



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación de mejora para incrementar el OEE de la Imprenta flexográfica N°7 mediante el uso de las herramientas Lean TPM y Standard Work en el proceso de impresión en la industria de cartón

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

González Zúñiga, Mario Manuel Emilio	0000-0002-0192-4032
Guevara Montes, Ronny Arturo	0000-0002-9680-9407

ASESOR(ES)

Sáenz Morón, Martín Joaquín	0000-0003-4274-0456
-----------------------------	---------------------

Lima, 15 de noviembre de 2023

Dedicatoria

Mario González Zúñiga

Este trabajo lo dedico principalmente a mi familia, la cual siempre ha estado a mi lado dándome la fortaleza, el apoyo y la garra para poder culminar satisfactoriamente este proyecto, así como cumplir cada una de las metas dispuestas en mi vida.

Ronny Arturo Guevara Montes

Dedico mi proyecto de suficiencia profesional a Dios, así como a mis padres y amigos cuyo apoyo fue fundamental en esta travesía. Han sido parte esencial de esta nueva etapa, la cual, si bien no fue fácil, tampoco resultó imposible gracias a nuestro enfoque conjunto. Este trabajo está dedicado en reconocimiento a su fe inquebrantable, apoyo incondicional y esfuerzo constante que depositaron en mí.

Asimismo, dedico este trabajo a todos los profesionales que buscan expandir su conocimiento sobre los beneficios y mejoras alcanzables mediante las herramientas de ingeniería industrial.

Este proyecto está dedicado con profundo amor y gratitud a mis padres, Milagros Montes y Arturo Guevara.

Agradecimientos

Mario González Zúñiga:

Ante todo, agradezco a Dios por darme la fortaleza y bendiciones para poder cumplir con el desarrollo de este Trabajo de Suficiencia Profesional. A mi familia, quienes desde muy pequeño me inculcaron los valores de responsabilidad y respeto y que, hasta el día de hoy, siguen apoyándome en mi desarrollo personal y profesional.

Agradezco también a mi compañero en este proyecto, que con su tenacidad y esfuerzo hemos podido desarrollar este proyecto de la mejor forma.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad UPC, y a cada uno de los asesores que nos apoyarnos con su sabiduría para poder desarrollar este trabajo.

Y, por último, agradezco a la empresa “Empaques H8”, de la cual formo parte 5 años y que, gracias a su apoyo y a las mejoras en la empresa, no proporcionó el apoyo para desarrollar este trabajo de Suficiencia Profesional.

Ronny Guevara Montes:

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios por ser la base fundamental en este proceso. Quiero reconocer a aquellos que estuvieron a mi lado durante el desarrollo de mi Trabajo de Suficiencia Profesional. Mi familia ha sido un pilar inquebrantable, brindándome su constante apoyo y confianza. Mis padres, en particular, han sido mi sostén durante los momentos tanto buenos como difíciles que hemos atravesado juntos.

Agradezco a mi compañero de tesis por permitirnos colaborar en la realización de este importante trabajo académico. Trabajar codo a codo con él ha sido clave para formar un equipo efectivo en la elaboración del Trabajo de Suficiencia Profesional.

También quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad UPC y a nuestros asesores, cuya sólida guía y valioso conocimiento fueron fundamentales para alcanzar el éxito en esta culminación académica.

Por último, pero no menos importante, agradezco a la empresa objeto de estudio por abrirnos sus puertas y proporcionarnos la oportunidad de presentar este caso, permitiéndonos desarrollar nuestro Trabajo de Suficiencia Profesional.

Agradezco profundamente a Dios y a todos los mencionados por su contribución a este logro. ¡Les expreso mis mejores deseos y éxito continuo en sus proyectos futuros!

Resumen

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional abarca la mejora del indicador OEE en una imprenta flexográfica de cajas de cartón corrugado. El desarrollo del proyecto está alineado a la metodología de Lean Manufacturing.

Se analizó los principales problemas que afectan directamente a las dimensiones de disponibilidad y rendimiento. Se revisó los factores asociados a los tiempos en la cual la imprenta se encontraba en stand by como paradas programadas, no programadas y montaje. Se evidenció que eran los tiempos de paradas no programadas las que lideraban los tiempos de máquina parada.

Ante ello, se procedió a analizar las causas que originaron los altos tiempos de paradas no programadas, verificando que esto era generado por los altos tiempos de paradas operativas y fallas de máquina los que originaban un 51% de paradas no programadas.

Para reducir estos problemas, se implementaron herramientas de Ingeniería Industrial de mejora continua como Standard Work y TPM con sus pilares de mantenimiento autónomo y mejora enfocada.

Para las paradas operativas por altos tiempos de regulación y limpieza, se implementó estandarización de trabajo, se logró reducir las horas de parada en un 33%.

Para las fallas de máquina, tanto mecánicas y eléctricas, se implementó los pilares de mantenimiento autónomo y mejora enfocada, con lo cual se logró reducir un 44% de paradas.

Se observa que la mejora del OEE está teniendo resultados favorable, se refleja una mejora del OEE del 40 a 53% teniendo una mejora en comparación de 13%.

Palabras clave: OEE; Standard Work; Mantenimiento autónomo; Mejora enfocada; operativas; máquina, engomador.

Abstract

The present work of Professional Sufficiency covers the improvement of the OEE indicator in a flexographic printing plant of corrugated cardboard boxes. The development of the project is aligned to the Lean Manufacturing methodology.

The main problems that directly affect the availability and performance dimensions were analyzed. We reviewed the factors associated with the times in which the printing plant was in standby as scheduled stops, unscheduled stops and assembly. It was found that it was the unscheduled downtime that led the machine downtime.

In view of this, we proceeded to analyze the causes that originated the high unscheduled downtimes, verifying that this was generated by high operational downtimes and machine failures, which originated 51% of unscheduled downtimes.

