organizacional y principios empresariales

a. Visión: Ser líderes en el mercado local en los productos y servicios que ofrecemos.

b. Misión: Fabricar matrices y prestar servicios de sellado para ser ofrecidos a nuestros clientes con puntualidad, calidad, rapidez y flexibilidad.

c. Valores organizacionales:

- Responsabilidad

- Compromiso
- Integridad
- Respeto
- Adaptación al cambio
- Trabajo en equipo.

d. Política de calidad: Generar como máximo el 2% de productos defectuosos de la producción diaria.

e. Política de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente: Para lograr la seguridad y salud en el trabajo, y el cuidado del medio ambiente, la empresa posee la siguiente política dentro de su área de producción:

- Reglamento de seguridad y salud en el trabajo.
- Mapa de riesgos: En la entrada del área de producción, se encuentra el *Layout* de la planta, donde se muestran, con diferentes colores, aquellos lugares que poseen mayor peligro.
- Equipos de protección personal: Cada trabajador cuenta con Elementos de Protección Personal (EPP), según la actividad que va a realizar. Por ejemplo, todos los trabajadores poseen tapones con arco para la protección auditiva y también cofias para la protección de su cabello. Por otro lado, a los trabajadores ubicados en la estación de sellado se le brinda guantes resistentes al calor.
- Señalización en caso de sismos: El área de trabajo cuenta con la señalización de las columnas en caso de sismos, como también un plan de contingencia para la evacuación de los trabajadores en situaciones más peligrosas.
- Segregación de residuos sólidos: La empresa cuenta con tachos rotulados que permiten la correcta segregación de los residuos sólidos generados. Asimismo, las estaciones de trabajo que generan desperdicios de plástico cuentan con un tacho propio para su posterior reciclaje.

2.1.5. Organización actual de la empresa

En la Figura 2.1, se muestra el organigrama actual de la empresa.

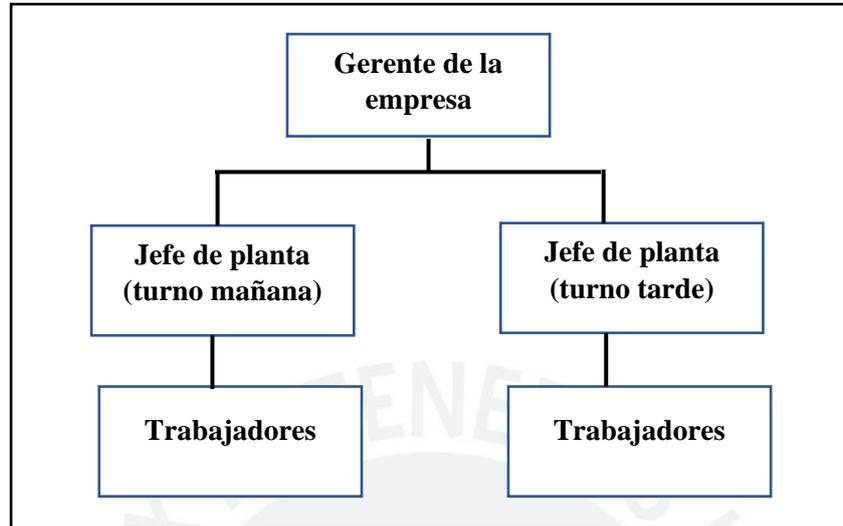


Figura 2.1: Organigrama actual de la empresa

- Gerente de la empresa: Es el encargado de toda la parte administrativa como contable en la empresa. Asimismo, revisa los expedientes del personal nuevo en el área de producción. Además, supervisa que se cumpla el reglamento interno de la empresa.
- Jefes de planta: Actualmente, hay dos jefes de planta, uno encargado del turno mañana y otro del turno tarde. Estos se encargan de supervisar el buen manejo de las máquinas y equipos, y de planificar la producción diaria.
- Trabajadores: Actualmente, se cuenta con 20 trabajadores; sin embargo, estos podrían incrementar a 50 en época escolar.

2.1.6. Instalaciones y medios operativos

A continuación, se presenta una descripción de la planta actual, el tipo de producción de la empresa y las maquinarias existentes.

2.1.6.1. Distribución de planta

El terreno de la empresa está ubicado en el distrito de Chorrillos y tiene un área aproximada de 200 m². Esta área se divide en cuatro (04) espacios principales: la oficina administrativa del gerente de la empresa, el almacén de materia prima, el almacén de producto terminado y el área de producción.

Por otro lado, el área de producción se encuentra dividido en tres espacios, pero adyacentes; en dos de ellos se encuentran las máquinas grandes, que generan ruido, y en la otra se realizan actividades como el embolsado, el sellado de bolsas y el empaquetado.

A continuación, en la Figura 2.2, se muestra el *Layout* del área de producción de la empresa.

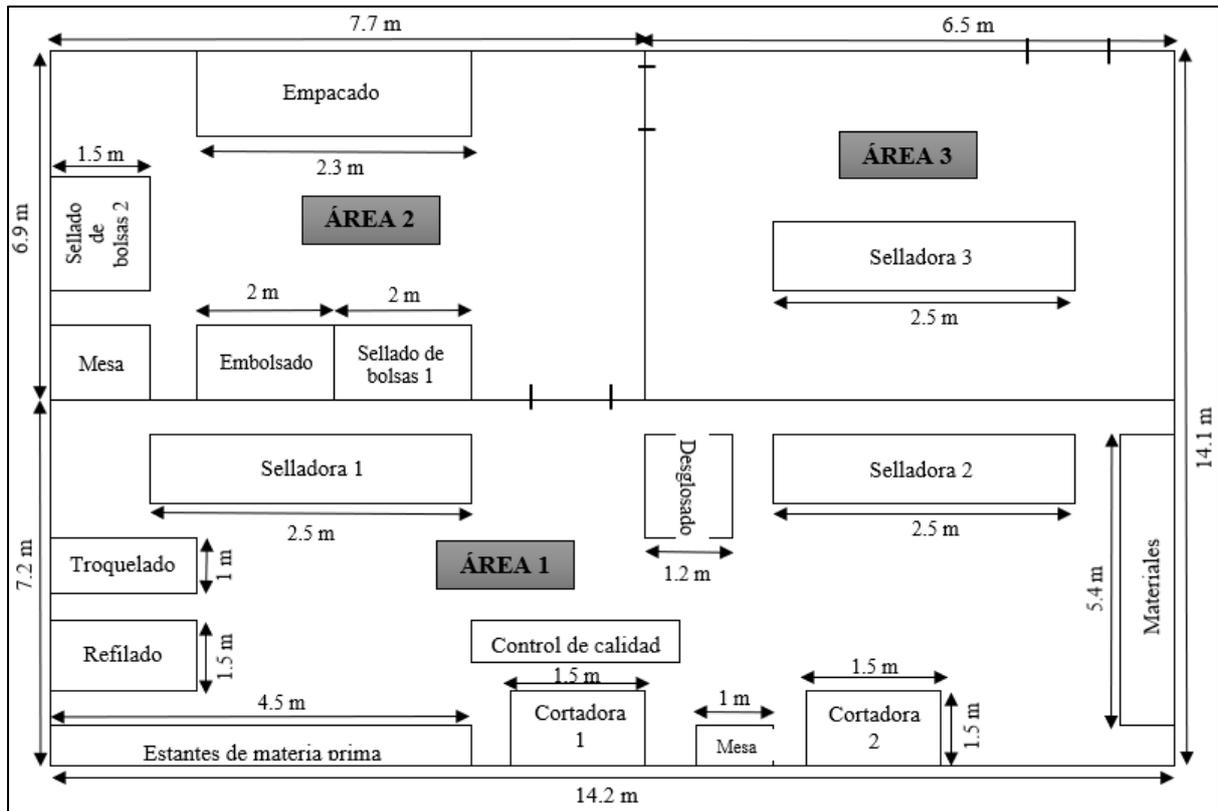


Figura 2.2: *Layout* del área de producción

2.1.6.2. Tipo de producción

Actualmente, el tipo de producción de la empresa es por lotes, ya que las actividades en esta línea de producción no están estandarizadas. Además, se repite el mismo producto en un volumen no muy alto, debido a que varias de sus actividades son manuales, por lo que no sigue un flujo continuo. Asimismo, se trabaja bajo pedido de su único cliente, quien le pide una cantidad de un mismo producto en un tiempo asignado.

2.1.6.3. Maquinaria

La empresa cuenta con tres (03) máquinas de sellado; sin embargo, actualmente, solo se usan dos (02); asimismo, dos (02) corta plano y dos selladores (02) de bolsa, de los cuales solo uno (01) es usado en ambos casos; además, una (01) máquina troqueladora y una (01) refiladora.

2.1.6.4. Materia prima

La materia prima usada para la fabricación de los portapapeles llega como bobinas de PVC transparente con peso bruto entre 14 y 19 kilogramos. Este material plástico es resistente a la humedad y a la intemperie, pero no a las temperaturas elevadas, por lo que se le debe añadir diversos estabilizantes para su conservación.

2.1.7. Mapa de procesos

En este apartado, se observan los procesos estratégicos, operativos y de apoyo en el mapa de procesos de la empresa (Figura 2.3). Así mismo, cabe resaltar, que este estudio se basa en uno de los procesos operativos: fabricación de materiales de útiles escolares.

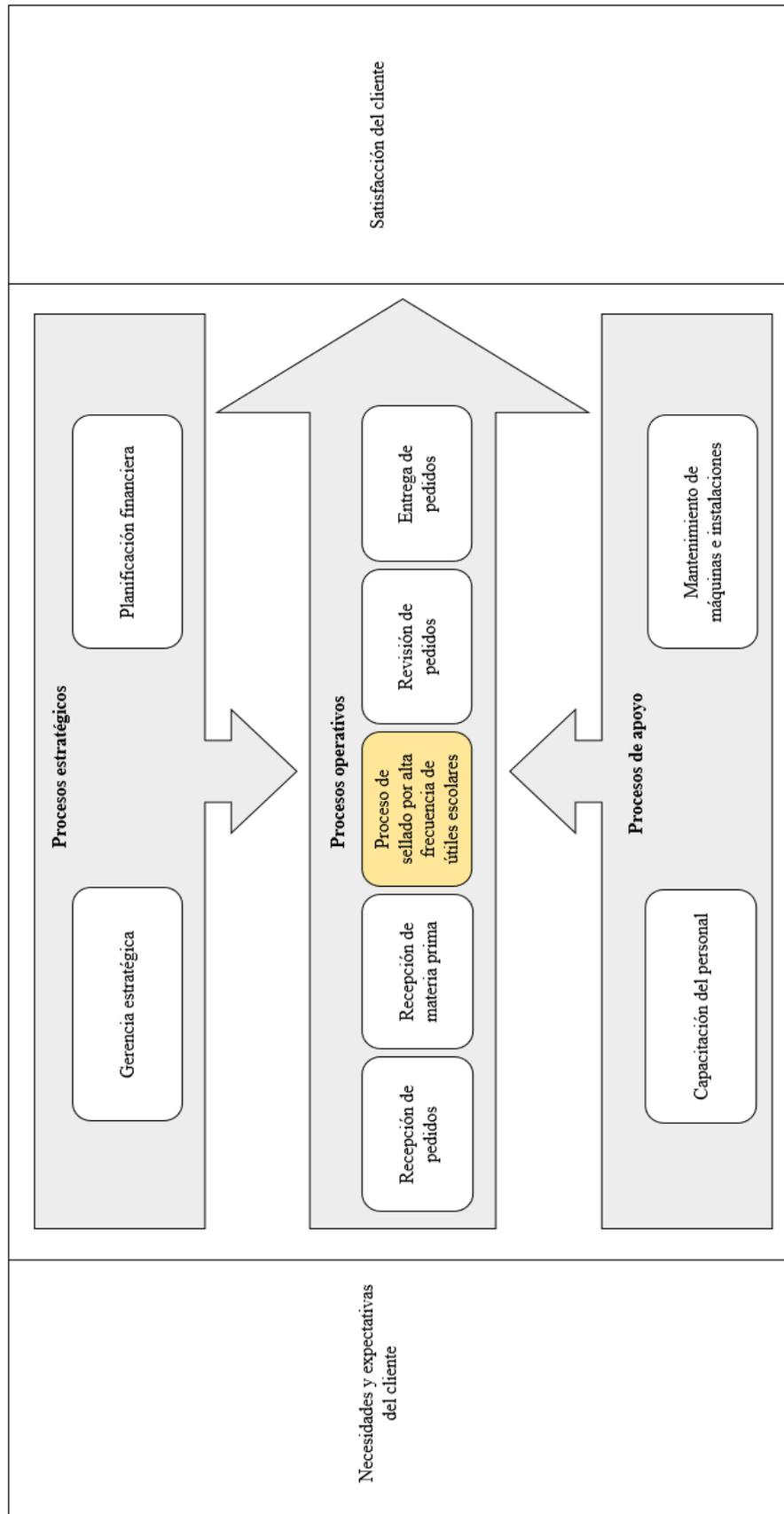


Figura 2.3: Mapa de procesos de la empresa

2.2. Diagnóstico de la empresa

En este acápite, se muestra detalladamente el proceso de fabricación que sigue un producto en la empresa y se define el producto estrella. Así mismo, usando las herramientas del VSM, *takt time*, 7+1 desperdicios, evaluación ergonómica, OEE, tormenta de ideas y diagrama de Ishikawa se determinan los problemas principales generales para clasificarlos en diferentes grupos de problemas principales en el área de producción y se analizan las causas que los generan. Después, se grafican diagramas de barras de las causas y se realiza un diagrama de Pareto para hallar las causas principales. Finalmente, se analizan las contramedidas que permitirán la reducción o eliminación de los problemas encontrados.

2.2.1. Selección del proceso principal de la empresa

El presente estudio, se enfoca en el único proceso de fabricación dentro de la empresa: el proceso de sellado por alta frecuencia de útiles escolares.

2.2.2. Selección de la familia principal de productos

En esta parte, se determina la familia de productos más representativa. Para ello, se usa la información histórica de producción unitaria (Tabla 2.1) y ventas por cajas (Tabla 2.2), por familia en el año 2019.

Tabla 2.1 Producción unitaria por familia de productos en el año 2019

Familia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Producción total	Porcentaje
Portapapeles	720,637	720,637	720,637	554,336	554,336	554,336	554,336	554,336	554,336	554,336	720,637	720,637	7,483,537	48%
Porta cuadernos	432,383	432,383	432,383	332,602	332,602	332,602	332,602	332,602	332,602	332,602	432,383	432,383	4,490,129	29%
Fólderes	360,318	360,318	360,318	277,168	277,168	277,168	277,168	277,168	277,168	277,168	360,318	360,318	3,741,766	24%
													15,715,432	

Tabla 2.2 Ventas por caja por familia de productos en el año 2019

Familia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Ventas totales	Porcentaje
Portapapeles	S/35,311	S/35,311	S/35,311	S/27,162	S/27,162	S/27,162	S/27,162	S/27,162	S/27,162	S/27,162	S/35,311	S/35,311	S/366,693	41%
Porta cuadernos	S/25,511	S/25,511	S/25,511	S/19,624	S/19,624	S/19,624	S/19,624	S/19,624	S/19,624	S/19,624	S/25,511	S/25,511	S/264,918	30%
Fólderes	S/24,862	S/24,862	S/24,862	S/19,125	S/19,125	S/19,125	S/19,125	S/19,125	S/19,125	S/19,125	S/24,862	S/24,862	S/258,182	29%
													S/889,793	

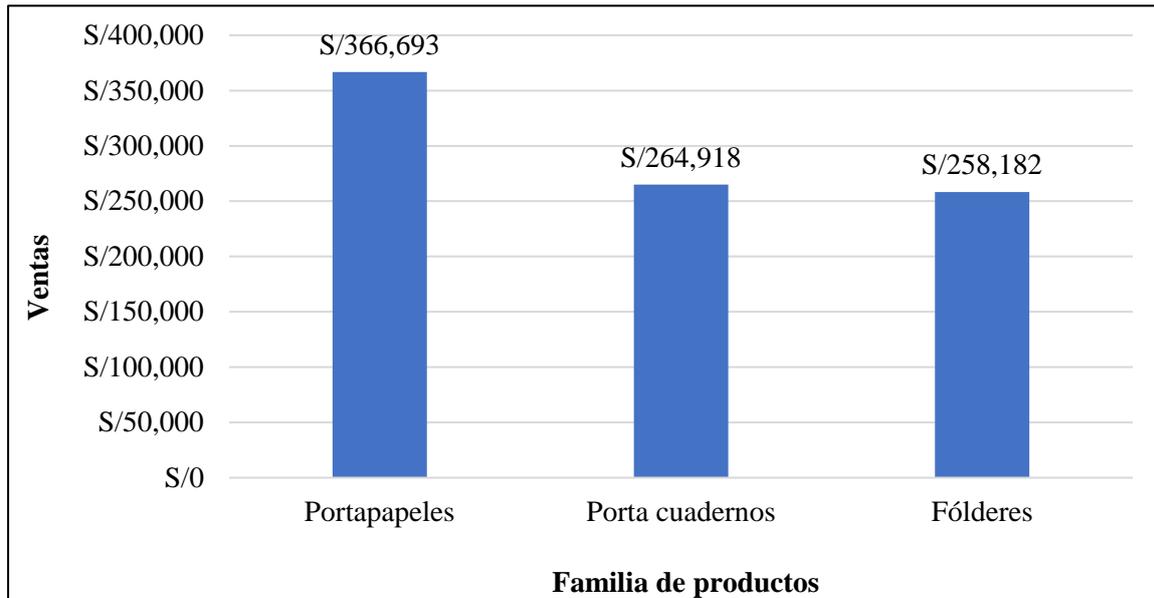


Figura 2.4: Diagrama de barras para la selección de la familia de productos más representativa

Por lo tanto, la familia de productos más representativa es la de los portapapeles, ya que tiene una producción anual de 7,483,537 unidades, la cual representa el 48% de producción, en comparación con las otras familias de productos. Así mismo, en la Figura 2.4 se muestra la comparación de las ventas anuales de cada familia, por lo que se ve una ventaja de S/. 366,693 en la familia de portapapeles, la cual representa el 41%.

2.2.3. Selección del producto estrella

En este caso, el único producto de la familia más representativa son los portapapeles, elaborados con PVC transparente, el cual será de ahora en adelante el producto estrella en estudio.

A continuación, se explica y se muestra en fotografías tomadas en la empresa cada una de las actividades del proceso productivo de la elaboración de portapapeles, según el diagrama de bloques de la Figura 2.5.

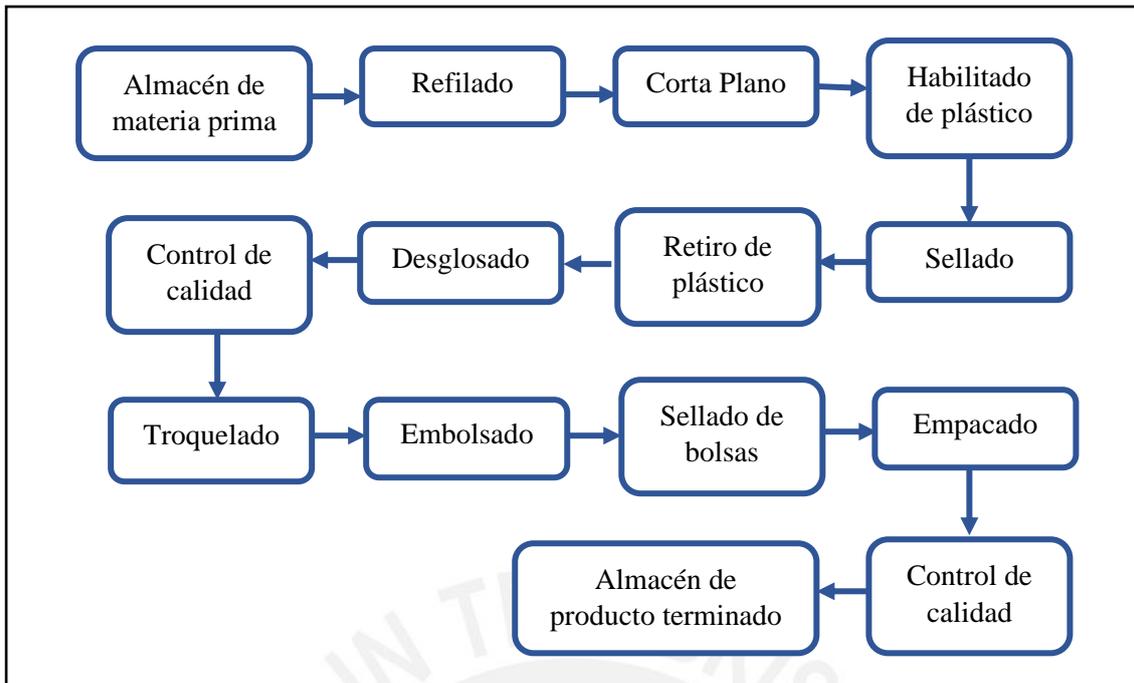


Figura 2.5: Proceso central de la elaboración de portapapeles

1. Almacén de materia prima.

En esta área se almacenan los insumos que llegan por parte del proveedor, entre ellos, las bobinas PVC, las bolsas prediseñadas para el embolsado de los portapapeles y las cajas para el empaquetado del producto final. En la Figura 2.6, se muestra el almacén de materia prima.



Figura 2.6: Almacén de materia prima

2. Refilado.

Las bobinas son llevadas a la refiladora y colocadas por un operario capacitado. En esta parte se realiza una abertura, también conocida como boca, en uno de los extremos de la bobina.

En la Figura 2.7, se observa a un operario realizando la actividad refilado.



Figura 2.7: Actividad refileado

3. Corta plano.

La bobina refileada es llevada a un corta plano, donde un operario capacitado la ubica y empieza a cortar lámina por lámina, de forma manual y con una medida específica. Actualmente, se corta un promedio de 40 bobinas al día. En la Figura 2.8, se visualiza a un operario realizando la actividad corta plano.



Figura 2.8: Actividad corta plano

4. Habilitado de plástico.

Las piezas cortadas son llevadas a la operación habilitado de plástico, donde se colocan en un espacio establecido con adhesivos sobre una plataforma metálica rectangular con la finalidad de que no se mueva durante la siguiente operación de sellado. Esta actividad se realiza manualmente y se observa en la Figura 2.9.



Figura 2.9: Actividad habilitado de plástico

5. Sellado por alta frecuencia.

Considerada como la operación más importante y, además, el cuello de botella. En esta actividad se realiza el sellado por alta frecuencia. A esta técnica también se le conoce como HF (*High Frequency*) o frecuencia de onda corta (*shortwave*), la cual consiste en unir dos hojas del mismo material, en este caso PVC, por medio de vibración y presión; esta unión es provocada cuando la selladora hace vibrar las piezas de plástico con frecuencia de onda corta y se aplica a su vez una fuerte presión sobre estas, de tal forma que la rápida y constante vibración mecánica transmita energía suficiente para calentar el material sin derretirlo, y sean unidas con la presión que se les aplique. Por otro lado, en esta actividad, una matriz ya colocada en la máquina genera dos portapapeles y el sellado del nombre de la marca en el plástico. En la Figura 2.10, se muestra la actividad de sellado por alta frecuencia.



Figura 2.10: Actividad sellado

6. Retiro de plástico.

Se procede a retirar la pieza sellada de la plataforma metálica. Esta actividad se realiza manualmente y el operario debe realizar un giro de 90° para colocar la pieza sellada en una mesa de apoyo, donde luego

son recogidas por otro operario para llevarlas a la siguiente actividad. En la Figura 2.11, se visualiza a un operario realizando esta actividad.



Figura 2.11: Actividad retiro de plástico

7. Desglosado.

En el desglosado se juntan los portapapeles en grupos de diez (10); en esta operación se generan los desperdicios, que son colocados en un tacho para luego reciclarlos a la misma empresa proveedora. En la Figura 2.12, se muestra a dos (02) operarios realizando la actividad desglosado.



Figura 2.12: Actividad desglosado

8. Control de calidad del producto en proceso.

En esta parte, se revisa que los portapapeles estén bien refilados, y que no existan dobleces o malformación del material a causa de la temperatura. En la Figura 2.13, se muestra a un operario realizando el control de calidad del producto.



Figura 2.13: Control de calidad

9. Troquelado.

En grupos de diez (10) son llevados a la troqueladora: máquina que les hace agujeros en uno de los lados de mayor longitud. Esta actividad la realiza solo un operador, quien necesita usar tapones para oídos debido al alto ruido que genera en ese momento. En la Figura 2.14, se visualiza a un operario realizando la actividad troquelado.



Figura 2.14: Actividad troquelado

10. Embolsado.

En esta actividad se van embolsando los portapapeles en grupos de diez (10). Esta operación es manual y la realiza solo un operador. En la Figura 2.15, se observa a un operario realizando la actividad embolsado.



Figura 2.15: Actividad embolsado

11. Sellado de bolsas.

El sellado de bolsas también se realiza de manera manual con un sellador de bolsas que trabaja con altas temperaturas. Esta operación la realiza solo un trabajador y se muestra en la Figura 2.16.



Figura 2.16: Actividad sellado de bolsas

12. Empacado.

Se empacan las bolsas selladas en unas cajas de cartón otorgadas por el proveedor. En ella se colocan 50 bolsas de diez (10) unidades cada una. Luego se embala y se lleva al siguiente paso. En la Figura 2.17, se visualiza la actividad empaquetado.



Figura 2.17: Actividad empaquetado

13. Control de calidad del producto terminado.

Las cajas embaladas se llevan al almacén de producto terminado, se apilan en una paleta y son contadas. Luego, para su control de calidad, se abren entre 20 y 25 cajas diarias. Primero, se cuenta que estén las 50 bolsas; después, se revisa el sellado de la bolsa, la boca del portapapel y el troquelado. Todas estas observaciones se deben hacer sin abrir la bolsa. Al final de la revisión, se vuelve a embalar y se deja en el almacén.

14. Almacén de producto terminado.

Finalmente, los productos terminados son llevados al almacén para acumularlos en paletas de 112 cajas de capacidad. En la Figura 2.18 se observa el almacén de los productos terminados.