To reduce these problems, Industrial Engineering tools for continuous improvement were implemented, such as Standard Work and TPM with its pillars of autonomous maintenance and focused improvement.

For operational stoppages due to high regulation and cleaning times, work standardization was implemented, reducing downtime by 33%.

For machine failures, both mechanical and electrical, the pillars of autonomous maintenance and focused improvement were implemented, resulting in a 44% reduction in stoppages.

It is observed that the improvement of OEE is having favorable results, reflecting an improvement of OEE from 40 to 53%, with a 13% improvement in comparison.

Keywords: OEE; Standard Work; Autonomous Maintenance; Focused Improvement; operational; machine, gummer.

u201315481_Mario Manuel Emilio González
Zúñiga_Implementación de mejora para incrementar el OEE
de la Imprenta flexográfica N°7 mediante el uso de las
herramientas Lean TPM y Standard Work en el proce

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	2%
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%

Tabla de contenido

1. Capítulo I -ANTECEDENTES DEL PROYECTO	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.1.1 Importancia del proyecto	14
1.2 Marco teórico.....	15
1.2.1 Manufactura esbelta.....	15
1.2.1.1 Lean Manufacturing en la industria de cartón	15
1.2.2 OEE y sus 6 grandes perdidas	16
1.2.3 TPM.....	17
1.2.3.1 Mantenimiento Autónomo.....	18
1.2.3.2 Mantenimiento Planificado.....	19
1.2.4 Standard Work.....	19
2. Capítulo II– PROBLEMÁTICA DE LA ORGANIZACIÓN.....	21
2.1 Descripción de la organización.....	21
2.1.1 Perfil de la empresa	21
2.1.1.1 Organigrama de Empaques H8.....	21
2.1.1.2 Líneas de producción.....	22
2.1.1.3 Diagrama de operaciones.....	22
2.2 Identificación del problema	22
2.2.1 Eficacia del proceso.....	22
2.2.2 Productividad de imprentas	22
2.2.3 Toneladas producidas	23
2.2.4 Árbol de problemas	24
2.2.5 Brecha técnica.....	24
2.2.6 Impacto económico.....	25
2.3 Análisis de causas.....	26
2.3.1 Análisis de dimensiones del OEE – IMP7.....	26
2.3.1.1 Variables que afectan la disponibilidad de la IMP7, año 2021	26
2.3.1.2 Sub motivos que afectan a las paradas operativas y fallas de máquina en la IMP7	27
2.3.2 Diagrama de causa – efecto	29

2.4	Planteamiento de objetivos.....	29
2.4.1	Objetivo general	29
2.4.2	Objetivos específicos.....	30
3.	Capítulo III– PROPUESTA DE INGENIERÍA	31
3.1	Vinculación de causa con la solución.....	31
3.2	Diseño detallado de la solución	32
3.2.1	Desarrollo Estandarización de trabajo.....	32
3.2.1.1	Estudio de los procesos internos.....	33
3.2.1.2	Definir objetivos	33
3.2.1.3	Mapeo de actividades	33
3.2.1.4	Equipo de trabajo.....	34
3.2.1.5	Comunicar nuevos procesos de la empresa	35
3.2.1.6	Documentar	35
3.2.2	Desarrollo herramientas TPM	35
3.2.2.1	Mantenimiento autónomo.....	35
3.2.2.2	Mejora enfocada	37
3.3	Diseño de indicadores.....	40
3.4	Consideraciones para la implementación	41
3.4.1	Presupuesto de la solución: Gestión de recursos.	41
3.4.2	Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo.	41
4.	Capítulo IV– RESULTADOS DEL PROYECTO	43
4.1	Validación funcional.....	43
4.1.1	Mejora obtenida según objetivos	43
4.1.1.1	Resumen comparativo de resultados por herramienta aplicada.....	44
4.2	Análisis de indicadores según objetivos	44
4.2.1.1	Resumen comparativo de los indicadores según resultados del proyecto	45
4.3	Evaluación impacto económico.....	46
4.3.1	Variables económicas para los flujos económicos	47
4.3.2	Consideraciones para el desarrollo de los flujos económicos	47
4.3.3	Desarrollo del flujo económico	48
4.3.4	Análisis de los resultados	49
4.4	Evaluación de impactos no económicos.....	50

4.4.1	Posibles impactos de la solución	50
4.4.1.1	Cultura de mejora y disciplina.....	50
4.4.1.2	Incentivos al personal	50
4.4.1.3	Incremento de ventas	50
	Conclusiones.....	51
	Recomendaciones.....	53
	Referencias	54
	Anexo(s)	57

Lista de Tablas

Tabla 1 Velocidad de diseño	22
Tabla 2 Indicador OEE por imprenta estándar – Año 2021	22
Tabla 3 Producción en toneladas por imprentas estándar – Año 2021.....	23
Tabla 4 OEE disgregado IMP7 – Año 2021.....	24
Tabla 5 Indicador OEE clase mundial para empresas manufactureras – Año 2020.....	24
Tabla 6 Impacto económico, año 2021.....	26
Tabla 7 Tiempos por paradas no programadas asociadas a las causas y herramienta.....	31
Tabla 8 Vínculo de herramientas utilizadas con los casos de éxito.....	31
Tabla 9 Resumen toma de tiempos – limpieza sistema de engomado - IMP7	34
Tabla 10 Resumen toma de tiempos – limpieza clisse - IMP7.....	34
Tabla 11 Tiempo de parada por averías no programadas.....	36
Tabla 12 Tabla de indicadores y variables empleadas en el proyecto de mejora	40
Tabla 13 Comparación As is – To be de los factores del OEE	40
Tabla 14 Presupuesto de la implementación de la mejora.....	41
Tabla 15 Comparativa resultados as-Is To-be por herramienta.....	44
Tabla 16 Datos para la evaluación del COK	48