Figura 2.18: Almacén de producto terminado

2.2.4. VSM actual de la empresa

Otra herramienta para identificar desperdicios en todo el proceso de producción es el Mapeo de Flujo de Valor (VSM), el cual muestra la secuencia de todo aquello que el cliente valora. La finalidad de usarlo es eliminar o, al menos, reducir los desperdicios hallados.

En la Figura 2.19 se muestra el VSM actual de la empresa. En cada actividad mostrada se coloca una caja de datos con la siguiente información expresada en variables:

- El Tiempo de Ciclo (TC): Es el tiempo entre la elaboración de una pieza o producto terminado y la siguiente.
- Operarios: Indica el número de operarios necesarios en cada actividad.
- UPTIME: Indica el porcentaje del tiempo de utilización de las máquinas.
- Tiempo Disponible (TD): Es el tiempo disponible total diario, enfocado solo a la producción. En la Tabla 2.3, se muestran los tiempos disponibles durante una semana laboral. En este caso, se considera en el estudio, el tiempo disponible de un día de semana de nueve (09) horas laborales: 31,140 segundos.

Tabla 2.3 Tiempos disponibles durante el horario laboral diario

Días	Tiempo disponible sin suplementos (h)	Tiempo disponible sin suplementos (min)	Tiempo por necesidades personales y fatiga por monotonía* (min)	Tiempo disponible con suplementos (min)	Tiempo disponible con suplementos (seg)
Lunes	9	540	21	519	31,140
Martes	9	540	21	519	31,140
Miércoles	9	540	21	519	31,140
Jueves	9	540	21	519	31,140
Viernes	9	540	21	519	31,140
Sábado	5	300	18	282	16,920

*Se consideran 15 minutos para que los trabajadores acudan a los servicios higiénicos, y seis (06) minutos de descanso por fatiga de actividades monótonas. Para el descanso, de lunes a viernes, se realizan estiramientos durante un (01) minuto, cada 90 minutos. Por otro lado, los sábados se realizan estiramientos de un (01) minuto y medio, cada dos (02) horas

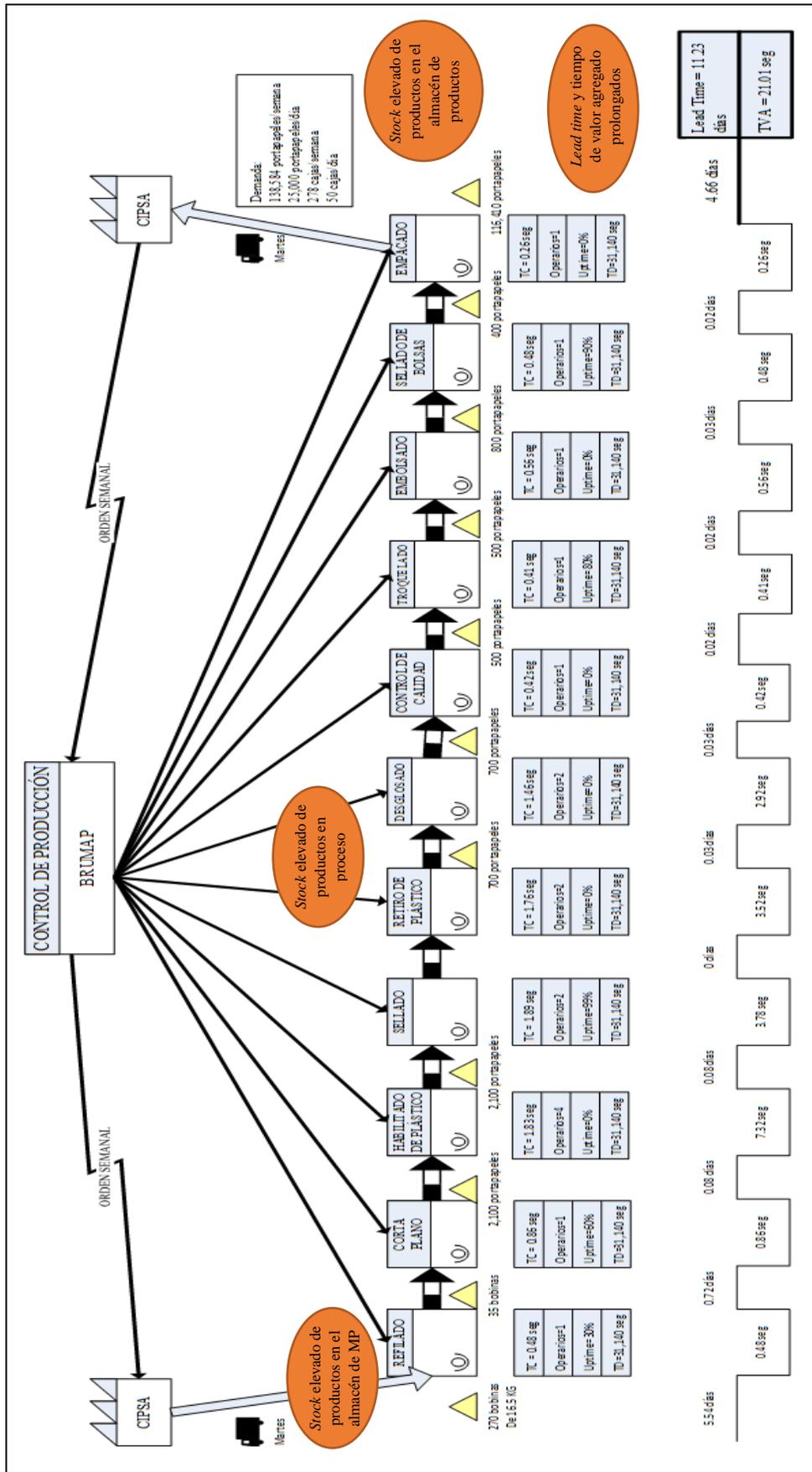


Figura 2.19: VSM actual de la empresa

En el Mapeo de Flujo de Valor actual de la empresa, se entiende a la unidad de producción, como la cantidad de portapapeles que se fabrican durante una semana en la empresa.

Por otro lado, un problema que se visualiza son las diferencias entre los tiempos de ciclo de cada operación. Esto genera demoras en algunas actividades, como también la acumulación de inventarios entre ellas, ya que no existe un flujo continuo en todo el proceso. Según Cabrera (2012), esta técnica se basa en implementar un flujo continuo de producción, libre de restricciones, gestionando los cuellos de botella, eliminando interrupciones y esperas; asimismo, busca reducir los tiempos de ciclo y con ello los costos, mejorando el tiempo de entrega.

Además, otro problema que se observa es un *lead time* prolongado. Se espera que toda la cantidad de productos terminados, requeridos por el cliente, les sean entregados al terminar la jornada laboral, en el sexto día de la semana. Sin embargo, se tiene un *lead time* de 11.23 días (tiempo en que actualmente se termina toda la producción solicitada).

Finalmente, se muestra un Tiempo de Valor Agregado (TVA) muy elevado (21.01 segundos), el cual se propone reducir en más del 40%.

2.2.5. Determinación del *takt time*

Es importante hallar el valor del *Takt Time* para determinar las actividades cuello de botella; este indicador es el que marca el ritmo en el cual el sistema de producción debería estar trabajando para cumplir con los requerimientos de la demanda. A continuación, se muestra la forma de hallarlo:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda} = \frac{31,140}{25,000} = 1.25\ seg/portapapel$$

En la Figura 2.20, se muestra un gráfico que compara los tiempos de cada actividad con el valor hallado del *Takt Time*.

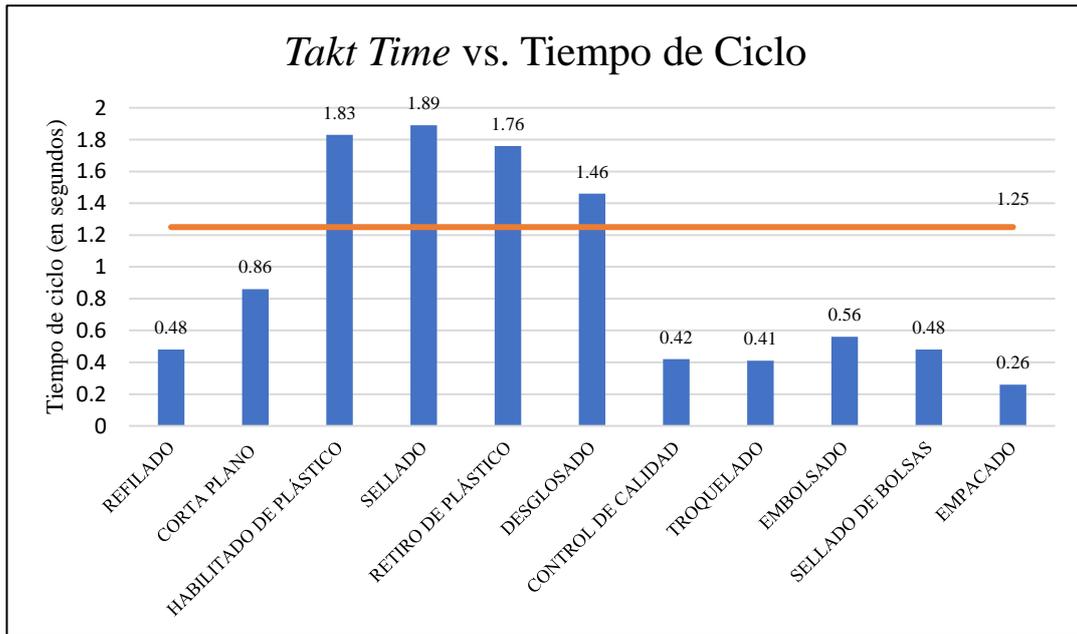


Figura 2.20: Gráfico *Takt Time* vs. Tiempo de Ciclo

Uno de los problemas que se observa en el gráfico, es que existen tiempos muy por debajo del *Takt Time*, como también otros que están por encima de este valor, lo cual significa que no existe un flujo continuo en la línea de producción. Además, se determinan como cuellos de botella a las operaciones habilitado de plástico, sellado, retiro de plástico y desglosado, debido a que sus tiempos de ciclo son mayores al valor del *Takt Time*. Por lo tanto, se consideran como operaciones que tienen un tiempo más crítico.

Finalmente, se observan inventarios entre algunas operaciones, ya que el tener los tiempos de ciclo muy por debajo del *Takt Time* genera sobreproducción. Si bien es cierto, estos productos en proceso, almacenados o esperando no son elevados en número, sí generan demoras al no continuar la siguiente actividad rápidamente.

2.2.6. Descripción e identificación de los 7+1 desperdicios

En este acápite, se hallan los desperdicios encontrados en el proceso de producción de portapapeles. Al finalizar, se muestra un resumen en una tabla de estos desperdicios y sus causas.

2.2.6.1. Transporte

El operario realiza traslados de la materia prima desde el almacén hacia el estante de bobinas de PVC transparente, ubicado en el área de producción. La distancia entre el almacén de materia prima y el estante es de 25 metros, y los traslados se realizan por lo menos 30 veces al día, entre tres (03) operarios, para abastecer la actividad de refilado con el material necesario. Además, se observan traslados del producto en proceso entre las actividades, tal como se visualiza en la Figura 2.21.



Figura 2.21: Trabajadores trasladando el producto en proceso

2.2.6.2. Tiempo de espera

Cada día antes de empezar con la jornada laboral, un trabajador que vive cerca de la empresa llega una hora antes para iniciar el tiempo de *setup* de la máquina. Sin embargo, algunas veces se retrasa la producción y se empieza minutos más tarde, debido a que el trabajador asignado no llega a tiempo al local. Así mismo, se observan esperas en la actividad habilitado de plástico por falta de material.

2.2.6.3. Defectos

En la línea de producción de la empresa, se trabaja con una temperatura de 23°C, ya que el material de PVC no puede ser expuesto al calor, por su sensibilidad a las temperaturas elevadas. Sin embargo, el almacén de materia prima no está acondicionado con esta temperatura, lo cual es un gran problema en verano, porque se presenta el 20% de materia prima no apta para ser procesada; la razón de esto se debe a que el material se encuentra pegajoso, lo cual genera defectos y demoras en la mayoría de las actividades.

Por otro lado, existen algunos errores por parte de los trabajadores. En ocasiones, no muy comunes, por distracción de los operarios, se utiliza la máquina selladora sin el material ubicado correctamente, lo que genera que la matriz se queme por un corto circuito. Esto produce defectos en el producto y, a su

vez, retrasos, ya que se detiene el proceso para realizar un cambio de matriz; algunas veces, se debe esperar a que esta sea arreglada. En la Figura 2.22, se visualiza la materia prima en pallets ubicada en el almacén.



Figura 2.22: Materia prima en pallets

2.2.6.4. Movimientos innecesarios

El operario que realiza la actividad corta plano debe ir hasta el área de refilado para buscar el material que necesita y así empezar su operación. Este se considera un movimiento innecesario, debido a que deja de realizar su actividad para ir a otra área en busca del material. En adición, este mismo operario, provee de material a la actividad de habilitado de plástico, parando sus actividades, para abastecer a otro trabajador.

2.2.6.5. Talento humano

Las decisiones que se toman dentro de la organización no involucran a los trabajadores, ya que no se realizan encuestas de ideas o la herramienta conocida como lluvia de ideas. Por lo tanto, se puede considerar como un desperdicio, debido a que no se le permite al operario desarrollar su creatividad e innovación en las mejoras que podrían realizarse dentro de la línea de producción, puesto que ellos son los que están más tiempo en ella y podrían haber observado distintas deficiencias.

Por lo tanto, al describir cada desperdicio encontrado dentro de la empresa, se observan los siguientes problemas: traslados recurrentes de material y productos en proceso por los operarios diariamente; retrasos en el tiempo de *setup*, como tiempos de espera en la actividad habilitado de plástico por falta de material; defectos en los productos en proceso por presencia de pegosidad en el material de plástico, como también por distracciones de los operarios; retrasos por búsquedas de material en el área de producción; y deficiente opinión de los trabajadores, involucrados en la fabricación del producto.

2.2.7. Evaluación ergonómica

Se han observado posturas inadecuadas en los trabajadores por la deficiente ergonomía, en las siguientes actividades del proceso productivo: corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas.

Como se muestra en la Figura 2.23, la actividad corta plano es muy repetitiva y de alto esfuerzo físico, ya que se requiere realizarlo con rapidez, para que no se generen demoras o falta de material para la siguiente actividad.



Figura 2.23: Deficiente ergonomía en la actividad corta plano

Para la actividad troquelado, se genera una deficiente postura en el trabajador, como el doblamiento de cuello, debido a que la operación se realiza de pie y a la altura de la cintura del operario. Asimismo, presiona un pedal cada vez que necesita realizar un troquelado, lo cual genera fatiga en el movimiento de pierna por la presión generada y el levantamiento de esta. Se observa este movimiento en la Figura 2.24.



Figura 2.24: Deficiente ergonomía en la actividad troquelado

Como se muestra en la Figura 2.25, la deficiente ergonomía en el área de control de calidad del producto en proceso puede generar fatiga y dolores musculares en el trabajador durante su jornada laboral.



Figura 2.25: Deficiente ergonomía en el área de control de calidad del producto en proceso

Por último, el sellado de bolsas, una actividad también repetitiva, genera esfuerzo del trabajador al ejercer presión cada vez que se sella una bolsa, como se muestra en la Figura 2.26. Asimismo, se produce una inadecuada posición del trabajador por la deficiente ergonomía en la silla del área de trabajo.



Figura 2.26: Deficiente ergonomía en la actividad sellado de bolsas

Por lo tanto, de la evaluación ergonómica realizada en estas cuatro (04) operaciones, se observan los siguientes problemas: deficientes posturas de los trabajadores, que pueden generar, a corto y mediano plazo, dolores musculares y, por ende, elevados costos en tratamientos de lumbalgia. Asimismo, las actividades realizadas de pie, durante todo el día, como también las operaciones repetitivas, generan un alto esfuerzo físico y cansancio en los trabajadores, lo cual puede reducir la productividad de los operarios en el horario de la tarde.

2.2.8. Análisis de la utilización de la capacidad de planta

Para determinar la utilización de la capacidad de planta, se realiza un estudio de trabajo en la línea de producción. Para ello, se halla teóricamente la producción diaria de portapapeles de la siguiente manera:

1. Se identifica la operación “cuello de botella” más crítico para determinar la cantidad de portapapeles terminados en un periodo de tiempo; la operación identificada fue el sellado por alta frecuencia. Luego, se toma el tiempo de esta actividad, el cual es de 3.78 segundos. Este tiempo es considerado como el Tiempo Normal (TN), es decir, el tiempo que demoraría un (01) operario en la fabricación de dos (02) portapapeles trabajando a un ritmo normal, ya que es importante mencionar que en cada matriz de sellado se elaboran dos (02) productos.

2. Se procede a hallar el Tiempo Estándar (TE), en el cual se consideran algunos suplementos del tiempo como necesidades personales, fatiga, mantenimiento y limpieza, y disturbios. En este caso, el porcentaje de suplementos aproximado que se usa es de 15%.

$$TE = TN \times \left(1 + \frac{\%Suplementos}{100}\right)$$

$$TE = 3.78 \times (1 + 0.15) = 4.347 \text{ segundos}$$

3. Luego, con este tiempo se determina la cantidad de portapapeles que se fabrican en un (01) minuto en una (01) máquina de sellado:

$$N^{\circ} \text{ de portapapeles en } 1 \text{ min} = \frac{60}{4.347} \times 2 = 27 \text{ unidades}$$

4. En el proceso de producción hay dos (02) máquinas selladoras en uso. Por lo tanto, la cantidad de portapapeles fabricados en un minuto es:

$$N^{\circ} \text{ de portapapeles en } 1 \text{ min} = 27 \times 2 = 54 \text{ unidades}$$

5. Después, se halla la cantidad de portapapeles que se deben fabricar en un día de semana de nueve (09) horas laborales:

$$N^{\circ} \text{ de portapapeles por día (esperado)} = 54 \times 60 \times 9 = 29,160 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, se puede observar que la cantidad de portapapeles a realizar por día debe ser de 29,160 unidades.

Sin embargo, se consultó al jefe de producción cuántas cajas de portapapeles habían producido durante ese día, y la respuesta fue 42 cajas. Esto en unidades es lo siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de portapapeles por día (real)} = 42 \times 500 = 21,000 \text{ unidades}$$

Finalmente, con estos datos se procede a determinar la utilización de la planta en un día de semana de nueve (09) horas de trabajo, con la siguiente expresión:

$$\text{Utilización de la planta} = \frac{21,000}{29,160} \times 100\% = 72\%$$

Tras estos cálculos, se puede llegar a la conclusión que un problema principal a analizar es la deficiente utilización de la planta, ya que no se está aprovechando la línea de producción en un 100%, puesto que el valor hallado fue de 72%.

Así mismo, se propone aumentar este indicador en al menos 90% después de aplicar las herramientas *Lean* propuestas y llegar a una producción de por lo menos 52 cajas diarias.

2.2.9. Análisis del OEE

Esta métrica permite evaluar de manera global la efectividad de la línea de producción; en otras palabras, mide el porcentaje de producción planeada que se está entregando efectivamente en el *lead time* acordado, es decir, sin problemas de eficiencias, utilización y deficiente calidad.

Para ello, se debe hallar cada uno de los siguientes indicadores: Disponibilidad (D), Rendimiento (R) y Calidad (C). Para este cálculo se consideraron las dos (02) máquinas selladoras que se usan en el proceso de producción, ya que esta operación fue considerada como cuello de botella.

A continuación, se muestran en la Tabla 2.4 los datos necesarios hallados para calcular el OEE, D, R y C.

Tabla 2.4 Tabla de datos necesarios para calcular el OEE, D, R y C

Datos	
Tiempo planificado (horas)	8.65
Tiempo pérdidas averías (min)	30
Esperando materia prima (min)	10
Tiempo de ciclo estándar (seg)	2.1735
Piezas OK por turno	19,530
Piezas NO OK por turno	1,470

Finalmente, con los datos hallados se procede a calcular el OEE actual. La Tabla 2.5 muestra un resumen de los indicadores mencionados.

Tabla 2.5 Tabla resumen de los valores actuales D, R, C y OEE

Indicador	Valor actual
Disponibilidad	92%
Rendimiento	79%
Calidad	93%
OEE	68%

Por lo tanto, durante el turno, la línea de producción ha tenido un OEE del 68%, es decir, ha perdido el 32% del tiempo planificado. Se observa que los indicadores de rendimiento y calidad son menores a los requeridos, por lo que los problemas principales son los tiempos perdidos en averías y esperando la materia prima, y los portapapeles defectuosos por turno.

Según Guillén (2019), se considera un valor aceptable para empresas de clase mundial: $OEE \geq 85\%$. Así que, en este estudio, se logra llegar al menos a ese valor.

2.2.10. Listado de problemas

En la Tabla 2.6, se muestra un listado de los problemas identificados anteriormente, los cuales son clasificados en problemas principales del proceso.

Tabla 2.6 Problemas principales del proceso

Fuente	Problemas identificados	Problema principal
Transporte	Traslados de material y productos en proceso por los operarios diariamente	Deficiente nivel de producción
Tiempo de espera	Retrasos en el tiempo de <i>setup</i>	
Tiempo de espera	Retrasos por falta de material en la actividad habilitado de plástico	
Movimiento innecesario	Retrasos por búsquedas de material en el área de producción	
Talento humano	Deficiente opinión de los trabajadores involucrados en la fabricación del producto.	
VSM	<i>Stock</i> elevado de productos en proceso	
VSM	<i>Lead time</i> y tiempo de valor agregado prolongados	
Evaluación ergonómica	Cansancio en los trabajadores por posturas inadecuadas	
<i>Takt time</i>	Cuellos de botella y generación de inventarios	
OEE	Tiempos perdidos en averías y esperando la materia prima	
Utilización de la capacidad instalada	Deficiente utilización de la planta	Productos defectuosos
Defectos	Defectos en los productos en proceso por presencia de pegosidad en el material plástico	
Defectos	Defectos en los productos en proceso por distracción del operario	
VSM	<i>Stock</i> elevado de productos en almacenes de materia prima y producto terminado	
OEE	Portapapeles defectuosos	

2.2.11. Determinación de las causas principales

En este acápite, se hallan las causas que originan los dos (02) problemas principales identificados.

En primer lugar, se presenta el diagrama de Ishikawa, o también diagrama de causa y efecto, para cada problema principal encontrado.

En segundo lugar, se desarrolla una actividad con el gerente general de la empresa y los dos (02) jefes de planta (del turno mañana y turno tarde), llamada tormenta de ideas. A los tres (03) participantes se les presentan las causas de los problemas principales para que les asignen puntajes, según la importancia que tienen en el proceso. La clasificación de los puntajes establecidos en el *brainstorming* se muestra en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Clasificación de puntajes para el *brainstorming*

1	2	3	4	5
Nada importante	Poco importante	Importante	Muy importante	Demasiado importante

Después de esto, se obtiene el puntaje total y se seleccionan las causas con mayor puntaje. Además, se visualizan diagramas de barras con el orden de los puntajes obtenidos.

En tercer lugar, se realiza el diagrama de Pareto, el cual señala que el 80% de los efectos de un problema, está dado por el 20% de sus causas principales.

a. Deficiente nivel de producción

En la Figura 2.27, se muestran las causas principales del problema de deficiente nivel de producción en un diagrama de Ishikawa.