Lista de Figuras

Figura 1 Mercado de envases de cartón corrugado, tasa de crecimiento por región (2022-2027).....	13
Figura 2 Desempeño de LM en tres empresas de cartón para mostrar una ruta de mejora continua en la empresa de cartón.....	16
Figura 3 Estructura de TPM – 8 pilares.....	18
Figura 4 Organigrama de Empaques H8	21
Figura 5 Comparativa Velocidad teórica vs real imprentas estándar – Año 2021	23
Figura 6 Árbol de problemas	24
Figura 7 Comparativo nivel OEE de la IMP7 vs meta empresarial – Año 2021	25
Figura 8 Comparativas de variables por mes que afectan la disponibilidad Imp. 7-Año 2021	26
Figura 9 Gráfico Pareto, Motivos de paradas no planificadas que afectan la disponibilidad IMP7 – Año 2021	27
Figura 10 Ponderación de principales motivos y sus causas que generan paradas en la IMP7 – Año 2021	27
Figura 11 Causas que generan altos tiempos de regulación y ajustes en la IMP7 – Año 2021	28
Figura 12 Causas que generan altos tiempos de fallas mecánicas en la IMP7 – Año 2021	29
Figura 13 Causas que generan altos tiempos de fallas eléctricas en la IMP7 – Año 2021.. ..	29
Figura 14 Árbol de objetivos	30
Figura 15 Pasos para la estandarización de trabajo	33
Figura 16 Modelo de implementación TPM.....	35
Figura 17 Fases para desarrollar la mejora enfocada	37
Figura 18 Antes y después de la mejora enfocada aplicada – IMP7	39
Figura 19 Comparativa hora de paradas operativas, enero-septiembre 2021 y 2023.....	43
Figura 20 Comparativa hora fallas de máquina, enero-septiembre año 2021 y 2023	43

Figura 21 Comparativa de las dimensiones del OEE, año 2021 y 2023	44
Figura 22 Comparativa de indicadores según resultado	45
Figura 23 Flujo de caja económico.....	48

Lista de Anexos

Anexo 1 Diagrama de Operaciones	57
Anexo 2 Impacto económico.....	58
Anexo 3 Horas por motivo de paradas en la IMP7 – Año 2021	58
Anexo 4 Diagrama de Ishikawa.....	59
Anexo 5 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 1	59
Anexo 6 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 2.....	59
Anexo 7 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 3.....	60
Anexo 8 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 1	60
Anexo 9 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 2	61
Anexo 10 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 1	61
Anexo 11 Procedimiento de trabajo estandarizado (POE) – sistema de engomado.....	61
Anexo 12 Procedimiento de trabajo estandarizado (POE) – sistema de clisse	62
Anexo 13 Análisis 5 por qué	63
Anexo 14 Capacitación al personal	64
Anexo 15 Procedimiento mantenimiento autónomo – Amarradora.....	64
Anexo 16 Procedimiento mantenimiento autónomo – slotter	66
Anexo 17 Cronograma de actividades.....	66
Anexo 18 Resumen método toma de tiempos	68

1. Capítulo I -ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En el presente capítulo se conceptualizan los puntos más importantes y necesarios de comprender previos a la implementación. Se habla del sector económico en el cual se contextualiza el presente proyecto, se muestran datos estadísticos relevantes y publicaciones que brindan un panorama inicial claro sobre el sector en estudio.

1.1 Antecedentes

En el mundo, la demanda a lo largo de los años de embalajes y envases para productos ha ido incrementándose, y, a su vez, volviéndose un sector más estricto basado en las condiciones de sostenibilidad ambiental. Es allí, donde aparece las cajas de cartón corrugado.

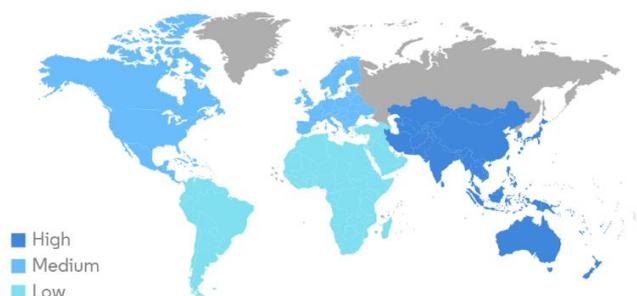
Este material se volvió un producto rentable y versátil para poder transportar, proteger y conservar una gama amplia de productos, tal es el caso que, de acuerdo con sus características biodegradables y reciclables el cartón corrugado se convirtió en unos de los principales componentes de la industria del embalaje.

Esta industria, según la empresa de análisis Mordor Intelligence (2023), esta “valorada en 182.90 mil millones de dólares en el 2023, esperando una tendencia creciente para el año 2028 de 220.29 mil millones de dólares, teniendo una tasa de crecimiento compuesto anual de 3.79%” (párr. 1).

Este crecimiento se debe al buen comportamiento que resulta la demanda de cajas corrugadas para el sector alimentos, así como el crecimiento poblacional en el mundo, que prefiere su uso reemplazando a los empaques de plástico, siendo Asia-Pacífico la región que acapara el mayor volumen.

Figura 1

Mercado de envases de cartón corrugado, tasa de crecimiento por región (2022-2027)



Nota. La imagen muestra la tasa de crecimiento de la industria del cartón corrugado por región. De “Tamaño y Participación Del Mercado de Embalaje Corrugado - Informe de La Industria”, por Morder Intelligence, 2023 (<https://www.morderintelligence.com/es/industry-reports/corrugated-board-packaging-market>)

A nivel mundial, existen 5 grandes empresas que dominan el sector de cartón corrugado como, International Paper Company, Mondi Group, DS Smith, WestRock Company y Smurfit Kappa Group.