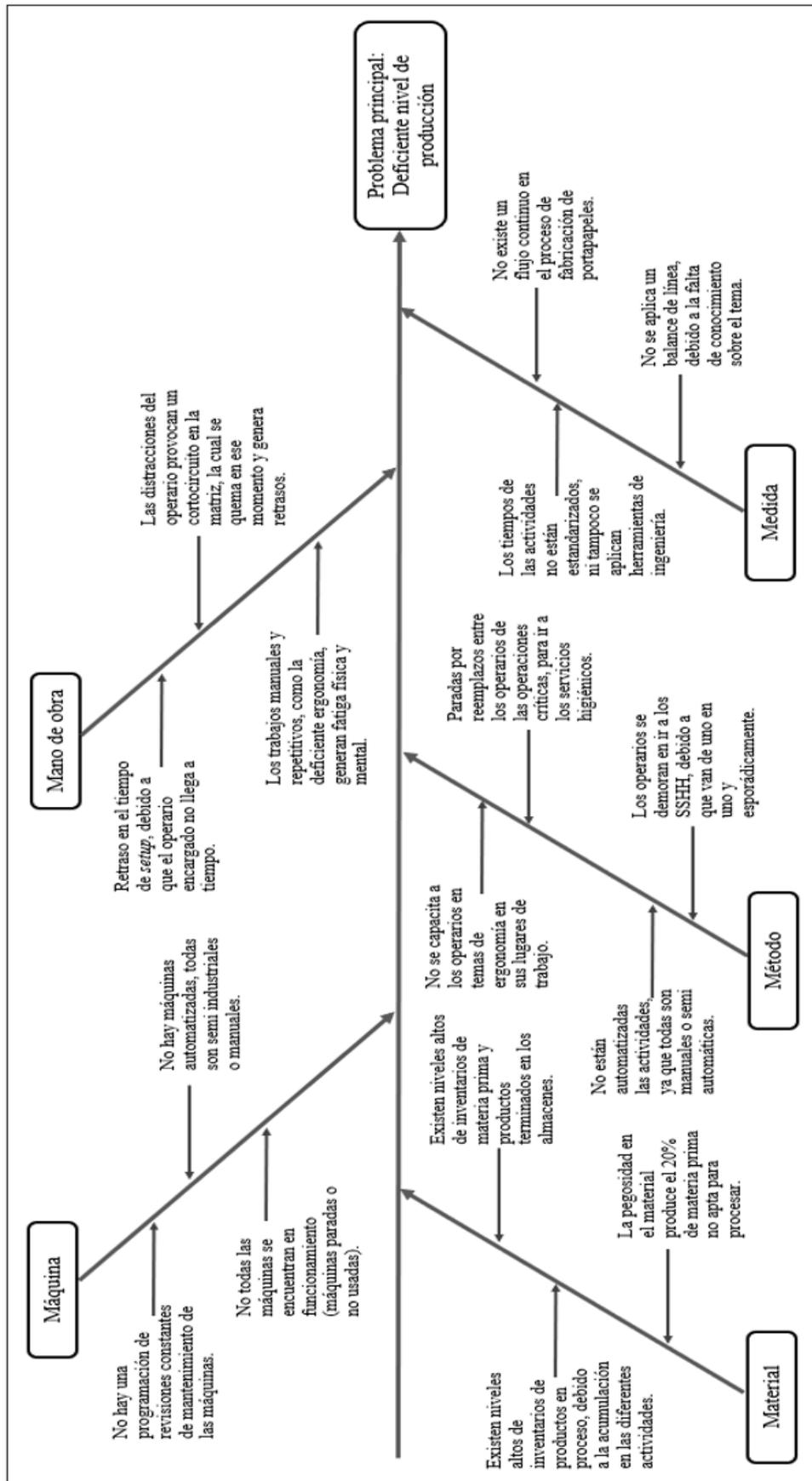
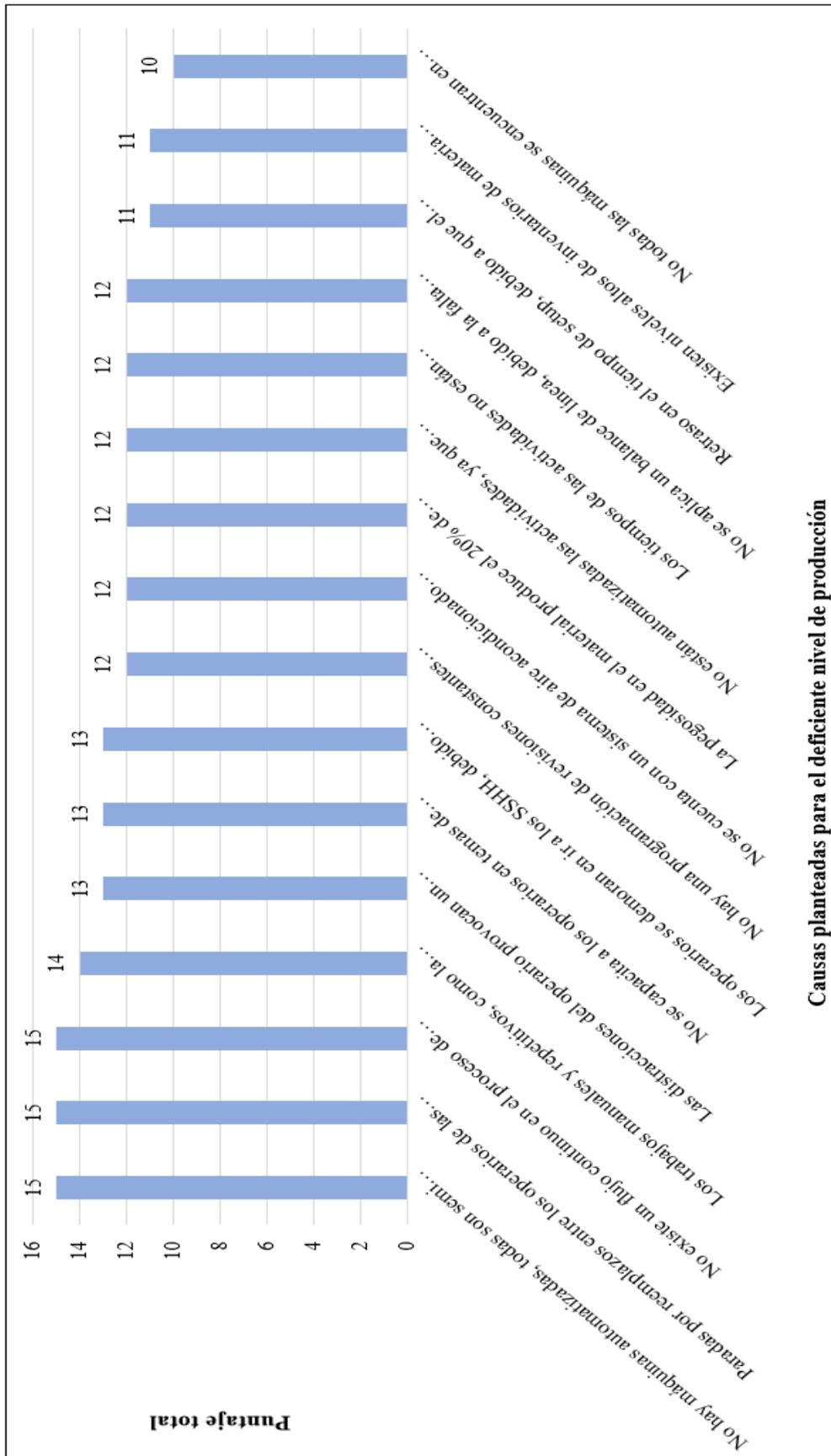


Figura 2.27: Diagrama de Ishikawa del deficiente nivel de producción

Tabla 2.8 Puntajes de las causas planteadas del deficiente nivel de producción

M	Causas planteadas para el deficiente nivel de producción	Gerente general	Jefe de planta (turno mañana)	Jefe de planta (turno tarde)	Puntaje total
		Puntaje	Puntaje	Puntaje	
Mano de obra	Las distracciones del operario provocan un cortocircuito en la matriz, la cual se quema en ese momento y genera retrasos.	5	4	4	13
	Retraso en el tiempo de <i>setup</i> , debido a que el operario encargado no llega a tiempo.	4	4	3	11
	Los trabajos manuales y repetitivos, como la deficiente ergonomía, generan fatiga física y mental.	5	4	5	14
Máquina	No hay máquinas automatizadas, todas son semi industriales o manuales.	5	5	5	15
	No hay una programación de revisiones constantes de mantenimiento de las máquinas.	4	4	4	12
	No todas las máquinas se encuentran en funcionamiento (máquinas paradas o no usadas).	4	3	3	10
Material	No se cuenta con un sistema de aire acondicionado para mantener los productos en una temperatura adecuada durante temporadas de calor.	4	4	4	12
	Existen niveles altos de inventarios de materia prima y productos terminados en los almacenes.	4	4	3	11
	La pegosidad en el material produce el 20% de materia prima no apta para procesar.	4	4	4	12
Método	No se capacita a los operarios en temas de ergonomía en sus lugares de trabajo.	5	4	4	13
	Paradas por reemplazos entre los operarios de las operaciones críticas, para ir a los servicios higiénicos.	5	5	5	15
	Los operarios se demoran en ir a los SSHH, debido a que van de uno en uno y esporádicamente.	5	4	4	13
	No están automatizadas las actividades, ya que todas son manuales o semi automáticas.	4	4	4	12
Medida	Los tiempos de las actividades no están estandarizados, ni tampoco se aplican herramientas de ingeniería.	4	4	4	12
	No existe un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.	5	5	5	15
	No se aplica un balance de línea, debido a la falta de conocimiento sobre el tema.	4	4	4	12



Causas planteadas para el deficiente nivel de producción

Figura 2.28: Diagrama de barras de las causas planteadas del deficiente nivel de producción

Tabla 2.9 Puntajes y porcentajes de las causas planteadas del deficiente nivel de producción

Causas planteadas para el deficiente nivel de producción	Puntaje total	Porcentaje total (%)	Porcentaje total acumulado (%)
No hay máquinas automatizadas, todas son semi industriales o manuales.	15	7.43%	7.43%
Paradas por reemplazos entre los operarios de las operaciones críticas, para ir a los servicios higiénicos.	15	7.43%	14.85%
No existe un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.	15	7.43%	22.28%
Los trabajos manuales y repetitivos, como la deficiente ergonomía, generan fatiga física y mental.	14	6.93%	29.21%
Las distracciones del operario provocan un cortocircuito en la matriz, la cual se quema en ese momento y genera retrasos.	13	6.44%	35.64%
No se capacita a los operarios en temas de ergonomía en sus lugares de trabajo.	13	6.44%	42.08%
Los operarios de demoran en ir a los SSHH, debido a que van de uno en uno y esporádicamente.	13	6.44%	48.51%
No hay una programación de revisiones constantes de mantenimiento de las máquinas.	12	5.94%	54.46%
No se cuenta con un sistema de aire acondicionado para mantener los productos en una temperatura adecuada durante temporadas de calor.	12	5.94%	60.40%
La pegosidad en el material produce el 20% de materia prima no apta para procesar.	12	5.94%	66.34%
No están automatizadas las actividades, ya que todas son manuales o semi automáticas.	12	5.94%	72.28%
Los tiempos de las actividades no están estandarizados, ni tampoco se aplican herramientas de ingeniería.	12	5.94%	78.22%
No se aplica un balance de línea, debido a la falta de conocimiento sobre el tema.	12	5.94%	84.16%
Retraso en el tiempo de setup, debido a que el operario encargado no llega a tiempo.	11	5.45%	89.60%
Existen niveles altos de inventarios de materia prima y productos terminados en los almacenes.	11	5.45%	95.05%
No todas las máquinas se encuentran en funcionamiento (máquinas paradas o no usadas).	10	4.95%	100.00%

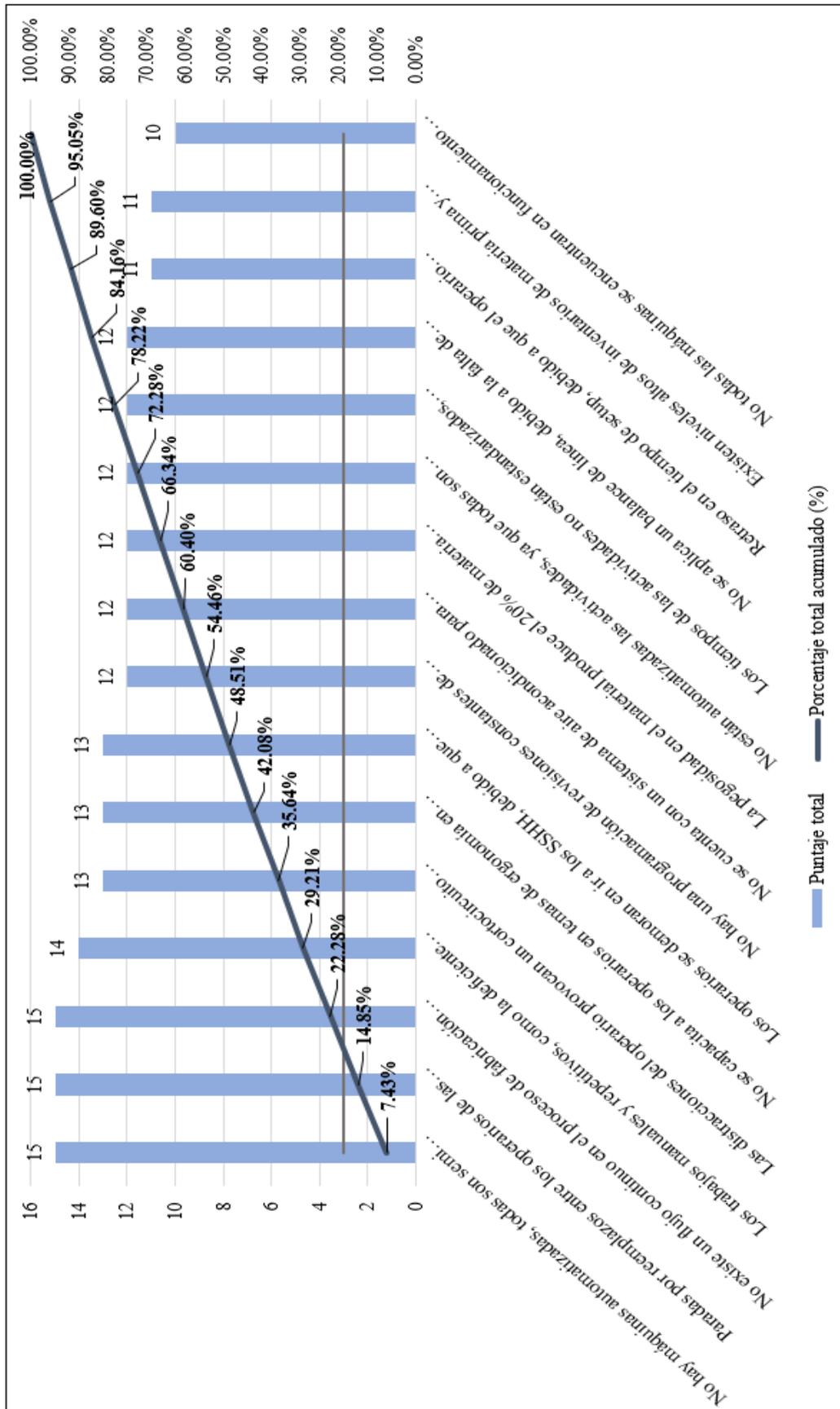


Figura 2.29: Diagrama de Pareto para las causas del deficiente nivel de producción

En la Figura 2.29, se observa el diagrama de Pareto para las causas del deficiente nivel de producción. Según este principio, las causas principales, que afectan el 80% de los efectos de este problema, son la falta de máquinas automatizadas (todas son semi industriales o manuales), las paradas por reemplazos entre los operarios de las operaciones críticas, para ir a los servicios higiénicos, y la falta de un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.

b. Productos defectuosos

En la Figura 2.30, se muestran las causas principales del problema de productos defectuosos en un diagrama de Ishikawa.



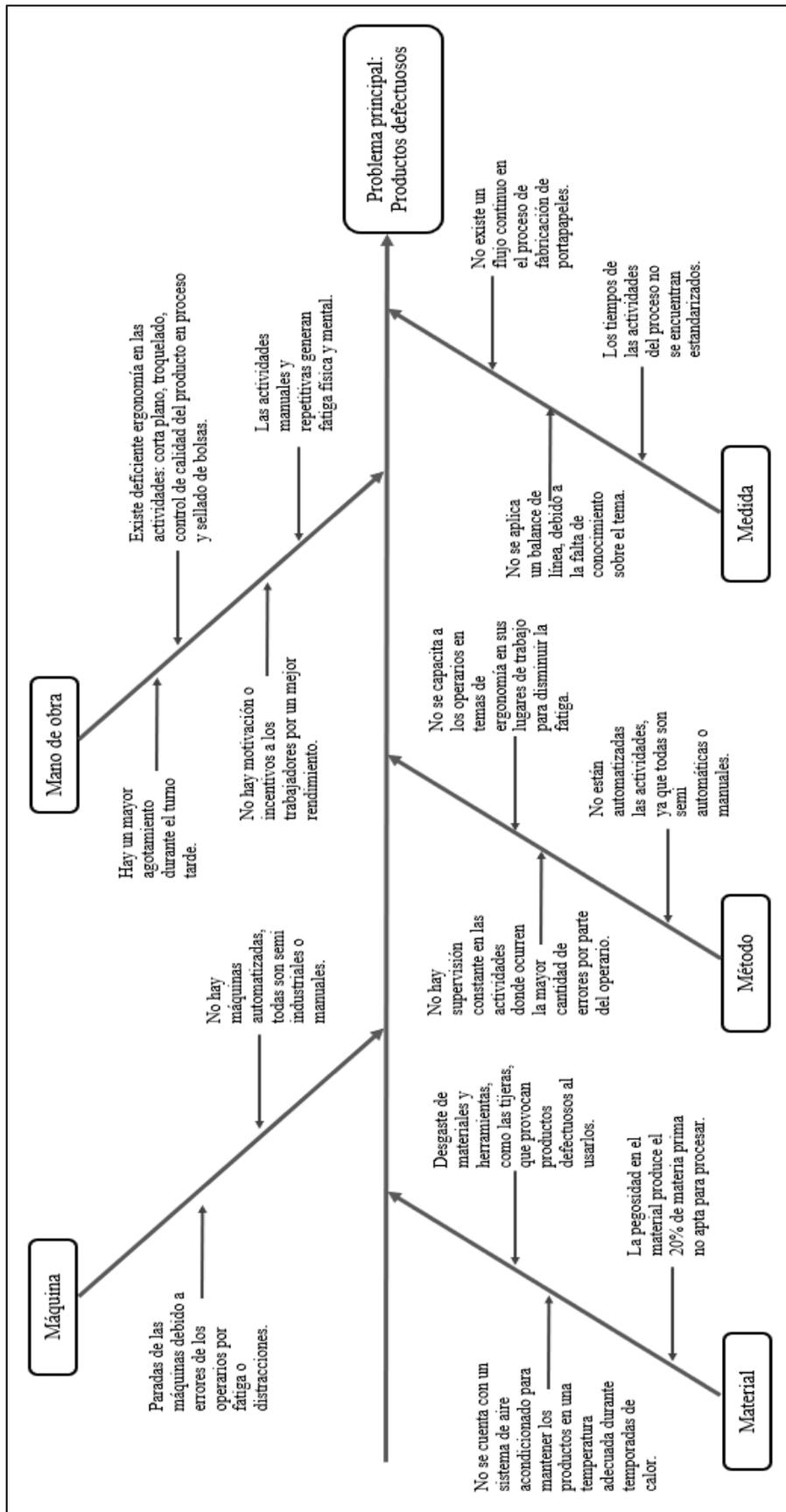
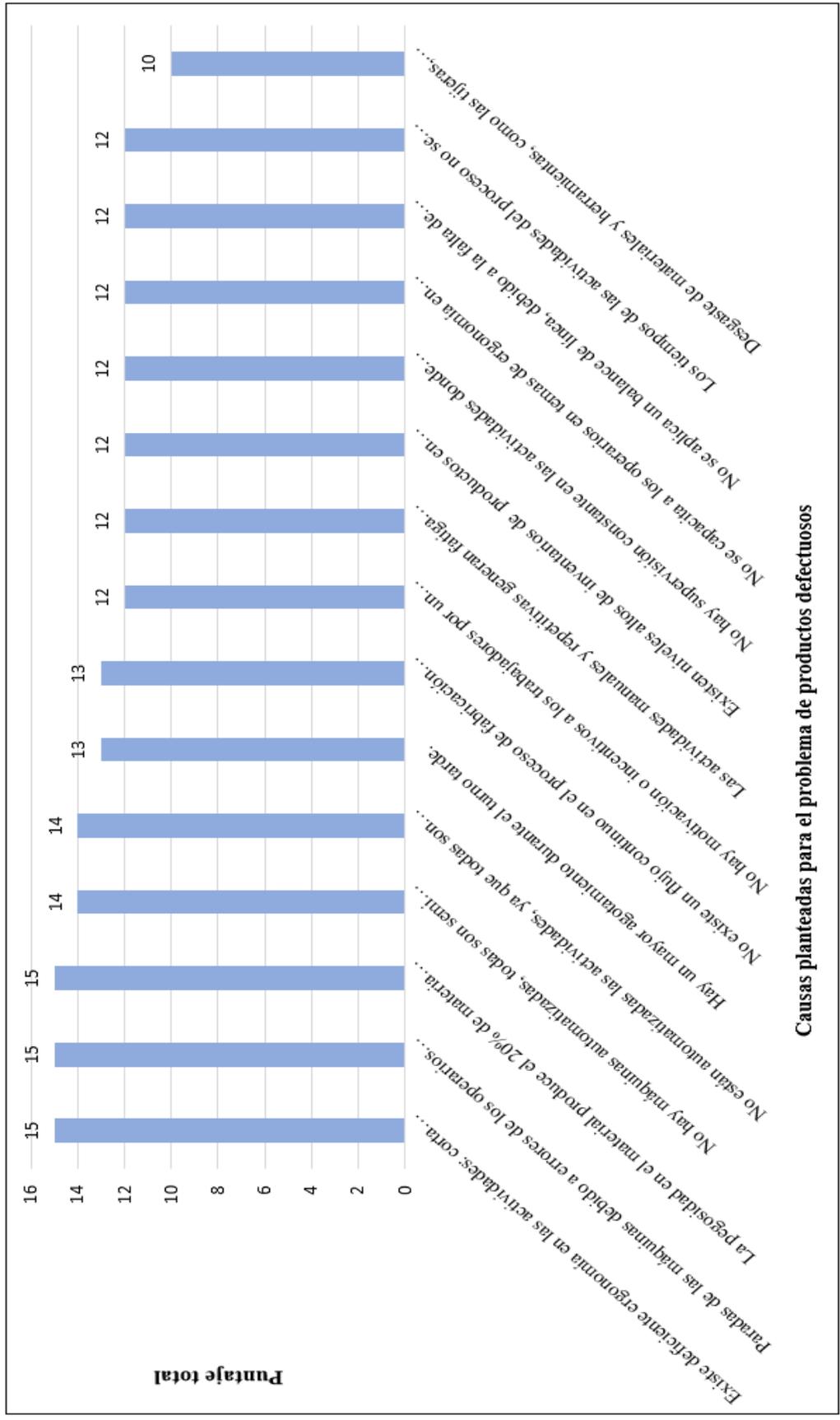


Figura 2.30: Diagrama de Ishikawa del problema de productos defectuosos

Tabla 2.10 Puntajes de las causas planteadas del problema de productos defectuosos

M	Causas planteadas para los productos defectuosos	Gerente general	Jefe de planta (turno mañana)	Jefe de planta (turno tarde)	Puntaje total
		Puntaje	Puntaje	Puntaje	
Mano de obra	Existe deficiente ergonomía en las actividades: corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas.	5	5	5	15
	Hay un mayor agotamiento durante el turno tarde.	4	4	5	13
	No hay motivación o incentivos a los trabajadores por un mejor rendimiento.	4	4	4	12
	Las actividades manuales y repetitivas generan fatiga física y mental.	4	4	4	12
Máquina	No hay máquinas automatizadas, todas son semi industriales o manuales.	4	5	5	14
	Paradas de las máquinas debido a errores de los operarios por fatiga o distracciones.	5	5	5	15
Material	Existen niveles altos de inventarios de productos en proceso, debido a la acumulación en las diferentes actividades.	4	4	4	12
	Desgaste de materiales y herramientas, como las tijeras, que provocan productos defectuosos al usarlos.	4	3	3	10
	La pegosidad en el material produce el 20% de materia prima no apta para procesar.	5	5	5	15
Método	No hay supervisión constante en las actividades donde ocurren la mayor cantidad de errores por parte del operario.	4	4	4	12
	No se capacita a los operarios en temas de ergonomía en sus lugares de trabajo para disminuir la fatiga.	4	4	4	12
	No están automatizadas las actividades, ya que todas son semi automáticas o manuales.	4	5	5	14
Medida	No se aplica un balance de línea, debido a la falta de conocimiento sobre el tema.	4	4	4	12
	No existe un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.	5	4	4	13
	Los tiempos de las actividades del proceso no se encuentran estandarizados.	4	4	4	12



Causas planteadas para el problema de productos defectuosos

Figura 2.31: Diagrama de barras de las causas planteadas del problema de productos defectuosos

Tabla 2.11 Puntajes y porcentajes de las causas planteadas del problema de productos defectuosos

Causas planteadas para los productos defectuosos	Puntaje total	Porcentaje total (%)	Porcentaje total acumulado (%)
Existe deficiente ergonomía en las actividades: corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas.	15	7.77%	7.77%
Paradas de las máquinas debido a errores de los operarios por fatiga o distracciones.	15	7.77%	15.54%
La pegosidad en el material produce el 20% de materia prima no apta para procesar.	15	7.77%	23.32%
No hay máquinas automatizadas, todas son semi industriales o manuales.	14	7.25%	30.57%
No están automatizadas las actividades, ya que todas son semi automáticas o manuales.	14	7.25%	37.82%
Hay un mayor agotamiento durante el turno tarde.	13	6.74%	44.56%
No existe un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.	13	6.74%	51.30%
No hay motivación o incentivos a los trabajadores por un mejor rendimiento.	12	6.22%	57.51%
Las actividades manuales y repetitivas generan fatiga física y mental.	12	6.22%	63.73%
Existen niveles altos de inventarios de productos en proceso, debido a la acumulación en las diferentes actividades.	12	6.22%	69.95%
No hay supervisión constante en las actividades donde ocurren la mayor cantidad de errores por parte del operario.	12	6.22%	76.17%
No se capacita a los operarios en temas de ergonomía en sus lugares de trabajo para disminuir la fatiga.	12	6.22%	82.38%
No se aplica un balance de línea, debido a la falta de conocimiento sobre el tema.	12	6.22%	88.60%
Los tiempos de las actividades del proceso no se encuentran estandarizados.	12	6.22%	94.82%
Desgaste de materiales y herramientas, como las tijeras, que provocan productos defectuosos al usarlos.	10	5.18%	100.00%

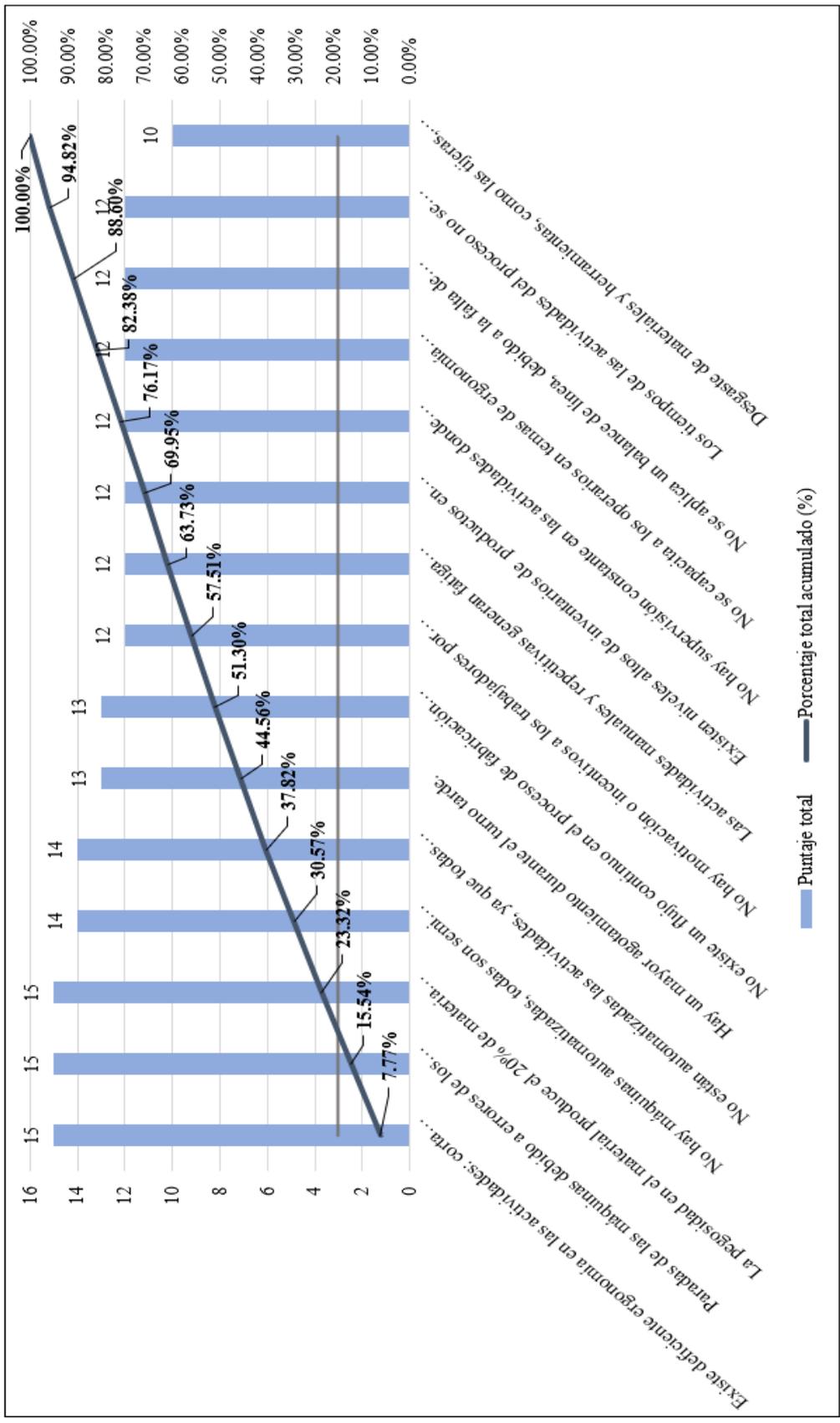


Figura 2.32: Diagrama de Pareto para las causas del problema de productos defectuosos

En la Figura 2.32, se observa el diagrama de Pareto para las causas del problema de productos defectuosos. Según este principio, las causas principales, que afectan el 80% de los efectos de este problema, son la deficiente ergonomía en las actividades: corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas; las paradas de las máquinas, debido a errores de los operarios por fatiga o distracciones; y la pegosidad en el material, el cual produce el 20% de materia prima no apta para procesar.