Esta alta competitividad del sector fluctúa principalmente en qué empresa ofrece el mejor servicio, diseños innovadores, y capacidad de respuesta ante requerimientos.

Netamente en el sector peruano, según información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) “la fabricación de papel corrugado y cartón creció un 29.62%” (párr. 10). Este crecimiento fue acelerándose al comenzar la época de la pandemia, año 2020-2022, ya que los distintos rubros como la farmacéutica, bebidas, alimentos y sector agroindustrial consideraron las cajas de cartón un producto de primera necesidad.

Ya para el año 2023, según fuentes INEI (2023), “en la industria manufacturera no primaria en comparativa anual al mes de junio 2023, la producción desaceleró un 14.6%” debido a los cambios de las condiciones climáticas afectadas por el fenómeno del niño costero, lo cual retrasó la demanda interna de cajas de cartón corrugado usadas para el sector pesca y agroindustrias (párr. 11).

En cuanto a la competencia a nivel local, existen diversas empresas fabricantes de cartón corrugado, siendo lideradas por la empresa Trupal S.A. del grupo Gloria, la cual cuenta con más del 60% de participación en el mercado nacional. Posterior a ello, les siguen con ratios similares las empresas Carvimsa, Ecopacking, Incapsa, entre otras.

1.1.1 Importancia del proyecto

A nivel mundial, los principales problemas que ha presentado la industria de cartón corrugado como los problemas de la cadena de abastecimiento, incremento los precios de las materias primas, pedidos pequeños y tiempos de inactividad de las máquinas.

Este último, debido a cantidad de toneladas producidas diariamente, la industria depende de poder contar con maquinarias confiables y disponibles, ya que esto impacta directamente en su productividad. Sin este criterio, y sin demostrar la importancia de mantener la maquinaria

en óptimas condiciones, las inactividades de los equipos pueden generar pérdidas significativas debido a que la disponibilidad de la maquinaria disminuye.

Por ello, conforme a la flexibilidad del negocio, así como el aumento de demanda de cajas de cartón corrugado, la competitividad entre empresas del sector cada vez se vuelve más riguroso. Esto debido a que el mercado exige cajas de calidad acompañados de agilidad del servicio. Esto genera que sea primordial que para esta empresa que denominaremos “Empaques H8” aplique programas de mejora continua dentro de sus procesos a fin de sostener el crecimiento de su eficiencia, productividad y disponibilidad de sus equipos para poder atender la gran demanda de sus clientes.

1.2 Marco teórico

1.2.1 *Manufactura esbelta*

Los conceptos de Manufactura Esbelta (ME) surgieron en la década de 1950 por Taiichi Ohno en Toyota Motor Company. Posteriormente, el pensamiento esbelto ha sido etiquetado con varios términos como fabricación ágil, just-in-time, producción repetitiva, sin inventario, síncrona, sistema de producción Toyota y manufactura de clase mundial, todos utilizados en paralelo a la Manufactura Esbelta (Mor et al., 2019).

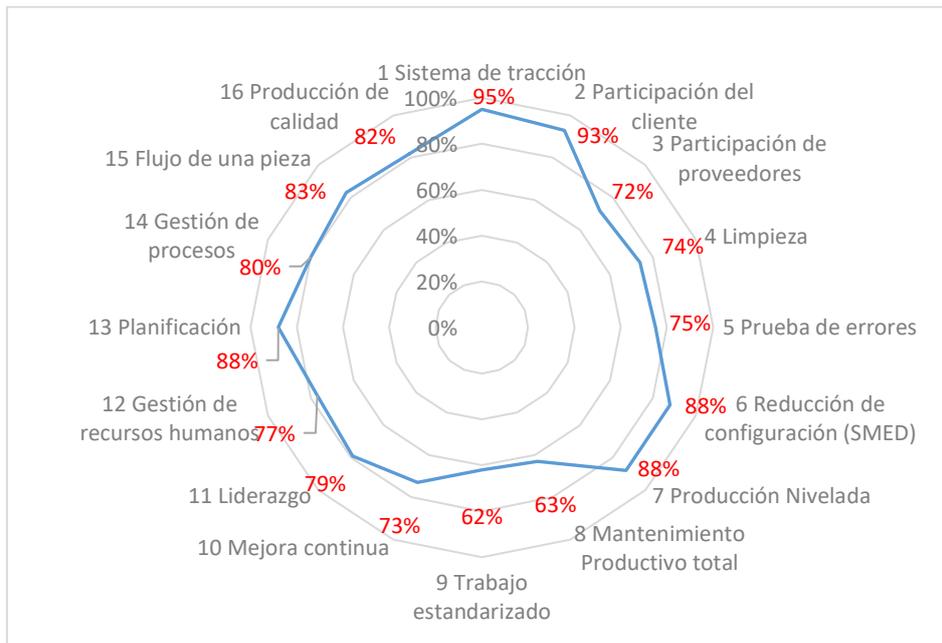
1.2.1.1 Lean Manufacturing en la industria de cartón

El embalaje juega un papel importante en la reducción de los residuos de mercancías. Los cartones son una de las formas más comunes de embalaje. Mejorar el Sistema de Producción de Cartón (CPS) año tras año requiere una cultura especial de adopción del concepto de Mejora Continua (CI) (Shafeek et al., 2019).

Según la investigación que se realizó por los autores Shafeek et al. (2019) para descubrir las distintas aplicaciones de manufactura esbelta en la fábrica de cartón en Arabia Saudita confirmaron que la falta de los factores que contribuyen al fracaso de la implementación de manufactura esbelta en la industria del cartón son el mantenimiento productivo total TPM, la producción nivelada y el trabajo estandarizado. Esto quiere decir que para tener una implementación de Lean manufacturing de éxito necesitamos apoyarnos de herramientas y técnicas como TPM, SMED, Estandarización de trabajo esto para mantener un proceso controlado con máquinas disponibles y confiables así reducir o eliminar los desperdicios en nuestro proceso para posteriormente apuntar hacia una fabricación ajustada (Shafeek et al., 2019).

Figura 2

Desempeño de LM en tres empresas de cartón para mostrar una ruta de mejora continua en la empresa de cartón



Nota. Desempeño de un estudio de empresas. De “Lean manufacturing implementation in carton industry-a case study”, por Shafeek et al., 2019 (<https://ieeexplore.ieee.org/document/8686603>).

Los factores que contribuyen al éxito de la implementación de LM son: gestión de procesos, participación del cliente, sistema de extracción, configuración SMED, reducción y calidad. Los factores que tienden a mejorar a una implementación ineficiente de LM en las empresas de cartón son: TPM, producción nivelada, trabajo estandarizado y limpieza 5s (Shafeek et al., 2019).

1.2.2 OEE y sus 6 grandes pérdidas

El OEE es una métrica que permite brindarnos un panorama de la situación de nuestro proceso verificando el rendimiento de las máquinas según la disponibilidad de los equipos, la eficiencia de acuerdo con la velocidad en la que producen y la calidad productiva. Como mencionan los autores Jayaswal y Singh Rajput (2012), señalan que existen 6 categorías principales de pérdidas que generan una baja en la tasa del OEE al no tener control de nuestros activos como equipos y máquinas de producción:

- Las fallas del equipo/pérdidas por averías son las pérdidas de tiempo y la cantidad de productos defectuosos.
- Las pérdidas por instalación y ajuste son las pérdidas de tiempo por inactividad y productos defectuosos que se realizan cuando realizamos un cambio de maquina o producto a la máquina, es estas actividades existen actividades que no agregan valor y otras que sí.
- El ralentí y las pérdidas de parada menores ocurren cuando la máquina tiene mini paros por un mal funcionamiento temporal y cuando está trabajando a una velocidad mínima.
- Las pérdidas de velocidad reducidas son aquellas pérdidas que resultan de la diferencia de la capacidad de maquina desde su diseño y fabricación y la capacidad con la que se está trabajando actualmente.
- Las pérdidas de rendimiento reducidas cuando la maquina empiezan a funcionar hasta que se normaliza a un ritmo.
- Los defectos de calidad y los reprocesos son pérdidas de calidad provocadas por no tener un buen funcionamiento de los equipos.

Se observa que las dos primeras pérdidas corresponden a tiempos de actividades que no contribuyen con la transformación del producto o proceso como tiempos de inactividad, sirven para verificar la disponibilidad de la máquina. La tercera y la cuarta corresponden a pérdidas de velocidad que determinan la eficiencia del rendimiento, finalmente; las dos perdidas finales se consideran a pérdidas que están relacionadas con la calidad de los productos. Por lo tanto, el OEE se mide en términos de estas seis pérdidas, que son la funcionalidad (disponibilidad), el índice de rendimiento (eficiencia) y el índice de calidad de la máquina (calidad), la línea de producción o la fábrica.

1.2.3 TPM

La herramienta de Lean TPM (Mantenimiento productivo total) permite controlar las fallas de las máquinas utilizadas en nuestros procesos para poder tomar decisiones y contrarrestar las anomalías encontradas, el objetivo de salvaguardar el ciclo de vida de las máquinas y controlar aquellas averías que suceden en el proceso por no tener un mantenimiento adecuado para evitarlas, esto permite que el proceso no se vea afectado y que su disponibilidad de la maquina aumente.

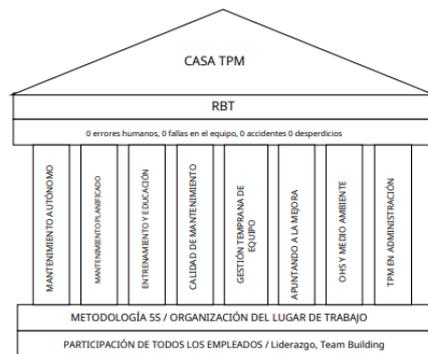
Los indicadores más importantes para controlar, poder realizar un análisis y tomar decisiones son los indicadores MMTR (tiempo medio de reparación) y MTBF (tiempo medio entre averías) los cuales permite mantener un control sobre el intervalo de tiempo que sucede una avería y el tiempo que toma para ser resuelta.

El propósito del TPM está enfocado en la mantenibilidad de los equipos de una manera global. Es una herramienta de mejora que nos ayuda a eliminar o minimizar las mudas en el proceso, como averías y paradas no planificadas. El objetivo es aumentar la efectividad general de los equipos para ayudar a producción a realizar planes de producción confiables (Chaabane et al., 2020, pp.413,429).

Implementar TPM dentro de la organización simboliza tener comprometido a todos los empleados y actividades de la empresa con el objetivo de reducir las pérdidas, las reconocidas como las 6 pérdidas del TPM y aumentar la eficiencia general de los equipos analizando y controlando sus tres tasas importantes para calcularla como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad (Pačaiová & Ižaríková, 2019, pp. 45-59).

Figura 3

Estructura de TPM – 8 pilares del TPM



Nota. Pilares y metodología del TPM. De “Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry”, por Pačaiová y Ižaríková, 2019 (<https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>).

1.2.3.1 Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo es un pilar del TPM y sirve para que operadores directos de la máquina y personal técnico de mantenimiento puedan realizar algunas actividades de reparación o mantenimiento básicos de una manera frecuente para evitar averías, aumentar la disponibilidad de la máquina y esta no presente paradas correctivas muy recurrentes. El

objetivo es poder eliminar o reducir las pérdidas de tiempo por paradas imprevistas que se presentan en la máquina; para ello, se realiza un plan de acción en donde cada anomalía debe ser analizada respecto al impacto y dificultad que representa ante el proceso para así poder asignar responsables considerando si el personal que manipula la maquinaria lo puede realizar o por otro lado el personal de mantenimiento, si de un problema que requiere un conocimiento más técnico se tratase. El día a día de los operadores hace que estos tengan más experiencia con ella y por ende conocen aquellas anomalías más frecuentes que se vienen presentando.