2.2.12. Determinación de las contramedidas

En la Tabla 2.12, se visualiza el resumen de las causas principales de los dos (02) problemas hallados, como también las contramedidas elegidas para cada una de ellas.

Tabla 2.12 Propuestas de mejora continua para las causas principales de los problemas hallados

Problema	Causa principal	Herramientas Lean	Herramientas de Ingeniería Industrial u otras contramedidas
Deficiente nivel de producción	No hay máquinas automatizadas, todas son semi industriales o manuales.		Automatización industrial
	Paradas por reemplazos entre los operarios de las operaciones críticas, para ir a los servicios higiénicos.	Andón y Jidoka	
	No existe un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles.	Células de manufactura en forma de U	
Productos defectuosos	Existe deficiente ergonomía en las actividades: corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas.		Propuesta ergonómica
	Paradas de las máquinas debido a errores de los operarios por fatiga o distracciones.	Poka Yoke	
	La pegosidad en el material produce el 20% de materia prima no apta para procesar.		Climatizar el almacén de materia prima

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

En este acápite, se muestra y detalla la implementación de cada herramienta *Lean* a utilizar, para resolver las causas que generan los problemas principales. En cada herramienta, se explica el objetivo, desarrollo de la propuesta, seguimiento y beneficios.

A continuación, en la Tabla 3.1 se presenta el cronograma de implementación de las siguientes propuestas de mejora:

1. Propuesta ergonómica
2. Metodología Andón y Jidoka
3. Metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U
4. Metodología Poka Yoke
5. Propuesta de automatización industrial
6. Propuesta de climatización del almacén de materia prima

El tiempo total para implementar todas estas herramientas de mejora continua es de 23 semanas, lo cual significa 134 días, aproximadamente.

Tabla 3.1 Cronograma de la implementación de todas las propuestas de mejora

Propuestas de mejora	TIEMPO DE DURACIÓN																							
	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM6	SEM7	SEM8	SEM9	SEM10	SEM11	SEM12	SEM13	SEM14	SEM15	SEM16	SEM17	SEM18	SEM19	SEM20	SEM21	SEM22	SEM23	
1. Implementación de la propuesta ergonómica	■	■	■	■																				
2. Implementación de la metodología Andon y Jidoka					■	■	■	■																
3. Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células en U								■	■	■	■	■												
4. Implementación de la metodología Poka Yoke														■	■									
5. Implementación de la propuesta de automatización industrial																■	■	■	■	■				
4. Implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima																					■	■	■	

3.1. Implementación de la propuesta ergonómica

En esta parte, se presenta el objetivo de la propuesta ergonómica, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de implementación y el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.1.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es desarrollar condiciones adecuadas en el área de trabajo para el operario, con la finalidad de lograr una mayor productividad, teniendo en cuenta sus características físicas, fisiológicas y psicológicas.

3.1.2. Capacitación

Previo a la implementación de la propuesta ergonómica, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a todos los trabajadores en el área de producción y, específicamente, a aquellos ubicados en las actividades de deficiente ergonomía.
- La capacitación la dirige un consultor de ergonomía para empresas.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.
- Se busca explicar a los operarios qué significa ergonomía y por qué es tan importante la implementación en sus puestos de trabajo. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se pueden solucionar con la ergonomía.
- Al final de la capacitación, se les solicita firmar un acuerdo de compromiso, para que cumplan con todas las propuestas de mejora que se les brinde.

3.1.3. Planteamiento de la situación actual

Se analizaron dentro de la empresa cuatro (04) actividades que presentan alto esfuerzo físico, repetitividad y deficiente postura. A continuación, se detalla cada actividad.

1. Actividad corta plano.

En primer lugar, una de las actividades manuales muy repetitiva y de alto esfuerzo físico es la actividad corta plano, en la cual el operario debe mantenerse de pie y cortar pieza por pieza el rollo de PVC con borde refileado. Esta actividad debe realizarse con alta rapidez, debido a que le provee a la operación previa al cuello de botella. Con frecuencia, un solo operario no logra abastecer la demanda de piezas de plástico de la línea, por lo que se debe habilitar la otra máquina manual corta plano, para lograr surtir a la operación habilitado de plástico.

2. Actividad troquelado.

Otra de las actividades donde se observó una deficiente ergonomía fue en el troquelado, ya que la actual postura del operario puede producirle dolores en la cintura y en el cuello. Además, se considera como una actividad insegura, debido a que el operario utiliza las manos para colocar el material en la máquina, como se muestra en la Figura 3.1, y luego la acciona con un pedal, pero sus manos siguen cerca de la operación, lo cual podría generar algún accidente ante cualquier distracción o mal movimiento.



Figura 3.1: Operario colocando material en la actividad troquelado

3. Control de calidad.

Otro de los problemas ergonómicos que se observó fue en el área de control de calidad, ya que la silla utilizada por el operario no facilita una postura correcta; además, la silla es muy alta, con respecto a la mesa donde se coloca el material. Esto le produce fatiga al operario y dolores musculares durante su jornada laboral.

4. Actividad sellado de bolsas.

Por último, otra actividad repetitiva y manual fue el sellado de bolsas, ya que el operario ejerce presión en la selladora con una sola mano para cerrar una bolsa. Así mismo, su posición le genera dolores musculares.

3.1.4. Planteamiento de la mejora propuesta

A continuación, se muestran las propuestas de mejora para cada una de las actividades que presentan problemas de ergonomía.

1. Actividad corta plano.

Se propone que se automatice esta actividad, reemplazando el corta plano por una máquina cortadora automática que corte las láminas de PVC. En la Figura 3.2 se muestra la máquina de corte de alta velocidad, la cual será programada para cortar las medidas y cantidades requeridas en el tiempo del *Takt Time*.



Figura 3.2: Máquina cortadora automática

Fuente: Made-in-China

2. Actividad troquelado.

Se propone elevar la altura de la troqueladora en 25 cm, para que el operario no tenga que inclinarse o doblar el cuello. Así mismo, debido a que es una operación en la que el trabajador debe estar de pie durante todo el día, se recomienda colocar pisos antifatiga, de tal forma que se evite el cansancio en sus pies. Por otro lado, para convertirla en una actividad segura, se prefiere que la máquina troqueladora active el troquel por acción de ambas manos, al presionar dos (02) pulsadores al mismo tiempo. Esto

evitará que se produzca algún accidente en las manos del operario, de modo que esté completamente seguro.

3. Control de calidad.

Se propone elevar la altura de la mesa en 15 cm, colocando soportes en sus bases; así mismo, adquirir sillas ergonómicas, como la que se muestra en la Figura 3.3. Esta silla cuenta con un asiento y espaldar acojinado con poliuretano compacto y suave, lo que genera comodidad al operario en todo el horario de trabajo; además, puede graduar su altura, lo cual sería útil, para que coloque sus brazos a la altura de la mesa y no tenga la necesidad de inclinar su cuello.



Figura 3.3: Silla ergonómica para industrias

Fuente: VISSO

4. Actividad sellado de bolsas.

Se propone colocar una silla ergonómica igual a la Figura 3.3, con la finalidad de mejorar la postura del trabajador y disminuir su fatiga durante la jornada laboral. Además, se recomienda que el sellado de la bolsa sea accionado por un pedal y no con la presión de la mano, ya que esto le genera al operario dolores en la muñeca. Para ello, se debe realizar la compra de una selladora de bolsas de pedal, como se muestra en la Figura 3.4.



Figura 3.4: Selladora de bolsas de pedal

Fuente: AMAZON

3.1.5. Otras propuestas de mejora

Se propone que todas las sillas utilizadas en la línea de producción se cambien por sillas ergonómicas. Además, en todas las actividades donde se requiera que el operario esté de pie, se debe colocar pisos antifatiga para evitar el cansancio durante la jornada laboral.

Por otro lado, según la Universidad Cooperativa de Colombia (2018), las pausas activas de corto tiempo, dentro de la jornada laboral, son fundamentales, para prevenir lesiones, fatiga o tensión acumulada. Por lo tanto, se propone implementar pausas activas de un (01) minuto por cada hora y media de trabajo, y los sábados de un (01) minuto y medio por cada dos (02) horas laborales.

Así mismo, se recomienda realizar ejercicios de estiramiento y fortalecimiento de los músculos, antes y después de la jornada laboral, durante 10 minutos. Esto tiene como finalidad que el trabajador mejore su postura. Los ejercicios de fortalecimiento muscular se muestran en la Figura 3.5.

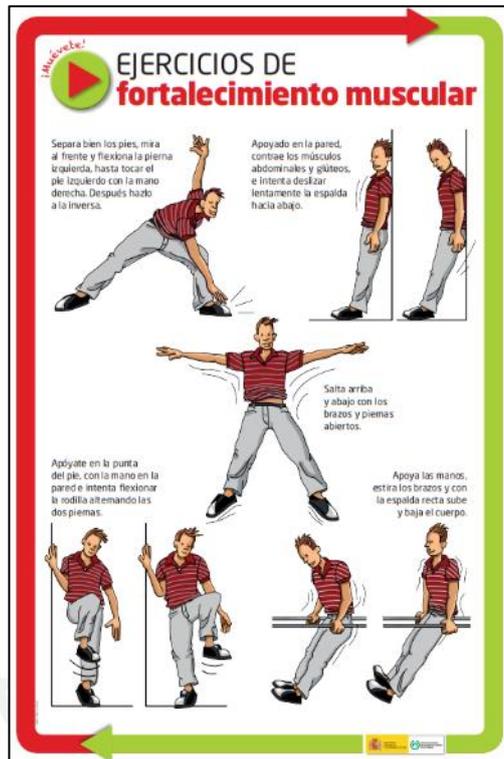


Figura 3.5: Ejercicios de fortalecimiento muscular

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2012)

3.1.6. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Comprar por internet la máquina cortadora automática para obtener láminas de PVC, la cual llegará en un rango de 15 a 30 días, aproximadamente, ya que será comprada en China.
2. Instalar y probar la máquina cortadora automática.
3. Paralelamente, comprar diez (10) sillas ergonómicas para las operaciones de habilitado y deshabilitado de plástico, sellado de alta frecuencia, sellado de bolsas y control de calidad.
4. Instalar las sillas ergonómicas en las actividades determinadas.
5. Comprar e instalar los pisos antifatiga en las actividades necesarias y pulsadores en la máquina troqueladora.

6. Capacitar a los operarios sobre la implementación desarrollada, y acerca de los ejercicios de estiramiento y fortalecimiento de los músculos.
7. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

La Tabla 3.2, muestra el cronograma de toda la implementación de la propuesta ergonómica, la cual se desarrollará durante 30 días.



- Aumento de la productividad
- Eliminación de trabajadores con problemas de lumbalgia
- Ahorro en costos de S/. 38.64 por día
- Bienestar del operario en su ambiente laboral

En la Tabla 3.3 se muestra el beneficio económico diario que trae implementar la propuesta ergonómica. Para cuantificar el ahorro del tiempo, se observó que el trabajador ubicado en la operación corta plano hace paradas de su actividad por 60 segundos para descansar, debido a que su tarea es muy repetitiva y demanda esfuerzo, y que estos descansos los hace entre 20 y 25 veces por día. Además, para las tres (03) actividades donde tienen que estar sentados la mayor parte del día, toman 15 segundos para estirarse, por lo menos 20 veces en todo el horario laboral. Por lo tanto, el tiempo total ahorrado durante el día será de 40 minutos, en el cual se logra producir 1,104 portapapeles. Así mismo, por información de la empresa, el costo por producir un (01) portapapel es de 0.035 soles, lo que significa que se tiene un ahorro total diario de 38.64 soles.

Tabla 3.3 Beneficio económico diario de la implementación de la propuesta ergonómica

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Actividades manuales	Automatización de la operación corta plano	25	690	24.15
Posturas no ergonómicas	Mejoras ergonómicas y ejercicios de estiramiento	15	414	14.49
Total				38.64

En la Tabla 3.4, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.4 Ahorro monetario al implementar la propuesta ergonómica

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	38.64	1,004.64	12,055.68

Por otro lado, la compra de una máquina cortadora automática ha reemplazado al operario que realizaba esta actividad de forma manual, lo cual genera un ahorro anual de S/. 14,519. Así mismo, la implementación de propuestas ergonómicas ha eliminado la contratación de operarios a destajo que reemplazan a los trabajadores que tienen descanso médico de 20 días por problemas de lumbalgia debido a la incorrecta posición durante la jornada laboral. En la Tabla 3.5 se muestra el detalle de lo mencionado.

Tabla 3.5 Ahorro de mano de obra en la actividad Corta plano

Actividades	Número operarios actual	Número operarios propuesto	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Corta plano	1	0	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519
Corta plano, troquelado, control de calidad, sellado de bolsas	4	-	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	20	3,730
Total						18,249

Otro costo ahorrado que se debe considerar es el que se utiliza en el tratamiento fisioterapéutico de los cuatro (04) trabajadores que tienen problemas de lumbalgia por las actividades mencionadas. En la Tabla 3.6, se muestra los costos de este tratamiento.

Tabla 3.6 Costos por tratamiento de lumbalgia

Problema	Tratamiento	Duración (Días)	Costo por sesión (S/.)	Número de sesiones	Frecuencia anual	Ahorro total anual (S/.)
Lumbalgia	Fisioterapéutico	36	100	36	1	14,400

3.2. Implementación de la metodología Andón y Jidoka

En esta parte, se presenta el objetivo de la metodología Andón y Jidoka, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de implementación y

el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.2.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es evitar las paradas de las operaciones críticas (habilitado de plástico, sellado, deshabilitado de plástico) y las distracciones de los operarios, al reemplazarse entre ellos, para dirigirse a los servicios higiénicos.

3.2.2. Capacitación

Previo a la implementación de la metodología Andón y Jidoka, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a todos los trabajadores ubicados en las actividades críticas: habilitado de plástico, sellado, deshabilitado de plástico. Asimismo, se capacita a los trabajadores que son sus reemplazos al acudir a los servicios higiénicos.
- La capacitación la dirige un consultor de *Lean Manufacturing*.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.
- Se busca explicar a los operarios qué es la metodología Andón y Jidoka y por qué es tan importante la implementación en sus puestos de trabajo de las operaciones críticas. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se pueden solucionar con esta herramienta.
- Al final de la capacitación, se les solicita firmar un acuerdo de compromiso, para que cumplan con todas las propuestas de mejora que se les brinde.

3.2.3. Planteamiento de la situación actual

El habilitado de plástico, el sellado y el deshabilitado de plástico son actividades que no pueden parar, puesto que forman parte del cuello de botella del proceso, por lo que, si se detuviesen, ocasionarían grandes inventarios en la línea. Usualmente, hay un equipo de trabajo asignado a realizar estas actividades, las cuales son repetitivas y continuas. El problema ocurre cuando uno de los operarios desea ir a los servicios higiénicos o tiene que descansar, ya que no existe una señal o alarma para que

se realice este cambio rápidamente sin afectar a la producción. En la Figura 3.7 se muestra a un operario realizando la actividad de habilitado de plástico; como se puede observar, la única forma de avisar a algún compañero que desea parar por un momento la actividad sería el de buscarlo con la mirada y luego llamarle, lo cual podría generar distracción y errores en el proceso.



Figura 3.7: Operario en el área de habilitado de plástico

3.2.4. Planteamiento de la mejora propuesta

Para solucionar este problema, cada operario cuenta con un pulsador rojo en su zona de trabajo que usa cuando desee ir a los servicios higiénicos o presente algún malestar; esto permite que el cambio de operario sea rápido y evite parar la línea de producción. Este pulsador activa una luz en el tablero Andón, que está diseñado con las posiciones de los operarios para que sea más sencillo ubicarlos. Una vez que haya llegado su reemplazo, debe presionar nuevamente el pulsador para desactivar la luz del tablero. La Figura 3.8 muestra el pulsador rojo que usa el operario para activar la señal.



Figura 3.8: Pulsador rojo liviano

Fuente: Sodimac.

Tablero Andón

La palabra japonesa *Andón* puede traducirse como linterna o lámpara. En el contexto del Jidoka, este es un tablero electrónico, en el cual los operarios de la línea de producción hacen visibles los problemas detectados a sus líderes de equipo u otros operarios que pueden apoyarlos, mediante un código de luces de distintos colores.

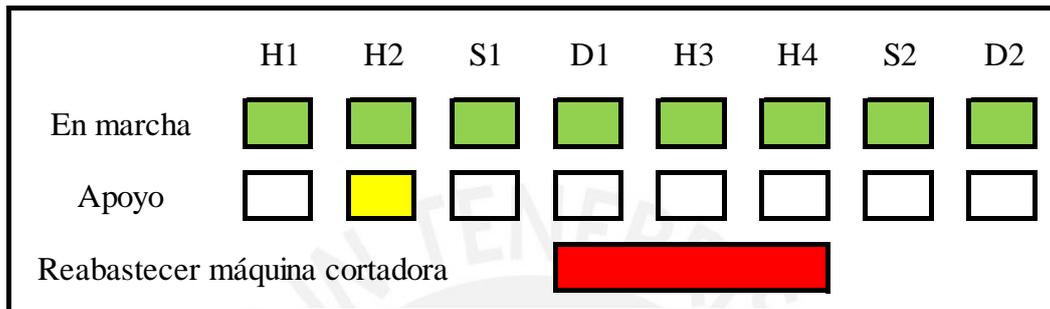


Figura 3.9: Tablero Andón

En la Figura 3.9, se muestra un ejemplo del tablero Andón que se coloca en una parte visible del área de producción. Se puede observar que los pulsadores para sustituir a un operario son usados por todos los trabajadores que estén en las áreas de habilitado de plástico (H1, H2, H3, H4), sellado (S1, S2) y deshabilitado de plástico (D1, D2), ya que son las más críticas del proceso. Por otro lado, en la actividad cortado se activa la luz roja, si el brazo robótico no detecta material en sus ventosas, con lo cual se debe abastecer de rollos de PVC refileado a esta actividad.

3.2.5. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Comprar e instalar los pulsadores en las actividades seleccionadas.
2. Elaborar el tablero Andón.
3. Programar el tablero Andón con los pulsadores.
4. Capacitar a los operarios de las actividades críticas sobre la implementación desarrollada, y también a los trabajadores multi habilidades, que son sus reemplazos.
5. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

Para ello, la Tabla 3.7 muestra el cronograma de esta mejora, la cual se realizará durante 20 días, aproximadamente.

Tabla 3.7 Cronograma de la implementación de la metodología Andón y Jidoka

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN																			
	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEM 4				
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
Compra e instalación de los pulsadores en las operaciones indicadas.																				
Elaboración del Tablero Andon.																				
Programación del Tablero Andon con los pulsadores y el sistema.																				
Capacitación de la propuesta Andón y Jidoka.																				

- Disminución de paradas inopinadas de máquinas
- Eliminación de distracciones y errores

Así mismo, en la Tabla 3.8, se muestra el beneficio económico diario, que se obtiene al implementar las propuestas de mejora explicadas con la metodología Andón y Jidoka. Para cuantificar el ahorro del tiempo, se observa que el operario de las actividades críticas, cuando desea ir a los servicios higiénicos, pierde 12 segundos, aproximadamente, en comunicar a un compañero para que lo reemplace. Esto ocurre en promedio cuatro (04) veces al día. Por lo tanto, el tiempo total ahorrado será de 6.4 minutos, durante el cual se logra producir 176 portapapeles. Además, por información de la empresa, el costo por producir un (01) portapapel es de 0.035 soles, lo que significa que se tendrá un ahorro total diario de 6.16 soles.

Tabla 3.8 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología Andón y Jidoka

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Cambio de personal para los SSHH	Implementación de pulsadores	6.4	176	6.16

En la Tabla 3.9, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.9 Ahorro monetario al implementar Andón y Jidoka

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	6.16	160.16	1,921.92

3.3. Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

En esta parte, se presenta el objetivo de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de implementación y el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.3.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es implementar un flujo continuo en el proceso de fabricación de portapapeles, con la finalidad de eliminar los desplazamientos innecesarios de los operarios y mantener un ritmo muy cercano al tiempo del *takt time*.

3.3.2. Capacitación

Previo a la implementación de la metodología células de manufactura en forma de U, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a todos los trabajadores ubicados en el área de producción.
- La capacitación la dirige un consultor de *Lean Manufacturing*.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.
- Se busca explicar a los operarios qué es la metodología de flujo continuo, mediante células de manufactura en forma de U, y por qué es tan importante la implementación en el área de producción. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se pueden solucionar con esta herramienta.
- Al final de la capacitación, se les solicita firmar un acuerdo de compromiso, para que cumplan con todas las propuestas de mejora que se les brinde.

3.3.3. Planteamiento de la situación actual

En la Figura 3.11, se muestra el *Layout* actual del área de producción de la empresa, la cual se divide en tres (03) espacios aledaños. Sin embargo, el análisis de este estudio se lleva a cabo solo en las Áreas 1 y 2, ya que son en estas, donde se fabrica el producto portapapel.

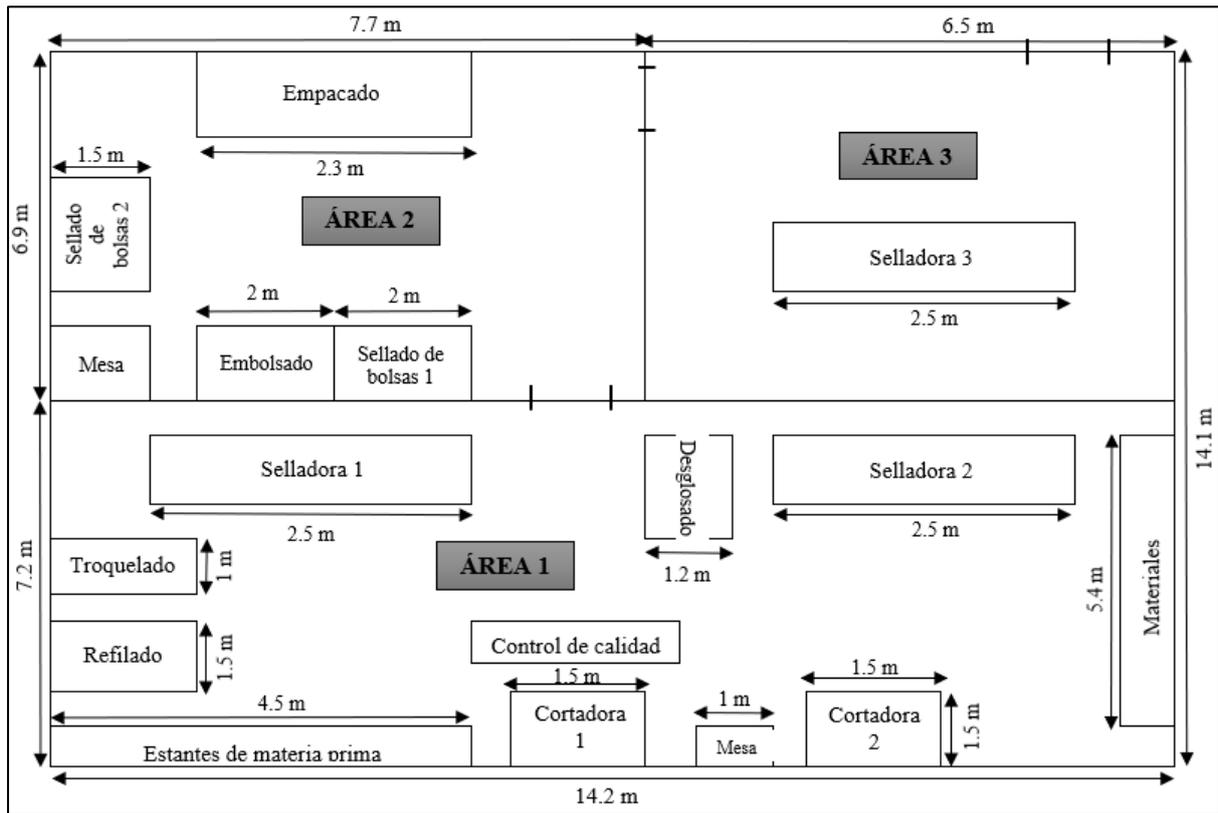


Figura 3.11: *Layout* actual de la empresa

En el Área 1, se ubican las máquinas semiautomatizadas, como las selladoras, y otras manuales, entre ellas, la refiladora, la troqueladora y el corta plano. En este espacio, también se coloca la materia prima requerida para la producción del día y los materiales a utilizar. Asimismo, se realizan otras actividades que no necesitan de maquinaria, por ejemplo, desglosado, control de calidad, habilitado y deshabilitado de plástico.

En el Área 2, se realizan las últimas actividades del proceso; para ello, se hace uso de una selladora de bolsas manual, y se finaliza con el embolsado y el empaçado del producto final. Además, en esta área, se van almacenando las cajas de producto terminado.

El Área 3 no será un espacio de este estudio; sin embargo, se puede mencionar que en esta área hay una tercera máquina selladora, la cual es usada cuando el cliente solicita la producción de un nuevo producto en lote para el siguiente periodo, por lo que realizan algunas pruebas previas para ir capacitando a los operarios.

En la Figura 3.12, se muestra el diagrama de recorrido del portapapel en fabricación. Se puede observar mucho desorden en cuanto al movimiento de la pieza, ya que existen muchos cruces, alta congestión y deficiente utilización del espacio. Esto genera que las distancias a recorrer se incrementen y no exista una buena comunicación entre los trabajadores. Así mismo, algunas actividades que deben ser

consecutivas se encuentran separadas de un extremo al otro dentro del área, lo cual ocasiona un incremento en el desplazamiento del producto en el tiempo de fabricación y, finalmente, en el costo de producción. El desplazamiento total del producto con esta distribución de planta, durante toda su producción, es de 22 metros, aproximadamente.

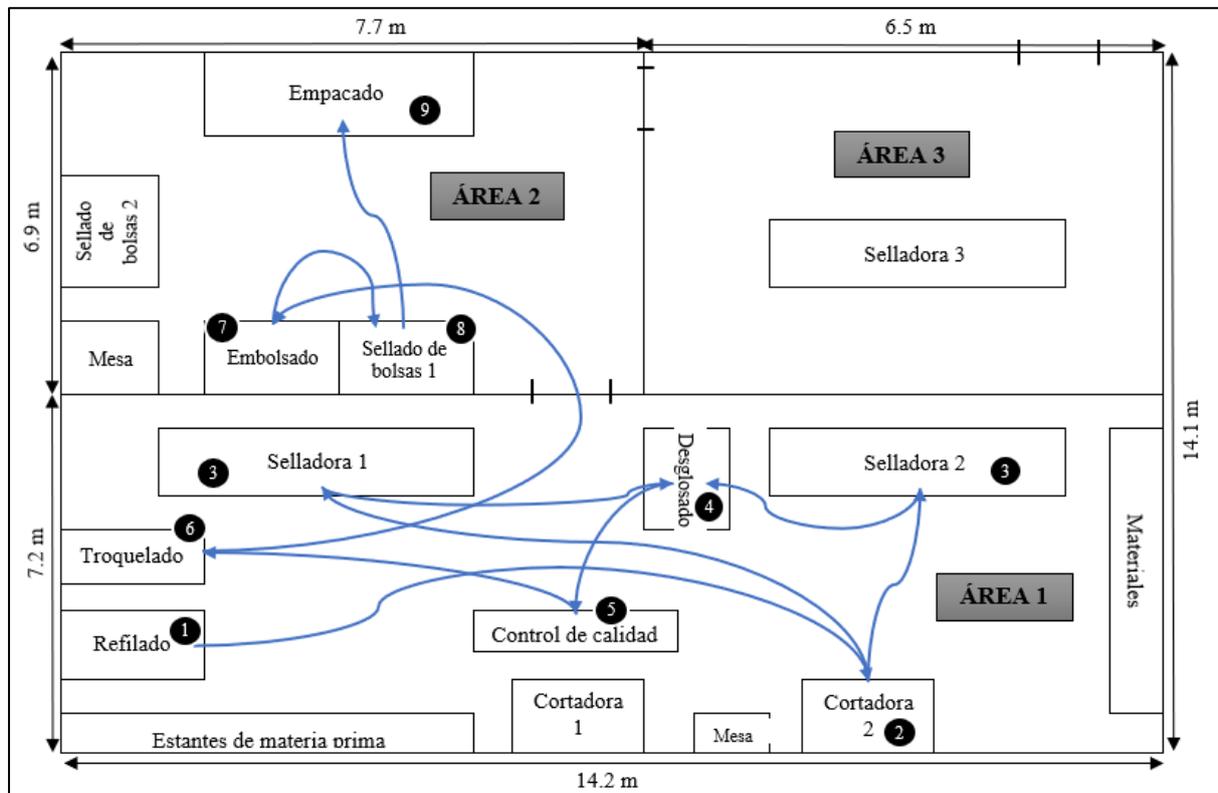


Figura 3.12: Diagrama de recorrido actual de la empresa

3.3.4. Planteamiento de la mejora propuesta

Luego de haber analizado el *Layout* actual de la empresa, se han considerado las siguientes características para la nueva distribución de planta, con una célula de manufactura en forma de U:

- La célula de manufactura en forma de U está compuesta de 11 puestos de trabajo.
- La célula de manufactura en forma de U está compuesta por una combinación de máquinas/puestos manuales, semiautomáticos y automáticos.
- Como referencia, el ancho del pasillo interno de la célula de manufactura en forma en U está comprendida entre 1,50 y 1,75 metros.
- Las tareas de cada operario están estandarizadas mediante una hoja de trabajo estándar.

- Un operario puede realizar parte de las operaciones del proceso sin que estas sean necesariamente consecutivas.

- Se evitan, en la mayor parte posible, que las trayectorias de los operarios se crucen entre sí.

Para comprender cómo funciona la célula de manufactura en forma de U, implementada en el Área de producción, se muestra la Figura 3.13.

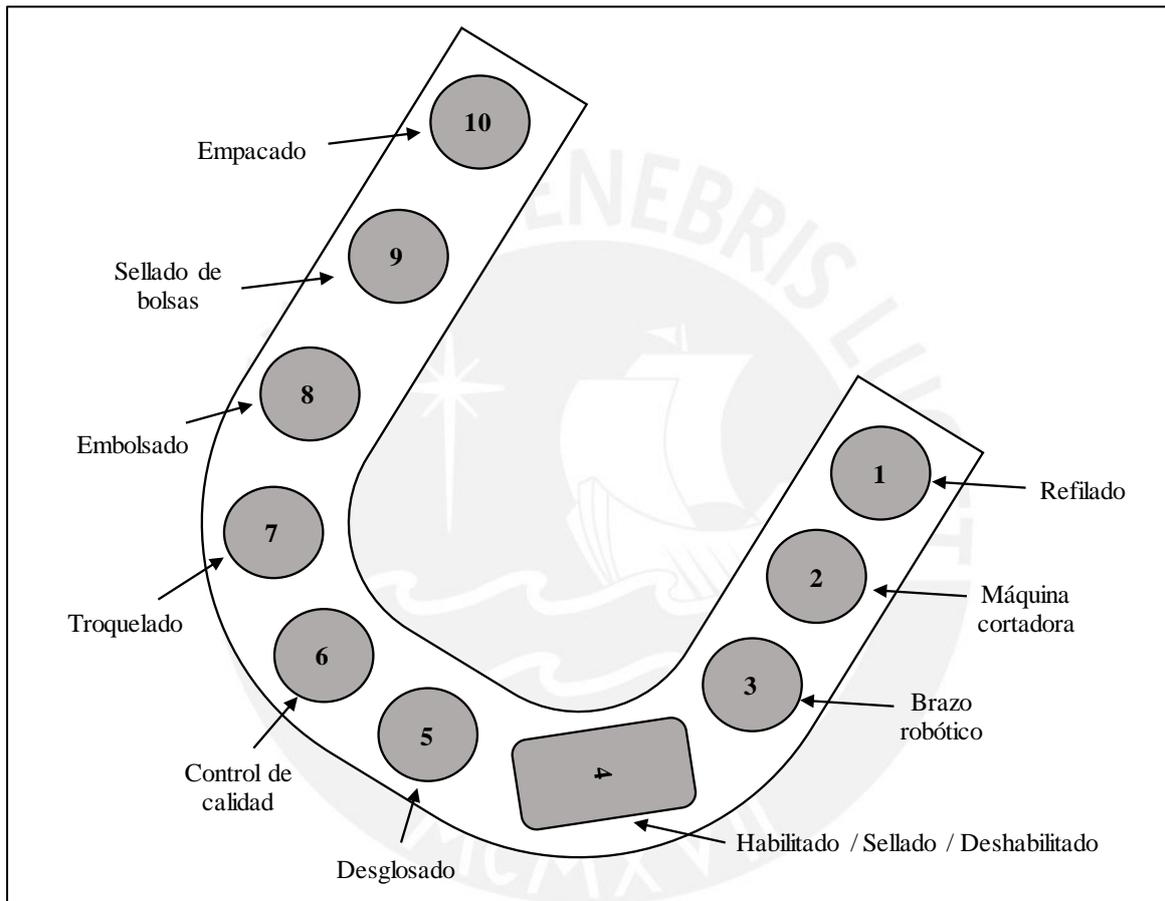


Figura 3.13: Célula en forma de U del Área de producción

La Figura 3.14, muestra el *Layout* propuesto del área de producción de la empresa; se observa una nueva distribución de las máquinas y de la ubicación del estante de materia prima. Asimismo, se retiró la pared que dividían las Áreas 1 y 2, para formar una sola llamada Área de producción. Además, se observa la adición de mesas de apoyo para facilitar el desplazamiento de la pieza.

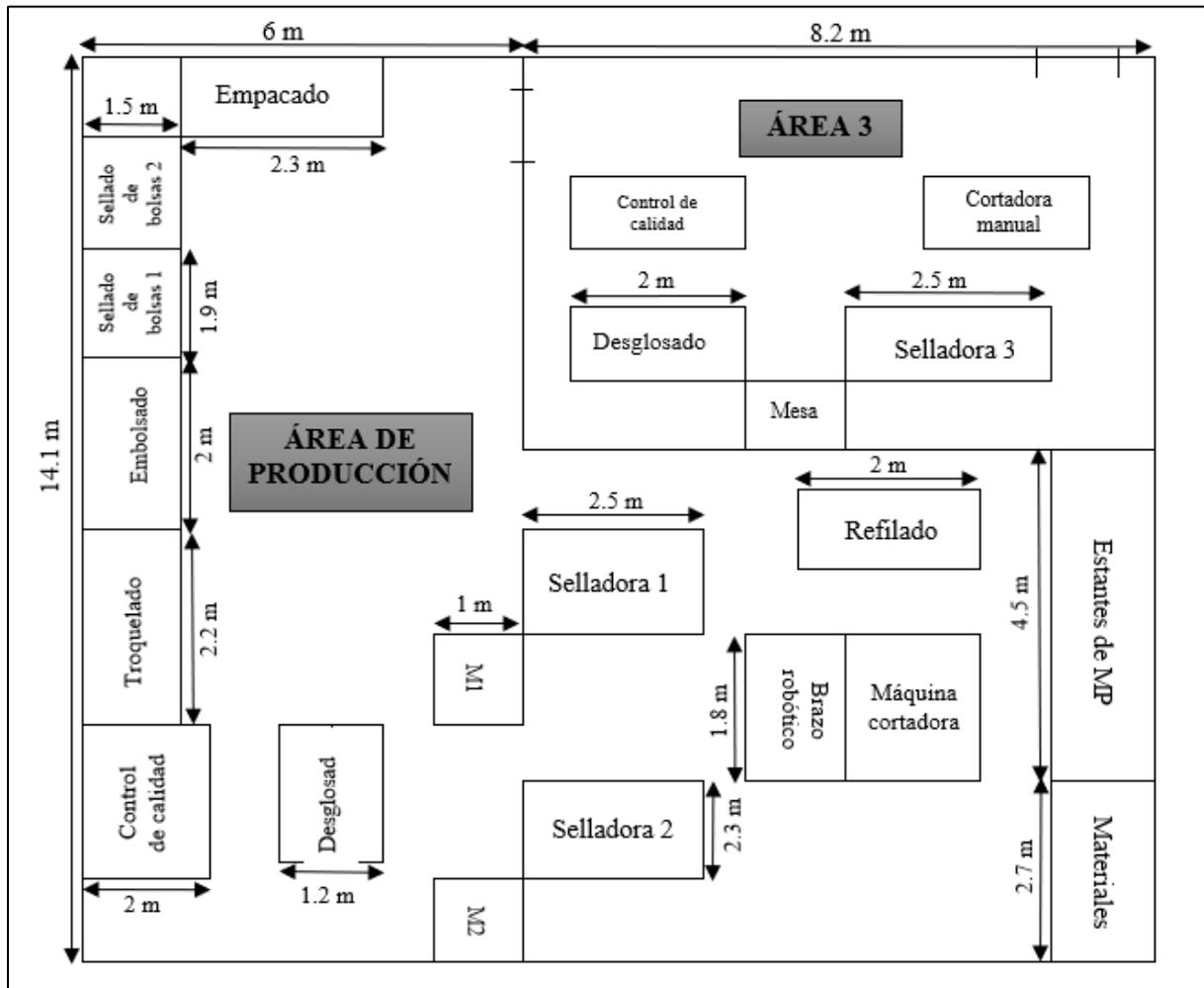


Figura 3.14: *Layout* propuesto de la empresa

En la Figura 3.15, se muestra el diagrama de recorrido de la nueva distribución de planta propuesto. Se logra una reducción de nueve (09) metros de desplazamiento del material, en otras palabras, un ahorro de más del 40% de su desplazamiento inicial. Esto involucra una disminución en el tiempo de producción y en los costos operativos, los cuales son analizados en la parte de beneficios.

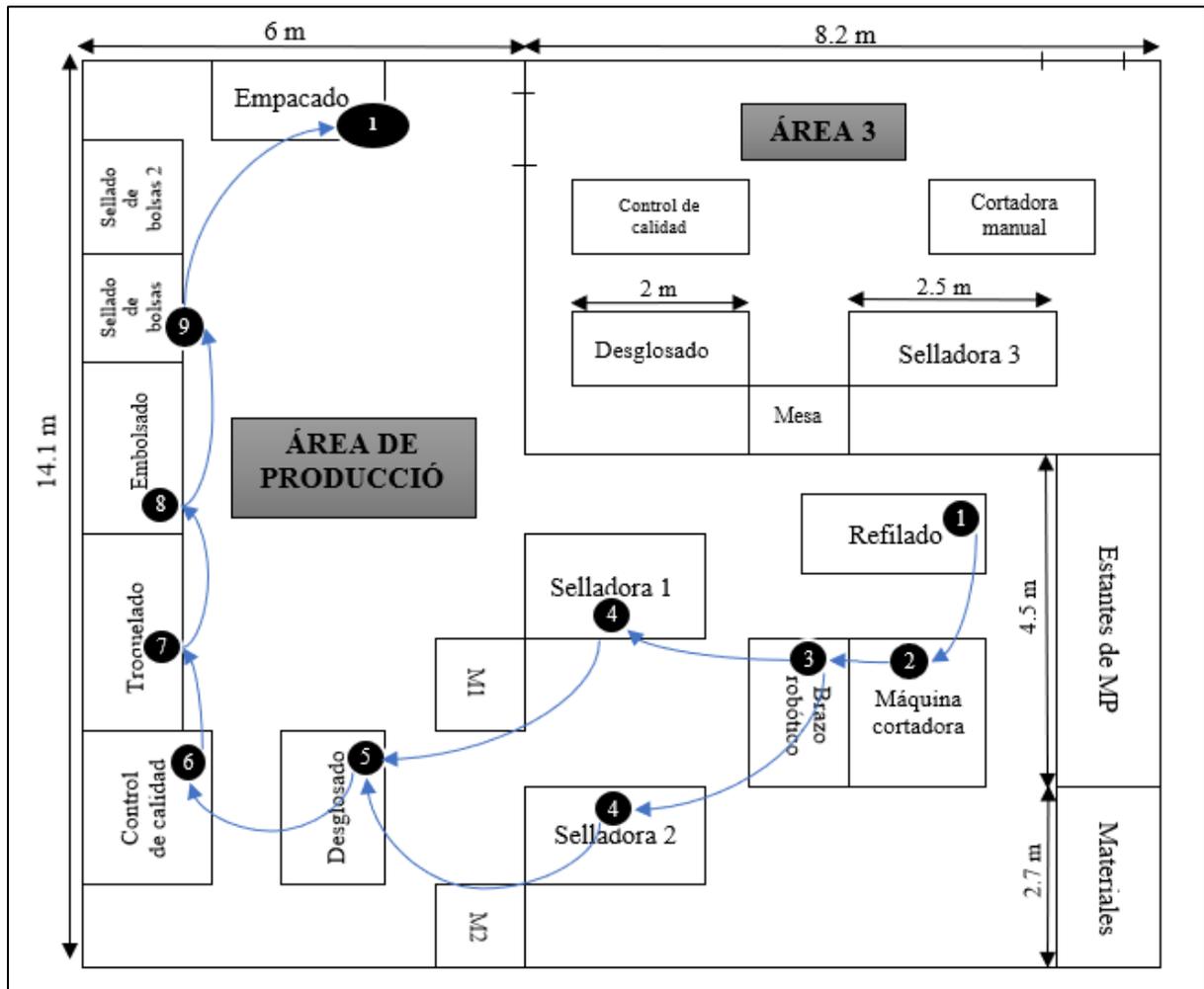


Figura 3.15: Diagrama de recorrido propuesto de la empresa

3.3.5. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Retirar la pared ubicada entre las Áreas 1 y 2 para generar un espacio más amplio que facilite el desplazamiento; esta zona será llamada en adelante Área de producción.
2. Realizar nuevas instalaciones en el Área de producción para la reubicación de las máquinas con la nueva distribución de planta.
3. Cambiar la posición de las máquinas, según la distribución establecida.
4. Capacitar a los operarios y realizar pruebas hasta que se adapten al nuevo modelo.
5. Estandarizar los tiempos de las actividades con la nueva distribución de planta.

6. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

Para ello, la Tabla 3.10 muestra el cronograma de esta mejora, la cual se realizará durante 24 días

Tabla 3.10 Cronograma de la implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN																							
	SEMANA 1						SEMANA 2						SEMANA 3						SEMANA 4					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24
Retiro de la pared ubicada entre las Áreas 1 y 2.																								
Instalación de los nuevos accesos de electricidad.																								
Cambio de la posición de las máquinas.																								
Capacitación de la propuesta de flujo continuo mediante células en U.																								
Estandarizar los tiempos de las actividades con la nueva distribución de planta.																								

- Ahorro en costos de S/. 67.06 por día
- Aumento de la producción en 3.5%
- Eliminación de cruces y movimientos innecesarios
- Reducción del traslado y manejo del material
- Mejor comunicación de los operarios
- Facilidad en el control visual
- Mejor aprovechamiento del espacio, reduciendo más del 40% del desplazamiento inicial

Por otro lado, en la Tabla 3.11, se muestra el beneficio económico diario que trae implementar las propuestas de mejora explicadas previamente para lograr el flujo continuo, a través de células de manufactura en forma de U. Para cuantificar el ahorro del tiempo, se observa que un operario recorre estos nueve (09) metros en 13 segundos, aproximadamente, y que la cantidad de veces que hace este recorrido para traslados innecesarios es de 44 veces al día, mientras que para desplazamientos entre actividades que no están cerca una de la otra es de 58 veces. Esto significa un total de 160 traslados de nueve (09) metros cada día. Por lo tanto, el tiempo total ahorrado es de 34.6 minutos, durante el cual se logra producir 954 portapapeles.

Por información de la empresa, el costo por producir un (01) portapapel es de 0.035 soles, lo que significa que se tiene un ahorro total diario de 33.39 soles.

Tabla 3.11 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Traslados innecesarios	Nueva distribución de la planta	9.5	262	9.17
Actividades no constantes (refilado, corta plano y sellado)	Células de manufactura en forma de U	25.1	692	24.22
Total				33.39

Por otro lado, con esta mejora, el operario incrementa el nivel de producción en 3.5%, con respecto a la producción total diaria, debido a la disminución del cansancio ocasionado por los traslados frecuentes; el ahorro en costos se muestra en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Beneficio económico por incremento de producción

Producción diaria	Porcentaje de producción ganada	Cantidad de portapapeles	Ahorro en costos (S/.)
27,500	3.5%	962	33.67

En la Tabla 3.13, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.13 Ahorro monetario al implementar células en U

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	67.06	1,743.56	20,922.72

Así mismo, el buen balance de la línea, y la correcta ubicación de las máquinas y actividades en la planta, han reducido a un operario que realizaba la actividad del desglosado de plástico; esto genera un ingreso anual de S/. 14,519 por el ahorro producido. En la Tabla 3.14, se muestra el detalle de lo mencionado.

Tabla 3.14 Ahorro de mano de obra en la actividad desglosado de plástico

Actividad	Número operarios actual	Número operarios propuesto	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Desglosado de plástico	1	0	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519

3.4. Implementación de la metodología Poka Yoke

En esta parte, se presenta el objetivo de la metodología Poka Yoke, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de implementación y el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.4.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es evitar las paradas inopinadas de la máquina de sellado por alta frecuencia, debido a errores cometidos por los operarios, ya sea por fatiga o distracciones.

3.4.2. Capacitación

Previo a la implementación de la metodología Poka Yoke, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a los trabajadores ubicados en la actividad habilitado de plástico. Asimismo, se capacita a los trabajadores que son sus reemplazos, cuando estos acuden a los servicios higiénicos.
- La capacitación la dirige un consultor de *Lean Manufacturing*.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.
- Se busca explicar a los operarios qué es la metodología Poka Yoke y por qué es tan importante la implementación en sus puestos de trabajo. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se solucionan con esta herramienta.

- Al final de la capacitación, se les solicita firmar un acuerdo de compromiso, para que cumplan con todas las propuestas de mejora que se les brinde.

3.4.3. Planteamiento de la situación actual

Los dispositivos o sistemas Poka Yoke son métodos que evitan los errores humanos en las actividades, antes de que se conviertan en defectos, de tal forma que el operario se concentre solo en las actividades que agregan valor al cliente. Algunos errores humanos comunes, durante el proceso de producción, son el olvido, distracción, desconocimiento de identificación, lentitud, falta de estándares e inexperiencia. Por otro lado, estos dispositivos deben ser simples y baratos, a prueba de error y ser instalados cerca del lugar donde ocurren los errores.

Actualmente, algunas veces en la empresa, ocurren errores por distracción del operario al colocar erradamente la pieza de plástico en el tablero de metal, lo que ocasiona un problema eléctrico, es decir, un cortocircuito. Esto ocurre en la matriz y hace que se dañe o se quemé, formando algunas fisuras que deben ser reparadas o cambiadas al momento para continuar con la producción, ya que cuando esto ocurre toda la línea se detiene. Usualmente, el arreglo y el cambio de la matriz pueden variar en un lapso de 15, 30 o 40 minutos, dependiendo el daño que ha tenido la matriz. Esta situación produce retrasos, la productividad disminuye y los costos productivos se incrementan, por lo cual es importante eliminar estos errores en su totalidad. En la Figura 3.17, se muestra la matriz de la máquina selladora, la cual está compuesta por electrodos de bronce posicionados de la forma que se desea sellar.



Figura 3.17: Matriz de la máquina selladora

En la Figura 3.18, se muestra la plataforma donde se coloca la pieza cortada de plástico. Como se observa, no son muy visibles los topes donde el operario debe colocar la pieza. Esta es una de las razones por la que el material está mal ubicado en el tablero.



Figura 3.18: Operario colocando la pieza en la plataforma metálica

3.4.4. Planteamiento de la mejora propuesta

Para evitar que el operario coloque erróneamente la pieza cortada de plástico en el tablero, se colocan cintas adhesivas de color naranja fosforescente en las esquinas de la plataforma de metal, donde se ubica el material de plástico; esto permite que el operario pueda encontrar fácilmente los límites o topes para colocar la pieza.

Por otro lado, se tiene conocimiento que el trabajador provoca estos errores, durante las dos (02) primeras semanas de inicio de la campaña. Esto se debe a que, con frecuencia, el operario no conoce todavía totalmente los pasos para realizar la operación de habilitado de plástico, por lo que ubica de forma errónea la pieza cortada en el tablero. Para solucionar esto, se lleva a cabo la gestión visual en la operación habilitado de plástico: se elabora un manual visual con fotografías de esta actividad estandarizada para que el operario pueda revisarlo en cualquier momento y estudiarlo en las primeras semanas de la campaña; así mismo, se colocan fotografías en un tablero frente al operario los primeros días, en donde pueda observar paso a paso el procedimiento de la actividad para que recuerde la secuencia y los tiempos; este proceso fotográfico a prueba de error permite al operario aprender fácil y correctamente la actividad a realizar mediante fotografías atractivas a la vista y simples de entender. La razón por la cual se aplica esta solución es porque muchos estudios, entre ellos uno realizado en la Universidad de Chile por María Romo (ALISTE:2006), demuestran que en un grupo predomina el sistema de aprendizaje visual, el cual guía a las personas a tomar decisiones correctas o a desarrollar un proceso operativo después de haberlo estandarizado. De esta forma, al capacitar a un operario mediante un instructivo fotográfico, se está aplicando un Poka Yoke a través del instructivo.