1.2.3.2 Mantenimiento Planificado

Sirve para medir la tasa de falla que tiene la máquina o equipo para luego formular un plan de mantenimiento correspondiente tomando en cuenta la recurrencia de las averías y el impacto/dificultad que esta representa al proceso. Este método incluye el mantenimiento preventivo el cual permite mantener el equipo y sus anomalías que se presentan en el proceso y el mantenimiento correctivo que permite aumentar la disponibilidad de la máquina.

1.2.4 Standard Work

En la actualidad, las industrias buscan incrementar su productividad global como una estrategia esencial para la supervivencia. El concepto de trabajo estándar emerge como un medio fundamental para este propósito, definiéndose como instrucciones específicas que ayudan a realizar una actividad o proceso más eficiente. Esa herramienta abarca tres componentes clave: tiempo de ciclo estándar, secuencia de trabajo estándar y trabajo en curso estándar. El propósito es crear y agrupar procedimientos con el fin optimizar los recursos y métodos de trabajo y secuencia de actividades para los procesos y trabajadores, evitando la improvisación. El trabajo estándar no impide la adaptación, pero se guía por la mejor práctica actual o anterior, con el objetivo de minimizar los tiempos de ciclo, mejorar la calidad, seguridad, eficiencia y planificación (Mor et al., 2019).

El trabajo estándar se refiere al método más seguro y efectivo para realizar un trabajo en el menor tiempo repetible y en la utilización efectiva de los recursos. El trabajo estandarizado ayuda a reorganizar el trabajo con respecto a la fluctuación del tiempo Takt, la mano de obra se puede agregar gradualmente si la demanda aumenta y la mano de obra se puede eliminar gradualmente para una demanda reducida (Mor et al., 2019).

Los beneficios de utilizar esta herramienta van desde la identificación de desperdicios hasta buscar la forma de mejorarlos y optimizarlos. Tener la información de cómo se realizan las interacciones del operador y los procesos minuciosamente permite tomar mejores decisiones de mejora (Mor et al., 2019) revelaron que el cuadro de control estandarizado (SWC) ayuda a visualizar el movimiento del operador y la ubicación del material en relación con la máquina y el diseño general del proceso, revelaron que el propósito de SWCT es identificar los desperdicios como WIP, espera y sobrecarga de trabajo. La tabla de combinación y el procedimiento de mapeo de flujo de valor ilustran visualmente la capacidad de producción al combinar hombres y máquinas en términos de tiempo de proceso.

2. Capítulo II– PROBLEMÁTICA DE LA ORGANIZACIÓN

2.1 Descripción de la organización

Empaques H8 tiene 56 años en el rubro de fabricación de cartón corrugado. Inició operaciones en el año 1968 en la ciudad de Trujillo.

A lo largo de los años, esta empresa fue incrementando sucursales dentro del territorio nacional, contando con dos plantas que fabrican bobinas de papel reciclado, las cuales sirven con abastecedores de las 2 plantas que fabrican cartón corrugado, las cuales se encuentran ubicadas en la ciudad de Lima y Piura.

La principal actividad económica de Empaques H8 es la elaboración de pastas de papel y cartón, considerada una de las empresas con mayor participación en el mercado local. Esta empresa, en el año 2021, brinda trabajo a más de 1,200 colaboradores obteniendo ventas por más de 2,300 UITs anuales.

2.1.1 Perfil de la empresa

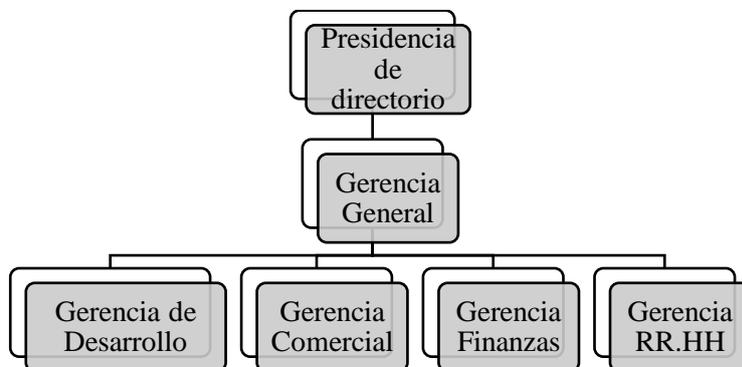
El perfil de Empaques H8 en cuanto a su visión, misión y políticas internas se encuentra alineado a la demanda actual del mercado brindando soluciones de empaques.

2.1.1.1 Organigrama de Empaques H8

La empresa está supervisada por presidencia de directorio, ya que forma parte de un Corporativo transnacional. Luego de ello es presidida por la Gerencia General la cual lidera la compañía, apoyada por las gerencias transversales las cuales se encargan de la operación de la compañía.

Figura 4

Organigrama de Empaques H8



2.1.1.2 Líneas de producción

Respecto a la línea de impresión flexo gráfica, la empresa cuenta con 4 imprentas de formato estándar industriales, las cuales pueden procesar distintos formatos de cajas de acuerdo a la necesidad de los clientes:

Tabla 1

Velocidad de diseño

Tipo imprenta	Nombre de Imprentas	Velocidad de diseño golpes/hora	Capacidad de diseño golpes/día
Imprenta caja estándar	IMP10	14,700	352,800
	IMP11	8,400	201,600
	IMP2	7,000	168,000
	IMP7	18,200	436,800

2.1.1.3 Diagrama de operaciones

Se adjunta en anexos, (Anexo 1)

2.2 Identificación del problema

Se procederá a realizar el análisis de producción de las líneas flexográficas de la planta ubicada en Lima. Estos valores en cuanto a productividad y producción con la finalidad de determinar la imprenta que representa los mayores ingresos para Empaques H8.