En la Figura 3.19, se muestra el tablero de instructivo fotográfico, colocado en la operación habilitado de plástico. En este caso, se observa el procedimiento de la actividad paso a paso, a través de imágenes y una breve descripción. Esto ayuda al operario a tener una mejor coordinación en esta operación y, de este modo, eliminar las paradas de máquina inopinadas.

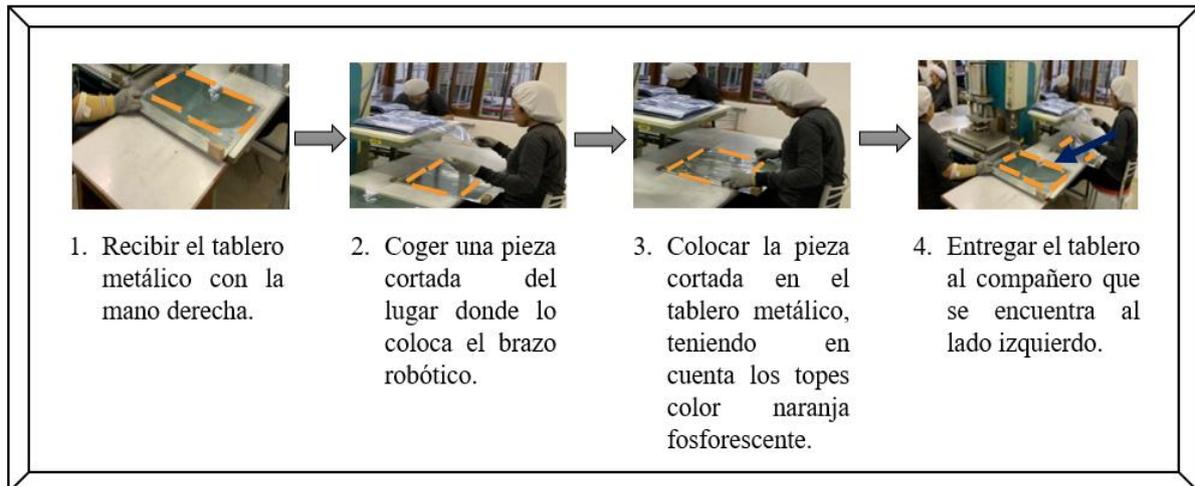


Figura 3.19: Tablero de instructivo fotográfico de la operación habilitado de plástico

3.4.5. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Tomar fotografías a un operario encargado del habilitado de plástico con experiencia y colocarlas en un tablero, explicando visualmente el proceso.
2. Pegar cintas adhesivas anaranjadas fosforescentes en los topes del tablero metálico.
3. Capacitar a los operarios y realizar pruebas hasta que realicen correctamente esta actividad en el tiempo determinado.
4. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

Para ello, la Tabla 3.15 muestra el cronograma de esta mejora, la cual se realizará durante 11 días.

Tabla 3.15 Cronograma de la implementación de la metodología Poka Yoke

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN										
	SEMANA 1						SEMANA 2				
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
Tomar fotografías de la actividad habilitado de plástico.											
Colocar las fotos en un tablero y detallar el proceso.											
Pegar cintas adhesivas anaranjadas fosforescentes en los topes del tablero metálico.											
Capacitación de la propuesta Poka Yoke											

3.4.6. Supervisión y control

Los jefes de producción se encargan de llevar a cabo la supervisión y control de la metodología Poka Yoke, durante los horarios de la mañana y la tarde. Para ello, se realiza el seguimiento de las paradas inopinadas de la máquina de sellado por alta frecuencia, a través de fichas de control. Con la implementación de la metodología Poka Yoke, se busca disminuir estas paradas diarias que afectan directamente a la operación cuello de botella. En la Figura 3.20, se muestra la ficha de control para dar seguimiento a las paradas inopinadas de la máquina de sellado, durante la jornada laboral.

observa que el tiempo que se demora en arreglar la matriz, después de haberse afectado por los errores del operario, es de 25 minutos, aproximadamente. Por lo tanto, el tiempo total ahorrado será de 25 minutos durante el cual se logra producir 690 portapapeles. Así mismo, por información de la empresa, el costo por producir un (01) portapapel es de 0.035 soles, lo que significa que se tendrá un ahorro total diario de 24.15 soles.

Tabla 3.16 Beneficio económico diario de la implementación de la metodología Poka Yoke

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Errores del operario	Gestión visual y sistema Poka Yoke	25	690	24.15

En la Tabla 3.17, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.17 Ahorro monetario al implementar Poka Yoke

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	24.15	627.90	7,534.80

Otro costo ahorrado que se debe considerar es el que se utiliza para la compra de la nueva de la matriz de sellado, debido a que la anterior fue quemada durante cortocircuito ocasionado por la distracción del operario. Se ha considerado el cambio de la matriz para las dos (02) máquinas selladoras de alta frecuencia que se utilizan en el proceso. En la Tabla 3.18, se muestra los costos de esta nueva compra.

Tabla 3.18 Costo de la nueva matriz de sellado comprada

Producto	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Matriz para sellado de alta frecuencia	2	3,500	7,000

3.5. Implementación de la propuesta de Automatización Industrial

En esta parte, se presenta el objetivo de la propuesta de Automatización Industrial, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de

implementación y el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.5.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es incrementar el nivel de producción, a través de la Automatización Industrial de algunas actividades desarrolladas manualmente, con la finalidad de continuar un flujo continuo en el proceso de producción.

3.5.2. Capacitación

Previo a la implementación de la propuesta de Automatización Industrial, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a todos trabajadores ubicados en el área de producción, como también a los jefes de producción de los horarios mañana y tarde.
- La capacitación la dirige un consultor de Automatización Industrial.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.
- Se busca explicar a los operarios qué es la Automatización Industrial y por qué es tan importante la implementación de esta en el área de producción. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se solucionan con esta propuesta. Asimismo, se les enseña cómo actuar frente a alarmas brindadas por la máquina automatizada.

3.5.3. Planteamiento de la situación actual

Una operación previa al habilitado de plástico es el cortado: una actividad manual que realiza un (01) operario calificado. Así mismo, se ha observado que un (01) solo trabajador no es suficiente en esta actividad, según la demanda de piezas cortadas cada día; esto ha generado retrasos para surtir a la siguiente actividad. Por otro lado, el habilitado de plástico es una actividad que no puede parar, debido a que provee material a la operación sellado, actividad considerada como la más crítica; por lo tanto, es un problema cuando se va terminando el material para habilitar y no hay forma de avisar al operario que está en el área de sellado. Además, cabe resaltar que solo una de las máquinas selladoras se encuentra cerca del corta plano, mientras que la otra al estar alejada, evita una eficiente y clara

comunicación entre los trabajadores. En la Figura 3.21, se muestran las piezas de plástico cortadas en el área de habilitado de plástico, las cuales no indican alguna señal cuando se están agotando.



Figura 3.21: Piezas cortadas en el área de habilitado de plástico

3.5.4. Planteamiento de la propuesta de mejora

Para solucionar este problema, se realiza la automatización entre las operaciones de cortado y habilitado de plástico para que el operario no esté desocupado, esperando o realizando traslados innecesarios. Para ello, se trasladan las piezas de PVC con un (01) brazo neumático programable con un máximo alcance de 2.1 metros. Este tipo de máquina tiene una copa de succión robótica, que permite transportar los portapapeles uno por uno a las áreas de habilitado de plástico. Actualmente, se cuenta con cuatro (04) operarios que realizan esta actividad, por lo tanto, se tienen cuatro (04) puntos donde debe llegar el robot con las piezas, desde el lugar donde son cortadas. La Figura 3.22 muestra cómo trabaja el brazo robótico en este proceso.

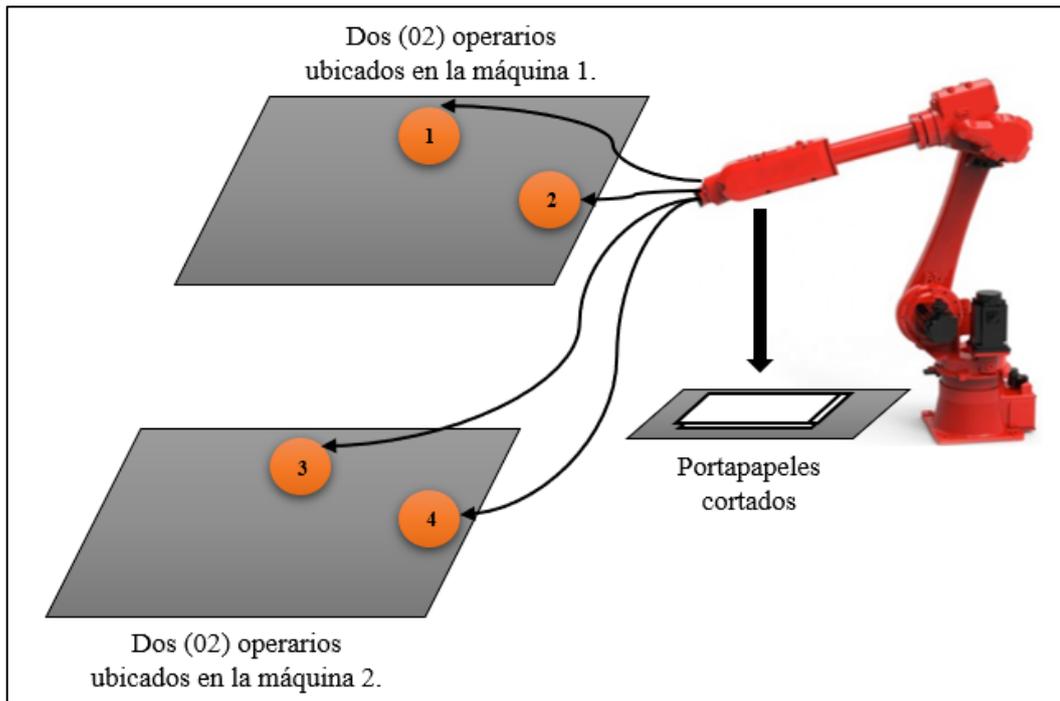


Figura 3.22: Brazo neumático programable en actividad

Por otro lado, si la copa de succión robótica no encuentra material para trasladar, se activa una alarma y una luz roja en el tablero Andón, para lo cual se debe colocar otro rollo de PVC refilado en la máquina de cortado.

3.5.5. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Comprar por internet el brazo robótico y su garra de ventosas.
2. Instalar el sistema automatizado.
3. Programar el Tablero Andón con el brazo robótico
4. Capacitar a los operarios sobre el funcionamiento del brazo de robot.
5. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

Para ello, la Tabla 3.19 muestra el cronograma de esta mejora, la cual se realizará durante 30 días, aproximadamente.

- Aumento del nivel de producción diario
- Eliminación de traslados innecesarios

Por otro lado, en la Tabla 3.20, se muestra el beneficio económico diario que trae implementar la propuesta de mejora explicada con la Automatización Industrial. Para cuantificar el ahorro del tiempo se observa que el tiempo en la supervisión para evitar que la actividad habilitado de plástico se quede sin material y para abastecerla es de nueve (09) segundos, y esto lo hacen por lo menos 45 veces al día para cada una de las cuatro (04) áreas de trabajo de esta operación. Por lo tanto, el tiempo total ahorrado será de 27 minutos, durante el cual se logra producir 745 portapapeles. Así mismo, por información de la empresa, el costo por producir un (01) portapapel es de 0.035 soles, lo que significa que se tiene un ahorro total diario de 26.08 soles.

Tabla 3.20 Beneficio económico diario de la implementación de la propuesta de Automatización Industrial

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Falta de producto en una actividad	Implementación de un sistema automatizado	27	745	26.08

En la Tabla 3.21, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.21 Ahorro monetario al implementar la propuesta de Automatización Industrial

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	26.08	683.28	8,199.36

Por otro lado, la implementación de un sistema automatizado ha reemplazado al operario encargado de surtir material para la actividad de habilitado de plástico, lo cual genera un ahorro anual de S/. 14,519. En la Tabla 3.22, se muestra el detalle de lo mencionado.

Tabla 3.22 Ahorro de mano de obra del encargado de surtir material para el habilitado de plástico

Tarea	Número operarios actual	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Surtir material para la actividad de habilitado de plástico	1	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519

3.6. Implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima

En esta parte, se presenta el objetivo de la propuesta de climatización del almacén de materia prima, la capacitación que se brinda, el planteamiento de la situación actual y la presentación de la propuesta, el plan de implementación y el cronograma, el seguimiento de supervisión y control que se lleva a cabo, y los beneficios que traen al aplicarla.

3.6.1. Objetivo

El objetivo de esta propuesta es reducir los productos defectuosos, debido a la pegosidad en el material por la falta de climatización en el almacén de materia prima. Con esto, se busca eliminar el 20% de materia prima no apta para procesar.

3.6.2. Capacitación

Previo a la implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima, se realiza un plan de capacitación, que comprende lo siguiente:

- Está dirigido a todos trabajadores ubicados en el almacén de materia prima.
- La capacitación la dirigen los jefes de producción de los horarios mañana y tarde. Previamente, ellos han recibido, de forma gratuita, una capacitación por parte de la empresa proveedora del sistema de aire acondicionado, sobre su utilización y cuidado.
- La duración de la parte teórica y práctica de la capacitación será de una semana.

- Se busca explicar a los operarios por qué es tan importante climatizar el almacén de materia prima. Se les muestra los problemas encontrados y la forma en que estos se solucionan con esta propuesta. Asimismo, se les enseña cómo utilizar el equipo de aire acondicionado.

3.6.3. Planteamiento de la situación actual

El área de producción trabaja con una temperatura de 23°C en cualquier estación del año, ya que el plástico PVC, materia prima que utilizan para la elaboración del portapapel, no debe ser expuesto al calor por su sensibilidad a altas temperaturas. Sin embargo, el almacén de materia prima, donde este material se almacena en promedio siete (07) días, no está acondicionado con esta temperatura, lo cual genera alta pegosidad del producto, sobre todo en las campañas que se realizan en verano, presentando el 20% de materia prima no apta para ser procesada o generando demoras en la mayoría de las actividades por el difícil manejo del material. En la Figura 3.24, se observa la forma de cómo las bobinas de PVC son acopiadas en el almacén de materia prima.



Figura 3.24: Bobinas de PVC en el almacén de materia prima

3.6.4. Planteamiento de la propuesta de mejora

Para disminuir el porcentaje de materia prima no apta para ser procesada, se propone instalar un equipo de aire acondicionado en el almacén de materia prima. Este dispositivo estará programado para que la temperatura en el almacén sea menor o igual a 23°C. De esta forma, el área se mantiene en la temperatura adecuada para el buen uso del PVC, ya que la mayor parte de la materia prima se encuentra almacenada en este lugar, durante los siete (07) días de la semana. La Figura 3.25 muestra el equipo de aire acondicionado, el cual posee una pantalla digital que muestra la temperatura programada en el almacén. Así mismo, este sistema puede ser manejado por el operario a través de un control remoto.



Figura 3.25: Equipo de aire acondicionado Premier Split 12000 BTUs Frío

Fuente: FALABELLA Tienda *Online*

3.6.5. Plan de implementación y cronograma

Para realizar esta propuesta, se necesita desarrollar el siguiente plan de trabajo:

1. Comprar por internet el equipo de aire acondicionado Premier Split 12,000 BTUs Frío y esperar 5 días aproximadamente para la entrega a domicilio.
2. Instalar y probar el equipo de aire acondicionado.
3. Capacitar a los operarios sobre el funcionamiento del equipo de aire acondicionado.
4. Supervisar y controlar el cumplimiento de la propuesta.

Para ello, la Tabla 3.23 muestra el cronograma de esta mejora, la cual se realizará durante 18 días.

Tabla 3.23 Cronograma de la implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN																	
	SEMANA 1						SEMANA 2						SEMANA 3					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
Compra y entrega del equipo de aire acondicionado.	■	■	■	■	■	■	■											
Instalación y prueba del equipo de aire acondicionado.								■	■	■	■	■						
Capacitación de la propuesta de climatización.													■	■	■	■	■	■

3.6.6. Supervisión y control

Los jefes de producción se encargan de llevar a cabo la supervisión y control de la propuesta de climatización del almacén de materia prima, durante los horarios de la mañana y la tarde. Para ello, se realiza el seguimiento del nivel de temperatura cada hora, a través de fichas de control. En la Figura 3.26, se muestra la ficha de control para dar seguimiento a la temperatura en el almacén de materia prima, como al promedio de temperatura en el día.

Tabla 3.24 Beneficio económico diario de la implementación de climatización del almacén de materia prima

Problema	Propuesta	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos	Ahorro en costos (S/.)
Problemas de pegosidad	Sistema de control de temperatura	33.3	919	32.17

En la Tabla 3.25, se muestra el ahorro monetario diario, mensual y anual, en soles, que se obtiene al aplicar esta propuesta de mejora. Cabe resaltar que se ha considerado 26 días laborales al mes.

Tabla 3.25 Ahorro monetario al implementar la propuesta de climatización del almacén de materia prima

	Diario	Mensual	Anual
Ahorro (S/.)	32.17	836.42	10,037.04

3.7. VSM futuro de la empresa

En la Figura 3.27, se muestra el VSM futuro de la empresa. Al aplicar las herramientas *Lean*, se logrará el flujo continuo en el Área de producción. Algunas actividades se situaron aledañosamente, lo cual genera un eficiente balanceo en la línea de fabricación.

Así mismo, se observa una reducción del *Lead Time* del 39.9% y del Tiempo de Valor Agregado (TVA) del 46.3%.

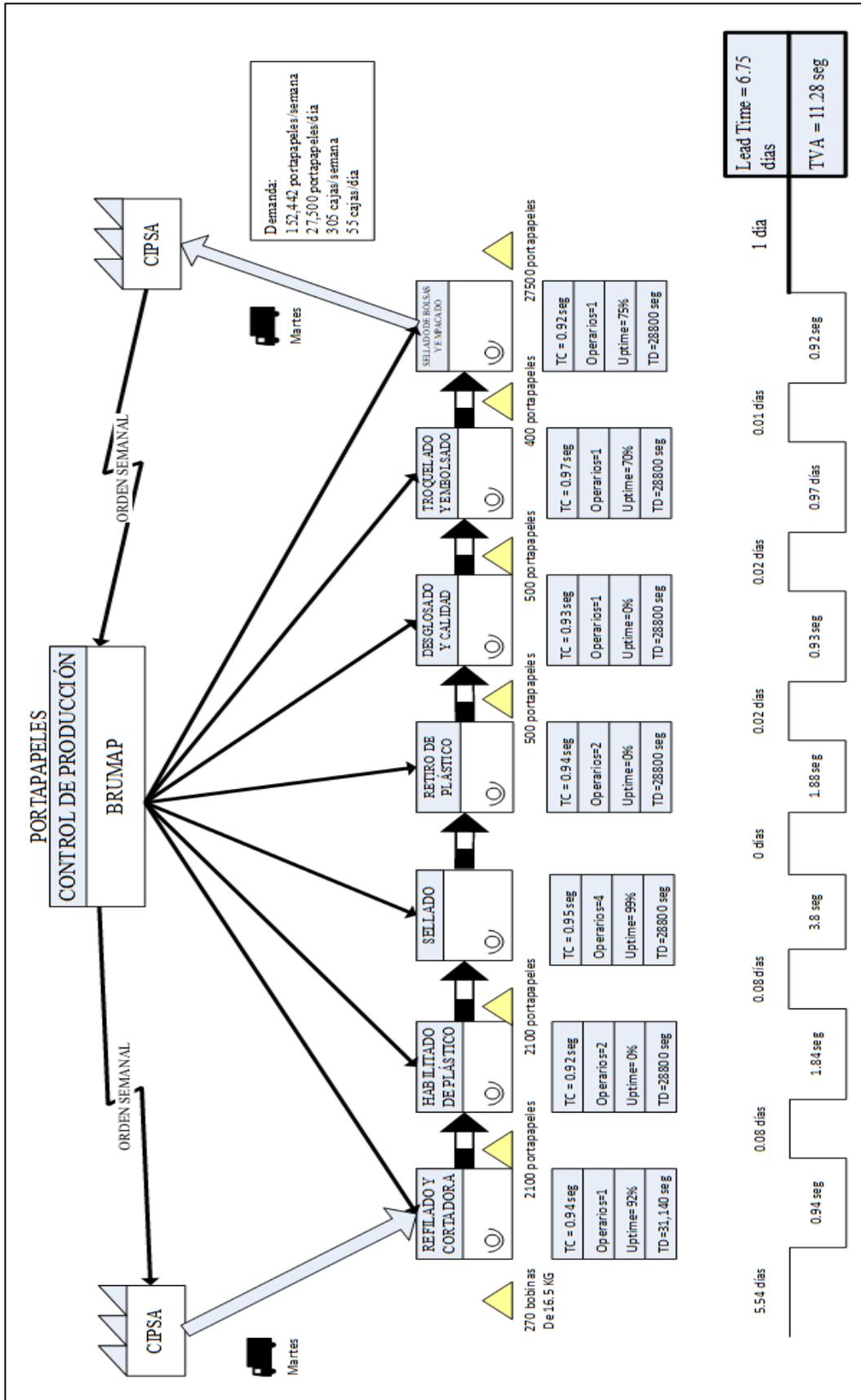


Figura 3.27: VSM futuro de la empresa

3.8. Evaluación del impacto de las propuestas en los métricos *Lean*

A continuación, se muestra el impacto en el valor del nivel de producción y el indicador OEE de la empresa para identificar las mejoras que se obtienen luego de la implementación de las propuestas mencionadas.

3.8.1. Impacto en el nivel de producción

En la actualidad, la producción de cajas por día es 42; sin embargo, con la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* y de Ingeniería Industrial, como también otras contramedidas, se espera una producción diaria de 55 cajas para lograr el 100% de la utilización de la planta, es decir, un incremento del 31%. Sin embargo, en la Tabla 3.26, se observa la cantidad real de portapapeles adicionales que se generan, según cada propuesta implementada.

Tabla 3.26 Producción adicional de portapapeles con las propuesta Lean

Propuesta <i>Lean</i> a implementar	Ahorro en tiempo (min)	Cantidad de portapapeles producidos
Implementación de la propuesta ergonómica	40	1,104
Implementación de la metodología Andón y Jidoka	6.4	176
Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células en U	34.6	1,916
Implementación de la metodología Poka Yoke	25	690
Implementación de la propuesta de Automatización Industrial	27	745
Implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima	33.3	919
		5,550

Así mismo, en la Tabla 3.27, se presenta una comparación de la cantidad de portapapeles producidos, el ahorro del tiempo por día (en horas) y el ahorro económico anual (en soles) de la situación actual con la implementación de las herramientas empleadas. Se puede observar un incremento de 26% en la producción de portapapeles, un ahorro de 2.77 horas por día y un ahorro económico anual en costos de S/. 60,672.

Tabla 3.27 Comparación de la situación actual con la implementación de las herramientas empleadas

	Producción de portapapeles	Ahorro en tiempo por día (h)	Ahorro en costos anuales (S/.)
Sin la implementación de las herramientas <i>Lean</i>	21,000	0	0
Con la implementación de las herramientas <i>Lean</i>	26,550	2.77	60,672

Además, se tiene conocimiento que en un día se espera fabricar 27,500 unidades, aproximadamente; por lo tanto, la nueva utilización de la planta en un día es la siguiente:

$$\text{Utilización de la planta} = \frac{26,550}{27,500} \times 100\% = 97\%$$

Por lo tanto, se logra superar la propuesta inicial de aumentar este indicador en al menos 90%, después de aplicar las herramientas *Lean*.

3.8.2. Impacto en el *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

En esta parte, se halla nuevamente el indicador OEE, después de las mejoras aplicadas. Para ello, se debe hallar cada uno de los siguientes indicadores: Disponibilidad (D), Rendimiento (R) y Calidad (C).

Con las mejoras propuestas se logra eliminar el tiempo perdido por averías, que implica el tiempo en que la máquina selladora está parada. Así mismo, se redujo el tiempo de espera del producto en proceso a dos (02) minutos, a través de la nueva distribución de planta y el flujo continuo en la línea de producción. Para este cálculo, se consideran las dos (02) máquinas selladoras que se usan en el proceso de producción.

A continuación, en la Tabla 3.28, se muestran los datos necesarios hallados, a partir de la máquina selladora, para calcular el OEE, D, R y C.

Tabla 3.28 Tabla de datos necesarios para calcular el OEE, D, R y C

Datos	
Tiempo planificado (horas)	8.65
Tiempo pérdidas averías (min)	0
Esperando materia prima (min)	2
Tiempo de ciclo estándar (seg)	2.1735
Piezas OK por turno	26,019
Piezas NO OK por turno	531

Finalmente, con los datos hallados, se procede a calcular el OEE. La Tabla 3.29 muestra un resumen de los indicadores mencionados.

Tabla 3.29 Tabla resumen de los valores actuales D, R, C y OEE

Indicador	Valor actual
Disponibilidad	99.6%
Rendimiento	93%
Calidad	98%
OEE	91%

Por lo tanto, se cumple con el valor aceptable del indicador: $OEE \geq 85\%$.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo, se explica a detalle los costos de implementación de cada una de las propuestas mencionadas, anteriormente. Asimismo, se muestra el beneficio económico de las mismas y se determina la factibilidad de toda la implementación, a través de indicadores.

Por otro lado, para esta evaluación, se tomaron en cuenta los siguientes puntos considerados en la empresa:

- La empresa vende a su cliente el servicio de fabricación de los portapapeles, ya que todos los insumos son entregados por el proveedor, y luego se los reenvía en cajas con 50 bolsas de 10 portapapeles cada una.
- El precio que ofrece la empresa por su servicio de maquila en la realización de 1,000 portapapeles (dos cajas) es de 14 dólares o, también, 49 soles. Así mismo, su costo de maquila, por 1,000 portapapeles es de S/. 35. Por lo tanto, su beneficio económico neto en cada caja terminada es de S/. 7.
- El sueldo de los trabajadores varía, según el rango que ocupen en la empresa. En la Tabla 4.1, se muestran las remuneraciones por día y por hora.

Tabla 4.1 Costos del personal

Puesto	Sueldo por día (S/.)	Horas por día	Costo HH (S/.)
Gerente de la planta	225	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	25
Jefe de producción	99	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	11
Operarios	50	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	5.55

4.1. Análisis de costos

En esta parte, se muestran todos los costos que conlleva la implementación de cada una de las propuestas de mejora: costos de los materiales y máquinas a comprar, costos de capacitación, costos del personal, entre otros.

4.1.1. Costos de la implementación de la propuesta ergonómica

Dentro de los costos de implementación de la propuesta ergonómica, se considera la compra de una máquina cortadora automática y una selladora de bosas con pedal, para evitar actividades repetitivas; soportes para la mesa, donde se realiza el control de calidad; y de sillas ergonómicas, para los operarios que desempeñan sentados sus actividades, durante todo el día. Además, se considera la adquisición de pulsadores, un soporte de madera y pisos antifatiga, para minimizar los dolores musculares en la actividad de refileado.

Por otro lado, se toma en cuenta el costo de la persona que instala los pulsadores en la máquina de refileado, como el pago al consultor de ergonomía para empresas.

En la Tabla 4.2, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

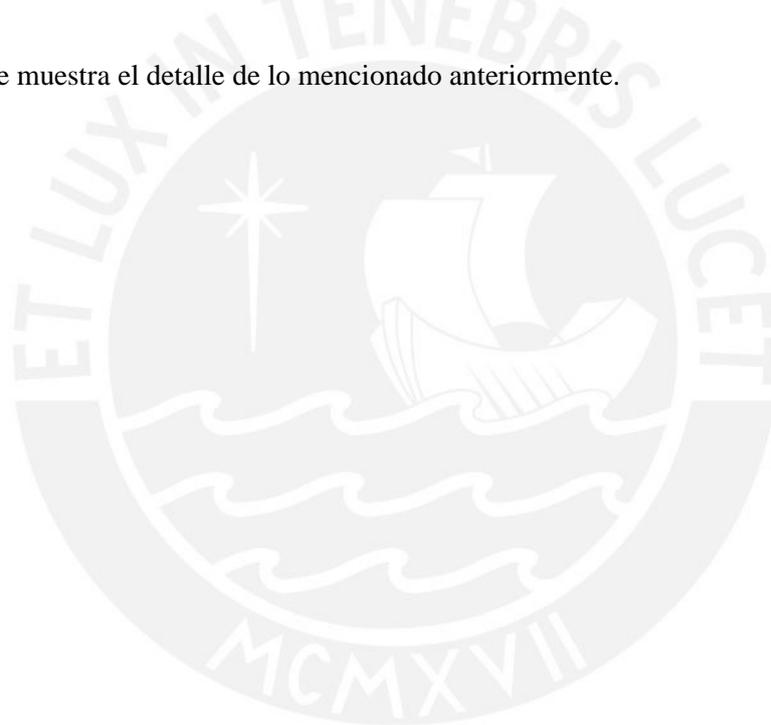


Tabla 4.2 Costo de implementación de la propuesta ergonómica

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo unitario (USD)	Tipo de cambio	Total (S/.)
Máquina cortadora automática	1	Unidad	-	12,500	3.495	43,687.5
Soporte de madera	1	Unidad	150	-	-	150
Piso antifatiga	6	Unidad	37	-	-	222
Pulsadores	2	Unidad	6.9	-	-	13.8
Soportes para mesa	4	Unidad	25	-	-	100
Silla ergonómica	10	Unidad	897.8	-	-	8,978
Selladora de bolsas con pedal	1	Unidad	-	105	3.495	366.98
Servicios	Descripción		Cantidad	Horas	Costo por hora (S/.)	Costo total (S/.)
Instalador de pulsadores	Persona que instala los pulsadores en la máquina de refilado.		1	6	50	300
Consultor de ergonomía	Persona que capacita a los trabajadores sobre la propuesta ergonómica.		1	12	150	2,400

4.1.2. Costos de la Implementación de la metodología Andón y Jidoka

Para los costos de implementación de la metodología Andón y Jidoka, se consideran la compra de pulsadores y del tablero Andón.

Por otro lado, también se consideran los costos de la persona que instala los pulsadores en el área de sellado, y de la que desarrolla e instala el tablero Andón. Asimismo, se toma en cuenta el pago al consultor de *Lean Manufacturing*.

En la Tabla 4.3, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.3 Costo de implementación de Andón y Jidoka

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo unitario (USD)	Tipo de cambio	Total (S/.)
Pulsadores	8	Unidad	6.9	-	-	55.2
Tablero Andón	1	Unidad	800	-	-	800
Servicios	Descripción		Cantidad	Horas	Costo por hora (S/.)	Costo total (S/.)
Instalador de pulsadores	Persona que instala los pulsadores en el área de sellado.		1	6	50	300
Ingeniero electrónico	Persona que desarrolla e instala el Tablero Andón.		1	14	80	1,120
Consultor de <i>Lean Manufacturing</i>	Persona que capacita a los trabajadores sobre la propuesta Andón y Jidoka.		1	12	250	3,000

4.1.3. Costos de la Implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

Para los costos de implementación de la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U, se consideran los materiales para las instalaciones eléctricas, debido a la nueva distribución de planta del Área de producción. Entre estos materiales, están el rollo de cable número 14 y los tomacorrientes para cada máquina selladora. Este costo para la distribución de planta también involucra el costo del electricista y de sus ayudantes, quienes realizan todas las instalaciones.

Por otro lado, se toma en cuenta el costo de mano de obra del trabajador encargado de retirar la pared ubicada entre el Área 1 y 2, como también el pago al consultor de *Lean Manufacturing*.

En la Tabla 4.4, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.4 Costo de la implementación de un flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
Rollo de cable THW 14AWG	1	Rollo	95	95
Tomacorriente Universal Doble	2	Unidad	25	50
Servicios	Cantidad	Horas	Costo por hora (S/.)	Costo total (S/.)
Electricista	1	12	50	600
Ayudante electricista	2	12	35	840
Trabajador de obra	2	12	50	1,200
Consultor de <i>Lean Manufacturing</i>	1	12	250	3,000

4.1.4. Costos de la Implementación de la metodología Poka Yoke

Para los costos de implementación de la metodología Poka Yoke, se considera la compra de materiales, para implementar la gestión visual en la operación habilitado de plástico. Entre estos materiales, están las impresiones, carpeta de documentos, micas, tablero y fotografías impresas. Asimismo, para evitar errores del operario en esta misma actividad, se considera la compra de cintas adhesivas de color naranja fosforescente.

Por otro lado, se toma en cuenta el costo de la capacitación de los trabajadores, por el consultor de *Lean Manufacturing*.

En la Tabla 4.5, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.5 Costo de la implementación de Poka Yoke

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
Cintas adhesivas de color naranja fosforescente	1	Unidad	25	25
Impresiones	20	Unidad	1	20
Carpeta de documentos	1	Unidad	8.5	8.5
Micas	20	Unidad	1	20
Tablero de gestión visual	1	Unidad	45	45
Fotografías impresas	10	Unidad	4	40
Servicios	Cantidad	Horas	Costo por hora (S/.)	Costo total (S/.)
Consultor de <i>Lean Manufacturing</i>	1	12	250	3,000

4.1.5. Costos de la propuesta de Automatización industrial

Para los costos de implementación de la propuesta de Automatización industrial, se considera la compra de un brazo robótico programable industrial. Asimismo, se toma en cuenta el costo de la capacitación de los trabajadores, por el consultor de *Lean Manufacturing*.

En la Tabla 4.6, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.6 Costo de la implementación de Automatización industrial

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo unitario (USD)	Tipo de cambio	Total (S/.)
Brazo programable neumático industrial	1	Unidad	-	9,800	3.495	34,251
Servicios	Descripción		Cantidad	Horas	Costo por hora (S/.)	Costo total (S/.)
Instalación del brazo robot	Costo de la instalación del brazo robot programable		1	-	-	7,500
Consultor de <i>Lean Manufacturing</i>	Persona que capacita sobre la propuesta de Automatización industrial.		1	12	250	3,000

4.1.6. Costos de la propuesta de climatización del almacén de materia prima

Para los costos de implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima, se considera la compra de un sistema de aire acondicionado, para evitar los problemas de pegosidad del producto.

En la Tabla 4.7, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.7 Costo de la implementación de la propuesta de climatización

Equipos y materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
Equipo de aire acondicionado	1	Unidad	1,099	1,099

4.1.7. Costo total por la implementación de las propuestas de mejora

El costo total generado por todas las propuestas de mejora, durante un año, es de S/. 129,618. En la Tabla 4.8, se muestra el resumen de los costos de implementación de cada propuesta y el porcentaje que representa cada una sobre el total.

Tabla 4.8 Costo total de implementación por cada propuesta de mejora

Propuestas de mejora	Costo total (S/.)	Porcentaje
Propuesta ergonómica	56,218	48.34%
Andón y Jidoka	5,275	4.54%
Flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U	5,785	4.97%
Poka Yoke	3,159	2.72%
Automatización industrial	44,751	38.48%
Climatización del almacén de materia prima	1,099	0.95%
Total	116,287	100%

En la Figura 4.1, se observa que las propuestas ergonómicas y de Automatización industrial, son las que tienen un mayor impacto en el costo total de implementación, ya que concentran el 86.82% del total de inversión del proyecto. Así mismo, estas dos (02) propuestas representan el 33.3% del total de herramientas a implementar.

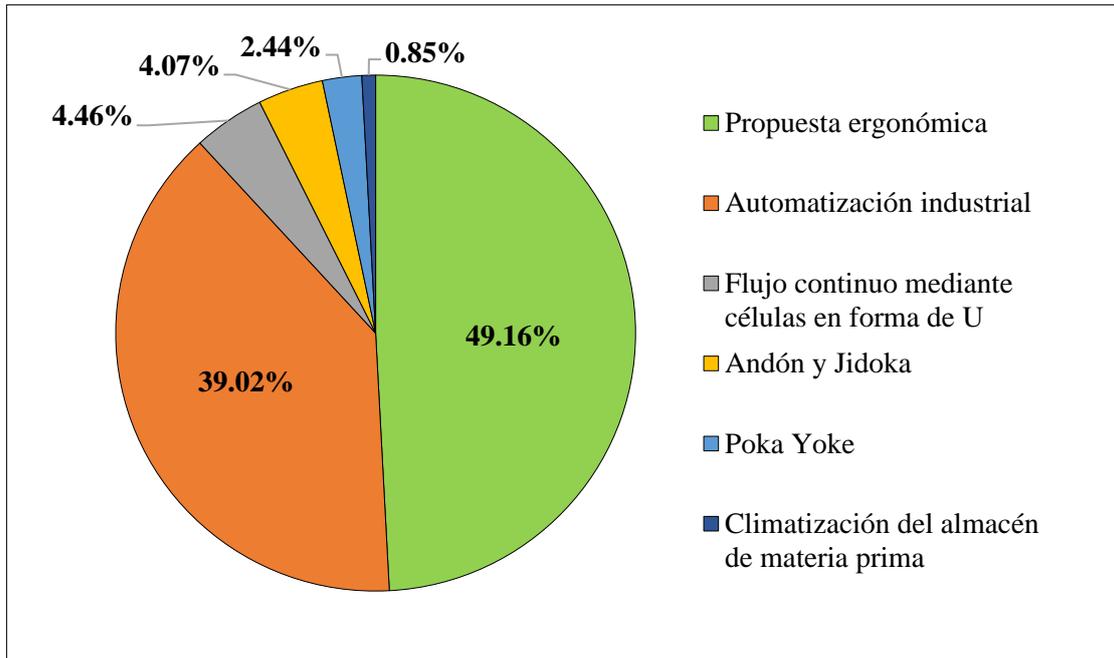


Figura 4.1: Participación de cada herramienta en el costo total de implementación

4.2. Beneficios económicos de las propuestas de mejora

En esta parte, se calculan, a detalle, los ingresos anuales de cada una de las propuestas de mejora.

4.2.1. Beneficio económico de la propuesta ergonómica

En la Tabla 4.9, se muestra el detalle del ahorro de tiempo al implementar la propuesta ergonómica. Este ahorro anual es de 12,480 minutos.

Tabla 4.9 Ahorro de tiempo con la propuesta ergonómica

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Paradas en la actividad corta plano	60	25	1	25	650	7,800
Estiramiento de los operarios por fatiga	15	20	3	15	390	4,680
Total						12,480

Luego, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo y se calcula el ingreso que esto involucra. La Tabla 4.10, muestra que, por la implementación de esta mejora, se va a obtener un ingreso anual de S/. 4,822.

Tabla 4.10 Ingresos por implementación de la propuesta ergonómica

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Automatización de la operación corta plano	7,800	2.1735	215,320	7	3,014
Mejoras ergonómicas y ejercicios de estiramiento	4,680	2.1735	129,192	7	1,808
Total					4,822

Por otro lado, la compra de una máquina cortadora automática ha reemplazado al operario que realizaba esta actividad de forma manual, lo cual genera un ahorro anual de S/. 14,519. Así mismo, la implementación de propuestas ergonómicas ha eliminado la contratación de operarios a destajo, que reemplazan a los trabajadores que tienen descanso médico de 20 días por problemas de lumbalgia, debido a la incorrecta posición durante la jornada laboral. En la Tabla 4.11, se muestra el detalle de lo mencionado.

Tabla 4.11 Ingreso por ahorro de mano de obra en la actividad Corta plano

Actividades	Número operarios actual	Número operarios propuesto	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Corta plano	1	0	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519
Corta plano, troquelado, control de calidad, sellado de bolsas	4	-	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	20	3,730
Total						18,249

Otro costo ahorrado que se debe considerar es el que se utiliza en el tratamiento fisioterapéutico de los cuatro (04) trabajadores que tienen problemas de lumbalgia por las actividades mencionadas. En la Tabla 4.12, se muestra el ingreso por el ahorro de los costos de este tratamiento

Tabla 4.12 Ingreso por ahorro de tratamiento de lumbalgia

Problema	Tratamiento	Duración (Días)	Costo por sesión (S/.)	Número de sesiones	Frecuencia anual	Ahorro total anual (S/.)
Lumbalgia	Fisioterapéutico	36	100	36	1	14,400

4.2.2. Beneficio económico de la metodología Andón y Jidoka

En la Tabla 4.13, se muestra el detalle del ahorro de tiempo al implementar la metodología Andón y Jidoka. Este ahorro anual es de 1,996 minutos.

Tabla 4.13 Ahorro de tiempo con la metodología Andón y Jidoka

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Solicitar un reemplazo	12	4	8	6.4	166.4	1,996
Total						1,996

Después, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo, y se calcula el ingreso que esto involucra. La Tabla 4.14, muestra que por la implementación de esta mejora se tiene un ingreso anual de S/. 771.

Tabla 4.14 Ingresos por implementación de la metodología Andón y Jidoka

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Implementación de pulsadores	1,996	2.1735	55,100	7	771
Total					771

4.2.3. Beneficio económico de la metodología de flujo continuo mediante células en U

En la Tabla 4.15, se muestra el detalle del ahorro de tiempo, al implementar la metodología de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U. Este ahorro anual es de 10,795 minutos.

Tabla 4.15 Ahorro de tiempo con la metodología de flujo continuo mediante células en U

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Traslados innecesarios	13	44	1	9.5	247	2,964
Actividades no constantes	13	58	2	25.1	652.6	7,831
Total						10,795

Luego, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo, y se calcula el ingreso anual que se logra. En la Tabla 4.16, se muestra que por la implementación de esta mejora se va a tener un ingreso anual de S/. 4,171.

Tabla 4.16 Ingresos por implementación de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Nueva distribución de la planta	2,964	2.1735	81,821	7	1,145
Células de manufactura en forma de U	7,831	2.1735	216,176	7	3,026
Total					4,171

Por otro lado, el operario incrementa el nivel de producción en 3.5%, con respecto a la producción total diaria. En la Tabla 4.17, se muestra el detalle de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.17 Ingreso por incremento de producción

Producción diaria	Porcentaje de producción ganada	Cantidad de portapapeles extras diarios	Cantidad de portapapeles extras anuales	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
27,500	3.5%	962	279,621	7	3,915

Por otro lado, el buen balance de la línea, y la correcta ubicación de las máquinas y actividades en la planta, han reducido a un operario que realizaba la actividad del desglosado de plástico. En la Tabla 4.18, se muestra el detalle de lo mencionado.

Tabla 4.18 Ahorro de mano de obra en la actividad desglosado de plástico

Actividad	Número operarios actual	Número operarios propuesto	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Desglosado de plástico	1	0	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519

4.2.4. Beneficio económico de la metodología Poka Yoke

En la Tabla 4.19, se muestra el detalle del ahorro de tiempo al implementar la metodología Poka Yoke. Este ahorro anual es de 7,800 minutos.

Tabla 4.19 Ahorro de tiempo con la metodología Poka Yoke

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Errores del operario	1,500	1	1	25	650	7,800
Total						7,800

Después, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo, y se calcula el ingreso que esto involucra. En la Tabla 4.20 se muestra que, por la implementación de esta mejora, se va a tener un ingreso anual de S/. 3,015.

Tabla 4.20 Ingresos por implementación de la metodología Poka Yoke

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Sistema Poka Yoke	7,800	2.1735	215,320	7	3,015
Total					3,015

Por otro lado, un costo ahorrado es la compra de la nueva de la matriz de sellado, debido a que la anterior fue deteriorada, durante el cortocircuito ocasionado por la distracción del operario. Se considera el cambio de la matriz para las dos (02) máquinas selladoras de alta frecuencia. En la Tabla 4.21, se muestra el ingreso por el ahorro de esta nueva compra.

Tabla 4.21 Ingreso por el ahorro de la compra de una nueva matriz de sellado

Producto	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Matriz para sellado de alta frecuencia	2	3,500	7,000

4.2.5. Beneficio económico de la propuesta de Automatización industrial

En la Tabla 4.22, se muestra el detalle del ahorro de tiempo al implementar la propuesta de Automatización industrial. Este ahorro anual es de 8,424 minutos.

Tabla 4.22 Ahorro de tiempo con la propuesta de Automatización industrial

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Abastecer las piezas cortadas en Habilitado de plástico	9	45	4	27	702	8,424
Total						8,424

Después, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo, y se calcula el ingreso que esto involucra. En la Tabla 4.23, se muestra que, por la implementación de esta mejora, se tiene un ingreso anual de S/. 3,255.

Tabla 4.23 Ingresos por implementación de la propuesta de Automatización industrial

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Implementación de un sistema automatizado	8,424	2.1735	232,546	7	3,255
Total					3,255

Por otro lado, en la Tabla 4.24, se muestra el ingreso anual del ahorro por reemplazar al operario encargado de surtir material en la actividad habilitado de plástico; esto genera un ingreso anual de S/. 14,519 por el ahorro producido.

Tabla 4.24 Ingreso por ahorro de mano de obra del operario que surte material

Tarea	Número operarios actual	Costo HH (S/.)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Ahorro anual (S/.)
Surtir material para la actividad de habilitado de plástico	1	5.55	Lun-Vie: 9 Sáb: 5	26	14,519

4.2.6. Beneficio económico de la propuesta de climatización del almacén de materia prima

En la Tabla 4.25, se muestra el detalle del ahorro de tiempo al implementar la propuesta de climatización del almacén de materia prima. Este ahorro anual es de 10,390 minutos.

Tabla 4.25 Ahorro de tiempo con la propuesta de climatización del almacén de materia prima

Problemas	Tiempo perdido (segundos)	Frecuencia diaria por operario	Operarios en la actividad	Ahorro de tiempo diario (min)	Ahorro de tiempo mensual (min)	Ahorro de tiempo anual (min)
Separar portapapeles por pegosidad	20	50	2	33.3	865.8	10,390
Total						10,390

Después, se convierte el tiempo ahorrado en cantidades de portapapeles que se pueden fabricar en ese periodo, y se calcula el ingreso que esto involucra. En la Tabla 4.26, se muestra que por la implementación de esta mejora se va a tener un ingreso anual de S/. 4,015.

Tabla 4.26 Ingresos por implementación de la propuesta de climatización del almacén de materia prima

Propuestas	Ahorro de tiempo anual (min)	Tiempo estándar (seg/portapapel)	Producción al año (portapapeles)	Ingresos por una caja de portapapeles de 500 unidades (S/.)	Ingreso anual (S/.)
Sistema de control de temperatura	10,390	2.1735	286,818	7	4,015
Total					4,015

4.2.7. Beneficio económico total por la implementación de las propuestas de mejora

El ingreso total generado por todas las propuestas de mejora, durante un año, es de S/. 92,651. En la Tabla 4.27, se muestra el resumen de los ingresos anuales de cada propuesta y el porcentaje que representa cada una sobre el total.

Tabla 4.27 Ingresos anuales por cada propuesta de mejora

Propuestas de mejora	Ingresos anuales (S/.)	Porcentaje
Propuesta ergonómica	37,471	40.44%
Andón y Jidoka	771	0.83%
Flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U	22,605	24.40%
Poka Yoke	10,015	10.81%
Automatización industrial	17,774	19.18%
Climatización del almacén de materia prima	4,015	4.34%
Total	92,651	100%

En la Figura 4.2, se observa que las propuestas ergonómicas y de flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U, son las que tienen un mayor impacto en los ingresos anuales totales de la empresa, ya que concentran el 64.84% del beneficio económico total. Así mismo, estas dos (02) propuestas representan el 33.3% del total de herramientas a implementar.

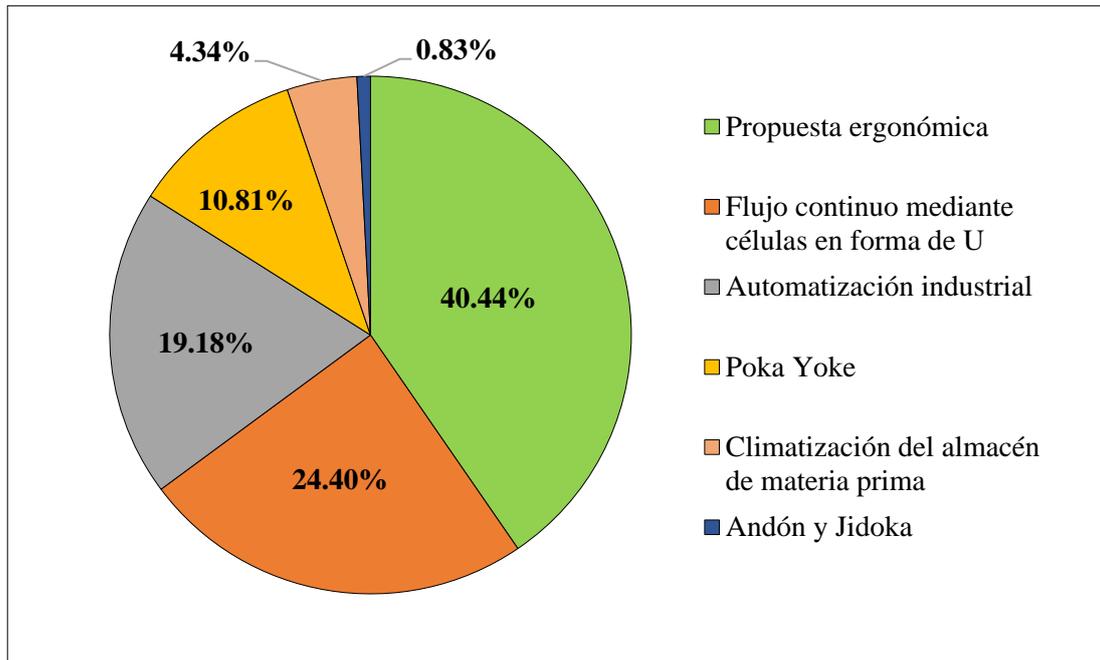


Figura 4.2: Participación de cada herramienta en el ingreso total anual

4.3. Evaluación de la factibilidad del proyecto

En este acápite, se evalúa la factibilidad de todas las propuestas de *Lean Manufacturing* a implementar y de las otras contramedidas utilizadas.

4.3.1. Costo de oportunidad de la empresa (COK)

Según Lira (2020), la técnica más usada para determinar el costo de oportunidad (COK) de un proyecto, es la derivada del modelo de valoración de activos financieros o CAMP (*Capital Asset Pricing Model*). La ecuación para obtener este valor es la siguiente:

$$COK = R_f + \beta_{\text{proyecto}} \times (R_m - R_f) + \text{Riesgo país}$$

En la Tabla 4.28, se muestran los parámetros que se usan para hallar el valor del COK.

Tabla 4.28 Parámetros necesarios para hallar el COK

Datos	Valor	Fuente
Rf (Tasa libre de riesgo de EE. UU.)	1.08%	Investing.com (octubre 2021)
Rm-Rf (prima por riesgo de mercado)	4.84%	Historical Returns for the US (2021)
Riesgo país	1.85%	BCRP (octubre 2021)
β desapalancado (sector Maquinaria)	1.10	Historical Returns for the US (2021)
Inflación de Perú	3.20%	El Peruano (2021)
Inflación de Estados Unidos	5.30%	Expansión (2021)
Relación Deuda (D) / Patrimonio (P) para Industria Manufacturera	0.1965	Historical Returns for the US (2021)
Impuesto a la renta	29.50%	SUNAT (2021)

Para hallar el β del proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\beta_{\text{proyecto}} = \left[1 + \frac{D}{P} \times (1 - T) \right] \times \beta_{\text{desapalancado}}$$

Reemplazando los valores, se obtiene el siguiente valor:

$$\beta_{\text{proyecto}} = [1 + 0.1965 \times (1 - 0.295)] \times 1.10 = 1.2524$$

Por lo tanto, con este valor, se halla el costo de oportunidad de la empresa:

$$COK (\$) = 1.08\% + 1.2524 \times 4.84\% + 1.85\% = 8.99\%$$

Finalmente, para hallar el COK expresado en la moneda peruana (S./), debido a que la empresa en estudio se ubica en Perú, se ajusta este valor con las tasas de inflación de Perú y EE. UU. en el año 2021, a través de la siguiente ecuación:

$$COK (S/.) = COK (\$) \times \frac{1 + \text{Inflación Perú}}{1 + \text{Inflación EE.UU.}}$$

Reemplazando los valores, se obtiene el siguiente valor:

$$COK (S/.) = 8.99\% \times \frac{1 + 3.20\%}{1 + 5.30\%} = 8.81\%$$

Sin embargo, se le preguntó al gerente de la empresa, sobre la tasa mínima aceptable de rendimiento que utilizaría para la inversión; indicó el 15%, debido a la crisis económica mostrada en el último año.