2.2.1 Eficacia del proceso

Se determina el análisis sobre la eficacia de cada imprenta. Este valor se compara con los valores de OEE obtenidos en el periodo 2021, dimensiones basadas en (disponibilidad, rendimiento y calidad)

Tabla 2

Indicador OEE por imprenta estándar – Año 2021

Máquina	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
IMP10	42%	46%	43%	45%	43%	36%	37%	36%	35%	34%	31%	35%	39%
IMP11	42%	53%	39%	41%	29%	30%	40%	36%	43%	39%	35%	43%	39%
IMP2	48%	54%	57%	47%	48%	53%	52%	48%	45%	48%	46%	52%	50%
IMP7	38%	40%	40%	41%	38%	44%	41%	39%	38%	37%	41%	40%	40%

2.2.2 Productividad de imprentas

Se determina la productividad de la imprenta comparando la velocidad de golpes/hora nominal vs real.

Figura 5

Comparativa Velocidad teórica vs real imprentas estándar – Año 2021



2.2.3 Toneladas producidas

Se determina las toneladas producidas de las 4 flexográficas estándares presentes en la planta.

Tabla 3

Producción en toneladas por imprentas estándar – Año 2021

Máquina	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
IMP10	610	874	632	633	602	622	714	605	562	603	588	627	7,672
IMP11	584	488	329	356	210	198	560	402	251	357	340	309	4,384
IMP2	638	662	653	557	397	701	784	749	522	609	658	680	7,610
IMP7	1,050	1,065	1,059	896	917	1,064	1,043	955	1,061	1,001	1,136	1,049	12,296

Con este análisis realizando, en cuanto a la eficacia, productividad y toneladas fabricadas correspondiente a las imprentas que fabrican cajas estándar, se verifica que es la IMP7 la máquina que fábrica el mayor número de toneladas anuales con 12,275, sin embargo, es la imprenta que tiene la menor productividad real entre las 4 flexográficas, con un porcentaje de cumplimiento de sólo un 67% respecto a su velocidad de diseño. Adicional a ello, respecto al indicador OEE, si bien es la segunda con mayor eficacia con 40%, ninguno de los valores de las 4 imprentas sobrepasa un mínimo del 50%.

Con ello, se procederá a detallar los motivos de la baja eficacia desglosando los indicadores del OEE de la IMP7.

Tabla 4

OEE disgregado IMP7 – Año 2021

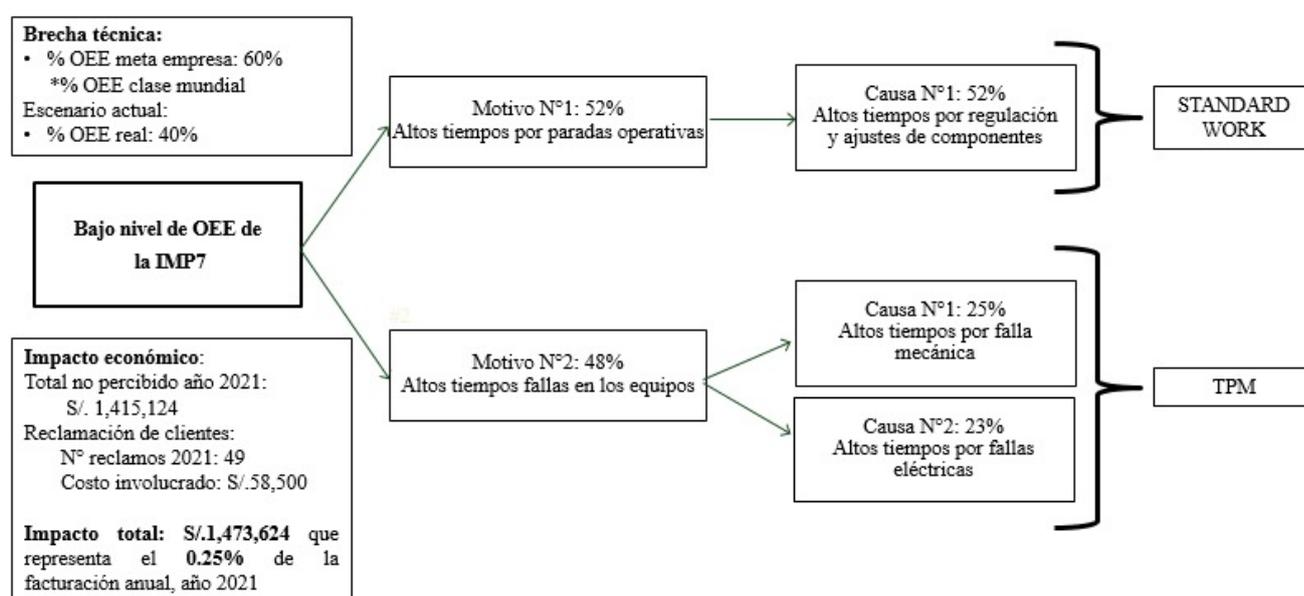
Máquina	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
Disponibilidad	55%	57%	59%	59%	58%	61%	60%	60%	62%	60%	64%	63%	60%
Rendimiento	69%	71%	70%	70%	66%	73%	69%	66%	61%	62%	65%	64%	67%
Calidad	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
OEE	38%	40%	40%	41%	38%	44%	41%	39%	38%	37%	41%	40%	40%

2.2.4 Árbol de problemas

En base al análisis realizado, se genera el árbol de problemas con sus respectivos porcentajes.