Por lo tanto, se tomó la decisión de utilizar el valor de 15% para el COK, considerado por el gerente general, como una tasa atractiva para la empresa y desafiante en el contexto actual.

4.3.2. Flujo de caja económico

Según Jiménez (2018), el flujo de caja es el estado de cuenta más importante para evaluar un proyecto. Se resumen todas las entradas y salidas de dinero, durante la vida útil del proyecto, y tiene como objetivo mostrar el cálculo de la rentabilidad de la inversión inicial. En la Tabla 4.29, se presenta el flujo de caja económico proyectado para los próximos dos (02) años, considerando a este año, como el año 0, en el que se realiza la inversión inicial.

Tabla 4.29 Flujo de caja económico

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
I. COSTOS			
Costo por implementación	S/116,287.00		
Mantenimiento de las máquinas		S/6,323.00	S/6,323.00
Depreciación de las máquinas		S/7,903.75	S/7,903.75
Costos Totales	S/116,287.00	S/14,226.75	S/14,226.75
II. INGRESOS			
Ingreso por implementación		S/20,049.00	S/20,049.00
Ahorro de mano de obra		S/47,287.00	S/47,287.00
Ahorro por tratamiento de lumbalgia		S/14,400.00	S/14,400.00
Ingreso por incremento de productividad		S/3,915.00	S/3,915.00
Ahorro por compra de matriz nueva		S/7,000.00	S/7,000.00
Ingresos Totales		S/92,651.00	S/92,651.00
III. FLUJO DE CAJA ECONÓMICO			
Flujo Neto	-S/116,287.00	S/78,424.25	S/78,424.25

Así mismo, el flujo de caja económico permite realizar la evaluación económica del proyecto, al analizar los siguientes indicadores: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio / costo (B/C).

Para este análisis, se usa la tasa de descuento del 15%, ya que este valor fue requerido por el gerente general de la empresa, quien espera recibir el dinero de su inversión en no más de dos (02) años. Por ello, se realiza un análisis de estos indicadores para dos (02), tres (03) y cuatro (04) años. Finalmente, se opta por usar el flujo de caja económico con retorno de la inversión en dos (02) años, ya que en ese tiempo se genera una rentabilidad para la organización; sin embargo, no significa que el proyecto de mejora continua terminará en ese tiempo, pues a más años de implementación de las herramientas de mejora en el proceso, mayor será la rentabilidad; los indicadores de los siguientes años están detallados en el Anexo 1. En la Tabla 4.30, se muestra cada uno de los indicadores relacionados a esta evaluación económica y sus valores.

Tabla 4.30 Indicadores del proyecto

Indicador	Valor
VPN	S/. 11,208.00
TIR	22%
B/C	1.08

En el segundo año del proyecto, los indicadores muestran lo siguiente: el valor presente neto, igual a S/. 11,208.00, es mayor a cero; el TIR (Tasa Interna de Retorno), de 22%, es mayor a la tasa de descuento, de 15%; además, el indicador B/C es igual a 1.08. Esto último, significa que por cada sol invertido en el proyecto se va a recibir una ganancia de 0.08 soles. Por lo tanto, se puede concluir, que el proyecto es rentable.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo, se muestran las conclusiones y recomendaciones al implementar las distintas herramientas *Lean* en el proceso de producción de portapapeles.

5.1. Conclusiones

- Los problemas principales que presenta la empresa son los siguientes: deficiente nivel de producción y productos defectuosos. Así mismo, se concluye que las causas principales de estos problemas son las deficiencias ergonómicas en las actividades de corta plano, troquelado, control de calidad del producto en proceso y sellado de bolsas; las paradas de máquinas por errores de los operarios y al realizar reemplazos entre ellos; la ausencia de un flujo continuo y de máquinas automatizadas; y la pegosidad y/o adherencia observada en el material, por la deficiente temperatura en el almacén de materia prima.
- Las herramientas de *Lean Manufacturing* implementadas, para contrarrestar las causas principales de los problemas en la empresa, son los siguientes: Andón y Jidoka, Poka Yoke y flujo continuo mediante células de manufactura en forma de U. Asimismo, se desarrollan otras contramedidas, como la Automatización Industrial, propuesta ergonómica y climatización del almacén de materia prima.
- La propuesta ergonómica implementada tiene como objetivo desarrollar condiciones adecuadas en el área de trabajo, con la finalidad de incrementar la productividad (unid/HH). Asimismo, representa el mayor beneficio económico, con un 40.44% del total. Además, se logra un ahorro anual de S/.14,400, por los tratamientos de lumbalgia de los trabajadores.
- La herramienta *Lean*, Andón y Jidoka, tiene como objetivo principal de evitar las paradas de las operaciones críticas (habilitado de plástico, sellado, deshabilitado de plástico) y las distracciones de los operarios. A pesar de que su beneficio económico sea solo del 0.83%, la aplicación de esta propuesta es esencial, debido a que afronta directamente a los problemas relacionados a las operaciones críticas, consideradas como cuello de botella.
- La propuesta de implementar un flujo continuo, mediante células de manufactura en forma de U, tiene como objetivo principal eliminar los desplazamientos innecesarios de los operarios. Con la implementación de una célula de manufactura, se logra reducir en más de 40% el desplazamiento inicial del operario en el Área de producción. Asimismo, el nivel de producción

incrementa en un 3.5%, con respecto a la producción total diaria. Esta propuesta representa la segunda con mayor beneficio económico, con un 24.40% del total.

- La herramienta *Lean*, Poka Yoke, tiene como objetivo evitar las paradas inopinadas de la máquina de sellado por alta frecuencia, debido a errores de los operarios por fatiga o distracciones. Con la implementación de esta propuesta, se logra un beneficio económico de 7.5% del total. Asimismo, su costo de implementación es solo de 2.4% del costo total. Además, se genera un ahorro económico anual de S/.7,000, debido a que ya no habrá compras de nuevas matrices de sellado, como consecuencia del deterioro por cortocircuito.
- La propuesta de Automatización Industrial tiene como objetivo principal incrementar el nivel de producción. Con la implementación de esta, se logra incrementar la producción diaria en un 3.5%. Además, se obtiene un beneficio económico del 19.2% del total, siendo la tercera propuesta con mayor ingreso.
- La propuesta de climatización del almacén de materia prima tiene como objetivo principal reducir los productos defectuosos, debido a la pegosidad y/o adherencia del material, al no ser conservados en un ambiente con temperatura adecuada. Con esta implementación, se logra eliminar el 20% de materia prima no apta para procesar, y se obtiene un beneficio económico del 4.3% del total.
- La implementación de las propuestas de mejora continua mencionadas, lograron un incremento de 26% en el nivel de producción diario de portapapeles y un ahorro monetario anual de 65% del total de beneficio económico. Además, se logra reducir la cantidad de operarios actuales de la empresa en 18%, lo cual representa un ahorro por mano de obra del 47%, con respecto al beneficio económico total. En adición, se logra reducir el Tiempo de Valor Agregado (TVA) en un 46.3%, y el *lead time* en un 39.9%, lo cual permite alcanzar el tiempo requerido por el cliente para el despacho de sus productos.
- Con respecto a los indicadores analizados, la línea tiene un OEE del 91%. Por lo tanto, se cumple con el valor aceptable del indicador: $OEE \geq 85\%$. Además, se logra la propuesta inicial de aumentar el indicador de utilización de la planta en al menos 90%, ya que después de aplicar las propuestas de mejora con las herramientas *Lean*, este indicador se incrementa en 97%.
- Con respecto a los costos de las propuestas de mejora, se concluye que las propuestas ergonómicas y de Automatización industrial, son las que tienen un mayor impacto en el costo

total de implementación, debido a que concentran el 86.82% del total de inversión del proyecto. Por otro lado, aquellas que tienen un mayor impacto en los ingresos anuales totales de la empresa son las propuestas ergonómicas y de flujo continuo, mediante células de manufactura en forma de U, puesto que concentran el 64.84% del beneficio económico total.

- Se concluye que el proyecto es económicamente rentable y viable en un horizonte de dos (02) años. Los indicadores económicos muestran un valor presente neto de S/. 11,208, mayor a cero; una tasa interna de retorno (TIR) de 22%, mayor a la tasa de descuento brindado por el gerente general de 15%; y un indicador de beneficio/costo (B/C) de 1.08, lo que significa que, por cada sol invertido en el proyecto, se va a recibir una ganancia de 0.08 soles.



5.2. Recomendaciones

- Se tiene conocimiento de que la empresa ya utiliza la metodología de 5'S y el pensamiento Kaizen; sin embargo, se propone aplicar las otras herramientas de *Lean Manufacturing* en todas las áreas de la empresa, para mejorar sus procesos productivos y aumentar su rentabilidad.
- Se propone involucrar a los trabajadores en las decisiones sobre la mejora continua del proceso, debido a que no se realizan con ellos encuestas o lluvia de ideas. Esto le permitirá al operario desarrollar su creatividad e innovación en las mejoras que pueden realizarse dentro de la línea de producción, puesto que ellos, son los que están más tiempo en ella y podrían observar otras posibles deficiencias.
- Se propone desarrollar una política de incentivos para los trabajadores que cumplan con los indicadores establecidos o que aumenten su productividad diaria. La empresa debe analizar el impacto económico de estos incentivos grupales o individuales.
- El gerente general de la empresa podría evaluar otros escenarios propuestos sobre el tiempo de retorno de su inversión, mostrados en el Anexo 1; sin embargo, se le recomienda mantener las propuestas de mejora por un largo periodo de tiempo, con el objetivo de incrementar la rentabilidad de la organización.
- Se propone realizar un seguimiento y control constantes de las mejoras continuas que se establecen en la empresa. Entre ellas, observar que se cumplan con las nuevas estandarizaciones y procesos desarrollados. Así mismo, seguir evaluando mejoras continuas con todo el equipo.
- Se propone reubicar el almacén de materia prima, con la finalidad de que se encuentre más cerca al Área de producción. Esto ayudará a reducir los traslados de los trabajadores al transportar el material necesario hacia los estantes, para fabricar la producción diaria.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, Andrés

2014 “IMPLEMENTACIÓN DE OEE Y SMED COMO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO”. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>

ALIBABA

2020 Copa de succión robótica de construcción brazo programable neumático Industrial piezas de Robot brazo. Consulta: 22 de junio de 2020.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/suction-cup-robotics-arm-construction-programmable-industrial-pneumatic-robot-parts-arm-62468426415.html?spm=a2700.8699010.normalList.28.46e54b2aQwiFTG>

ALISTE, M. E. R., REAL, D. L., & BRAVO, I. L.

2006 *¿Eres visual, auditivo o kinestésico? Estilos de aprendizaje desde el modelo de la Programación Neurolingüística (PNL)*. Revista Iberoamericana de Educación, 38(2), 1-10.

AMAZON

2020 PNPGlobal - Sellador de calor para pedal de pie de 12.0 in, sellador de calor, bolsa de plástico, 110 V/350 W. Consulta: 22 de junio de 2020.

https://www.amazon.com/-/es/PNPGlobal-Sellador-12-0-sellador-pl%C3%A1stico/dp/B07NNHSMRR/ref=sr_1_2?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=bag+sealer+with+pedal&qid=1594834427&sr=8-2

BANCO CENTRAL DE RESERVA DE PERÚ

2021 INTERBANCARIO – PROMEDIO 2020. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01207PM/html/2020-01/2020-12/>

BANCO CENTRAL DE RESERVA DE PERÚ

2021 SPREAD - EMBIG PERÚ (PBS). Consulta: 25 de septiembre de 2021.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04709XD/html/2020-01-01/2021-10-06/>

CABRERA, Rafael

2012 *Manual de Lean Manufacturing. Simplificado para PYMES.* España: EAE Editorial Académica Española.

COMERCIO EXTERIOR

2012 *La industria del plástico.* México. Consulta: 04 de abril de 2019

http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf

COMITÉ DE PLÁSTICOS DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS

2018 *Situación de la industria plástica en los países de la Alianza del Pacífico y sus proyecciones para el 2019.* Lima, Perú.

CORNEJO, Ruddy

2013 “EVALUACIÓN ERGONÓMICA Y PROPUESTAS PARA MEJORA EN LOS PUESTOS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE TELA EN TEJIDO DE PUNTO DE UNA TINTORERÍA”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5483/CORNEJO_RUDDY_ERGONOMICA_MEJORA_PROCESO_TE%
c3%91IDO_TELA_TINTORERIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5483/CORNEJO_RUDDY_ERGONOMICA_MEJORA_PROCESO_TE%c3%91IDO_TELA_TINTORERIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CORRALES, César

2016 *Estudio del Trabajo. Ergonomía* [diapositiva]. Consulta: 10 de junio de 2019.

CRUELLES, José

2012 *Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan.* España: Marcombo, S.A.

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=keXDrXAU5YYC&oi=fnd&pg=PT5&dq=que+es+la+productividad&ots=io7WS78jxg&sig=ayE6Wuj5diZJi5BEv8dApX1YtcM&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20la%20productividad&f=false

EL PERUANO

2021 *Perú tendrá la tercera inflación más baja de Latinoamérica.*

Consulta: 25 de septiembre de 2021.

<https://elperuano.pe/noticia/128434-peru-tendra-la-tercera-inflacion-mas-baja-de-latinoamerica>

EXPANSIÓN

2021 *Sube el IPC en septiembre en Estados Unidos*. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

<https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/usa>

FALABELLA TIENDA ONLINE

2020 Aire Acondicionado Premier Split 12000 BTUS Frío. Consulta: 22 de mayo de 2020.

<https://www.falabella.com.pe/falabella-pe/product/16549295/Aire-Acondicionado-Premier-Split-12000-BTUS-Frio/16549295?kid=shopp800000022765>

GEO TUTORIALES

2017 Gestión de Operaciones. Consulta: 29 de mayo de 2019.

<https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/como-hacer-un-diagrama-de-pareto-con-excel-2010/>

GESTIÓN

2018 *Industria plástica podría crecer 5% este año, pero requiere apoyo del Gobierno*. Consulta: 05 de abril de 2019

<https://gestion.pe/economia/industria-plastica-crecer-5-ano-requiere-apoyo-gobierno-231807>

GUILLÉN, Mariano

2019 *CELDAS MANUFACTURA, JUST IN TIME, KAMBAN Y TRABAJO ESTANDARIZADO 2019* [diapositiva]. Consulta: 25 de mayo de 2019.

GUILLÉN, Mariano

2019 *Introducción Manufactura Esbelta 2019* [diapositiva]. Consulta: 07 de mayo de 2019.

HUALLA, Rody, & CÁRDENAS, Carlos

2017 “MEJORA DE PROCESOS EN LAS ÁREAS DE MEZCLADO Y MOLIENDA DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE TUBOSISTEMAS PVC Y PEAD APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9372/HUALLA_RODY_MOLIENDA_EMPRESA_MANUFACTURERA_CALIDAD_LEAN.pdf?sequence=4&isAllowed=y

INEI

2017 *Perú: Estructura Empresarial, 2016*. Consulta: 04 de abril de 2019.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1445/libro.pdf

INSTITUTO PERUANO DE ECONOMÍA

2017 Sectores productivos. Consulta: 10 de mayo de 2019.

<http://www.ipe.org.pe/portal/sectores-productivos/>

INTER – AMERICAN DEVELOPMENT BANK

2016 *Es tiempo de descuento en la evaluación de proyectos*. Consulta: 12 de julio de 2020.

<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/project-evaluation-role-discount-rate/>

INTERNATIONAL ECONOMICS ASSOCIATION

2019 *Definition and Domains of Ergonomics*. Consulta: 19 de junio de 2019.

<https://www.iea.cc/whats/index.html>

INVESTING.COM

2021 Rentabilidad del bono Estados Unidos 5 años. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

https://es.investing.com/rates-bonds/u.s.-5-year-bond-yield?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=14710623282&utm_content=546922691898&utm_term=dsa-1426887696690_&GL_Ad_ID=546922691898&GL_Campaign_ID=14710623282&gclid=Cj0KCQjwwY-LBhD6ARIsACvT72OvvszdqzNDi3cOpQZX4x9U6huxB1kEoKZTMTe9FhVGO5XyIaILjC8aAr1REALw_wcB

JIMÉNEZ, Icíar

2018 *Apuntes de Dirección Financiera I*. Madrid: Independently published.

KRAJEWSKI, Lee

2013 *Administración de operaciones. Procesos y cadena de suministros*. Décima edición. México: Pearson Educación.

LIKER, Jeffrey

2006 *The Toyota Way*. Nueva York: Simon & Schuster, Inc.

LIRA, Paúl

2020 *El Modelo CAPM y la Tasa de Descuento*. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

<https://www.linkedin.com/pulse/el-modelo-capm-y-la-tasa-de-descuento-pa%C3%BA1-lira/?originalSubdomain=es>

MADARIAGA, Francisco

2013 *LEAN MANUFACTURING. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid: Bubok Publishing S.L.

MADE-IN-CHINA

2020 Película de PVC fq-1300Hx Slitter Máquina de corte. Consulta: 22 de mayo de 2020.

https://es.made-in-china.com/co_kunshanhexin/product_Hx-1300fq-PVC-Film-Slitter-Cutting-Machine_eosueuon.html

MERCADO LIBRE

2020 Piso Antifatiga 40 cm x 60 cm x 22 mm. Consulta: 22 de junio de 2020.

https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-438279857-piso-antifatiga-40cm60cm22mm-_JM?quantity=1#position=11&type=item&tracking_id=1b7ec9df-8569-4bf9-bcb9-61a762b5070e

NEW YORK UNIVERSITY

2021 *Betas by Sector (US)*. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

NEW YORK UNIVERSITY

2021 *Historical Returns on Stocks, Bonds and Bills: 1928-2020*. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html

PALOMINO, Miguel

2012 “APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LAS LÍNEAS DE ENVASADO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE LUBRICANTES”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1707/PALOMINO_MIGUEL_LEAN_MANUFACTURING_LUBRICANTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

POLANCO, Fiorella, & ORÉ, Katerine

2017 “MEJORA DEL PROCESO DE LA PRODUCCIÓN DE HARINA USADA COMO MATERIA PRIMA PARA ALIMENTO BALANCEADO DE MASCOTAS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12019/POLANCO_FIORELLA_PRODUCCION_HARINA_MASCOTAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RAJADELL, M., & SÁNCHEZ, J.

2010 *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. [Madrid]: Díaz de Santos, 2010. Consulta: 04 de abril de 2019

<http://search.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.492891&lang=es&site=eds-live&scope=site>

SODIMAC

2020 Pulsador liviano. Consulta: 22 de mayo de 2020.

<https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1621769/pulsador-liviano-verde>

SUNAT

2021 *Régimen General*. Consulta: 25 de septiembre de 2021.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1733677/Regimen_General_23.06.2021.pdf

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

2018 Pausas Activas. Consulta: 02 de octubre de 2021.

<https://www.ucc.edu.co/administrativos/seguridad-salud-en-el-trabajo/Paginas/riesgos-laborales-pausas-activas.aspx>

VELÁZQUEZ, Roberto

2019 *Análisis y mejoramiento de sistemas de manufactura* [diapositiva]. Consulta: 03 de mayo de 2020.

VISSO

2020 Silla ERGO. Consulta: 22 de mayo de 2020.

<https://visso.com.pe/producto/ergo/>

WOMACK, Jim & DAN, Jones

2003 *Lean Thinking*. Reino Unido.

ZELADA, Rosío

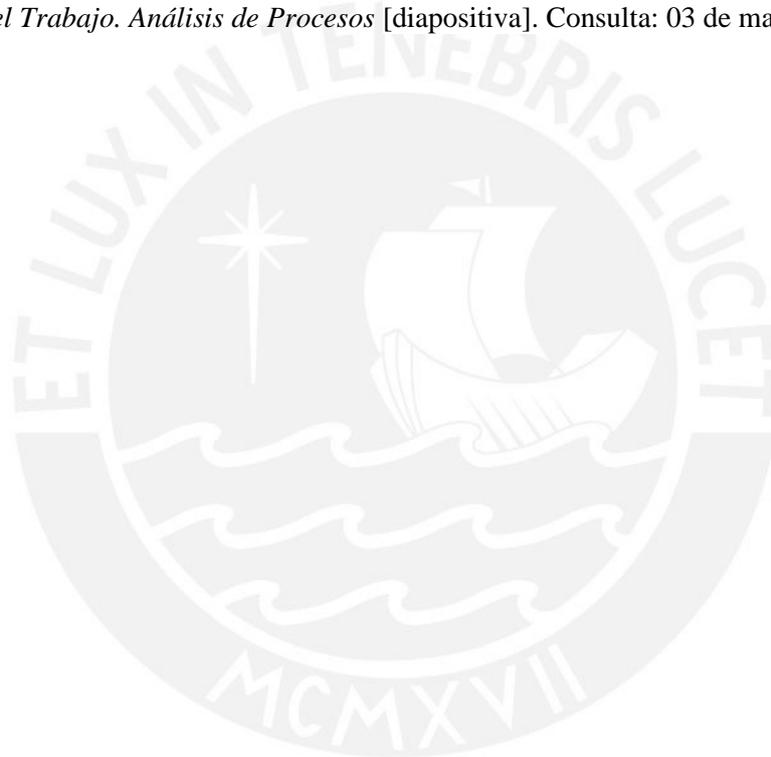
2016 *Estudio del Trabajo. Medición del Trabajo* [diapositiva]. Consulta: 03 de mayo de 2019.

ZELADA, Rosío

2016 *Estudio del Trabajo. Balance de Línea* [diapositiva]. Consulta: 03 de mayo de 2019.

ZELADA, Rosío

2016 *Estudio del Trabajo. Análisis de Procesos* [diapositiva]. Consulta: 03 de mayo de 2019.



Anexos

Anexo 1 Escenarios del tiempo de retorno de inversión

- Horizonte de dos (02) años

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
----------	-------	-------	-------

I. COSTOS

Costo por implementación	S/116,287.00		
Mantenimiento de las máquinas		S/6,323.00	S/6,323.00
Depreciación de las máquinas		S/7,903.75	S/7,903.75
Costos Totales	S/116,287.00	S/14,226.75	S/14,226.75

VAN	S/11,208.00
TIR	22%
B/C	1.08

II. INGRESOS

Ingreso por implementación		S/20,049.00	S/20,049.00
Ahorro de mano de obra		S/47,287.00	S/47,287.00
Ahorro por tratamiento de lumbalgia		S/14,400.00	S/14,400.00
Ingreso por incremento de productividad		S/3,915.00	S/3,915.00
Ahorro por compra de matriz nueva		S/7,000.00	S/7,000.00
Ingresos Totales		S/92,651.00	S/92,651.00

III. FLUJO DE CAJA ECONÓMICO

Flujo Neto	-S/116,287.00	S/78,424.25	S/78,424.25
------------	---------------	-------------	-------------

- Horizonte de tres (03) años

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
----------	-------	-------	-------	-------

I. COSTOS

Costo por implementación	S/116,287.00			
Mantenimiento de las máquinas		S/6,323.00	S/6,323.00	S/6,323.00
Depreciación de las máquinas		S/7,903.75	S/7,903.75	S/7,903.75
Costos Totales	S/116,287.00	S/14,226.75	S/14,226.75	S/14,226.75

VAN	S/62,773.22
TIR	46%
B/C	1.42

II. INGRESOS

Ingreso por implementación		S/20,049.00	S/20,049.00	S/20,049.00
Ahorro de mano de obra		S/47,287.00	S/47,287.00	S/47,287.00
Ahorro por tratamiento de lumbalgia		S/14,400.00	S/14,400.00	S/14,400.00
Ingreso por incremento de productividad		S/3,915.00	S/3,915.00	S/3,915.00
Ahorro por compra de matriz nueva		S/7,000.00	S/7,000.00	S/7,000.00
Ingresos Totales		S/92,651.00	S/92,651.00	S/92,651.00

III. FLUJO DE CAJA ECONÓMICO

Flujo Neto	-S/116,287.00	S/78,424.25	S/78,424.25	S/78,424.25
------------	---------------	-------------	-------------	-------------

- Horizonte de cuatro (04) años

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
----------	-------	-------	-------	-------	-------

I. COSTOS

Costo por implementación	S/116,287.00				
Mantenimiento de las máquinas		S/6,323.00	S/6,323.00	S/6,323.00	S/6,323.00
Depreciación de las máquinas		S/7,903.75	S/7,903.75	S/7,903.75	S/7,903.75
Costos Totales	S/116,287.00	S/14,226.75	S/14,226.75	S/14,226.75	S/14,226.75

VAN	S/107,612.54
TIR	56%
B/C	1.69

II. INGRESOS

Ingreso por implementación		S/20,049.00	S/20,049.00	S/20,049.00	S/20,049.00
Ahorro de mano de obra		S/47,287.00	S/47,287.00	S/47,287.00	S/47,287.00
Ahorro por tratamiento de lumbalgia		S/14,400.00	S/14,400.00	S/14,400.00	S/14,400.00
Ingreso por incremento de productividad		S/3,915.00	S/3,915.00	S/3,915.00	S/3,915.00
Ahorro por compra de matriz nueva		S/7,000.00	S/7,000.00	S/7,000.00	S/7,000.00
Ingresos Totales		S/92,651.00	S/92,651.00	S/92,651.00	S/92,651.00

III. FLUJO DE CAJA ECONÓMICO

Flujo Neto	-S/116,287.00	S/78,424.25	S/78,424.25	S/78,424.25	S/78,424.25
------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------