Figura 6

Árbol de problemas



2.2.5 Brecha técnica

Como brecha técnica, se cuenta con una meta técnica determinada por el corporativo. Esta meta empresarial corresponde a estándares mundiales según el Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad de Latinoamérica – CMC Latam:

$$OEE \geq 60\%$$

Tabla 5

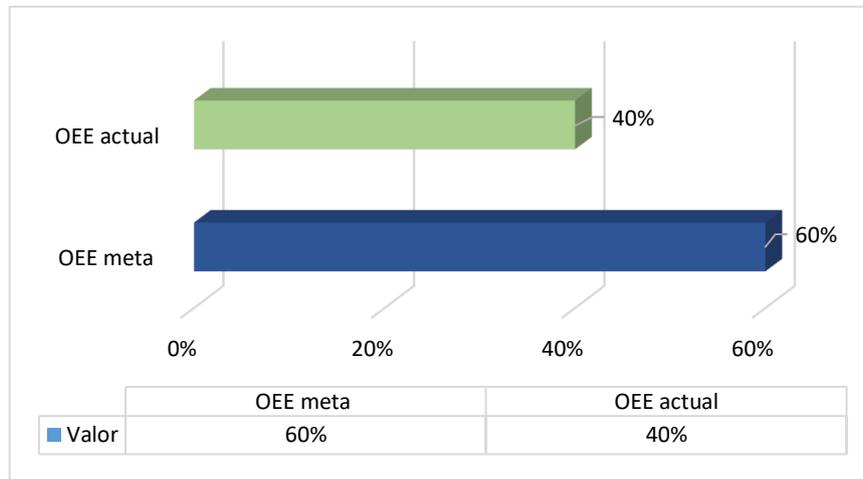
Indicador OEE clase mundial para empresas manufactureras – Año 2020

Indicador - Clases mundial	Producción Perfecta	Meta Fabricantes discretos	Típico fabricantes discretos	Inicio fabricantes discretos
OEE	100%	85%	60%	40%

Nota. Clasificación del indicador OEE según tipo de empresa a nivel mundial. Adaptado de “¿Qué Es La Efectividad General Del Equipo (OEE)?”, por Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad (CMC Latinoamérica), 2020 (<https://cmc-latam.com/2020/03/04/que-es-la-efectividad-general-del-equipo-oee/>).

Figura 7

Comparativo nivel OEE de la IMP7 vs meta empresarial – Año 2021



Actualmente en Empaques H8, la Imprenta Flexográfica Martin 618, N°7, presenta un OEE de 40%.

2.2.6 Impacto económico

En impacto económico para la organización, en términos de facturación, representa una pérdida para la empresa de alrededor de S/. S/1,415,124 (Anexo 2).

$$1,189 \frac{\text{golpes perdidos}}{\text{hora}} \times 0.30 \text{ soles} \times 3,937 \text{ horas} = 1,415,124 \text{ soles}$$

Este impacto económico se calcula referente a los golpes perdidos por las horas no trabajadas debido a las paradas no programadas. Este impacto económico representa el 0.24% de lo facturado en el año 2021 (S/. 595,321,030)

En términos de reclamos de cliente, en el año 2021, la empresa Empaques H8 presentó 510 reclamos de clientes, los cuales 49 de ellos fueron por motivo de cajas despegadas y cajas con pegadas entre sí por exceso de goma. El costo involucrado fue de S/. 58,500.

Tabla 6

Impacto económico, año 2021

Ítem	Monto	Representa de lo facturado
Golpes no facturados	S/ 1,415,124	0.24%
Reclamos de clientes	S/ 58,500	0.01%
Total	S/ 1,473,624	0.25%

2.3 Análisis de causas

2.3.1 Análisis de dimensiones del OEE – IMP7

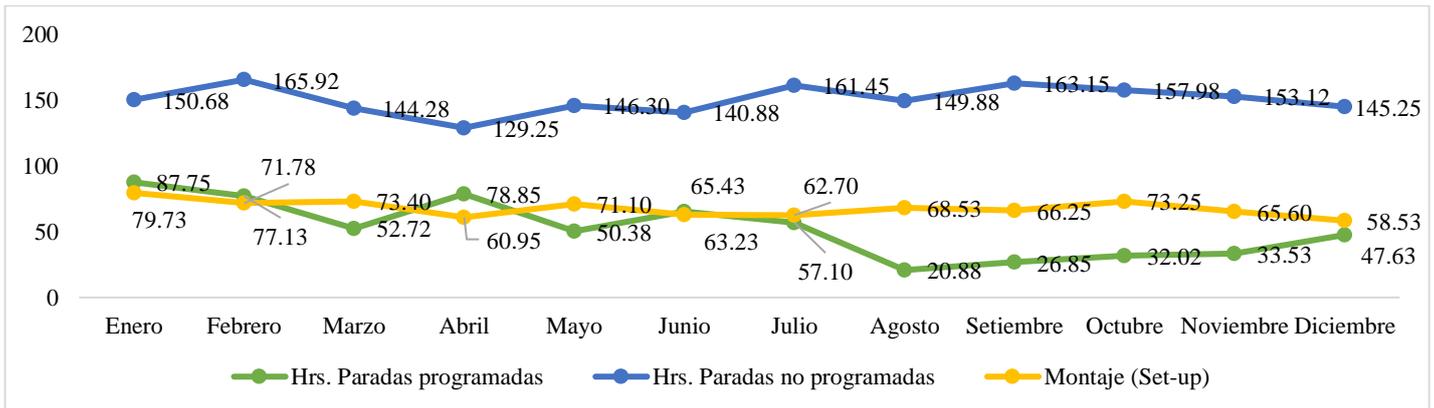
Como se observa en la tabla realizada, la dimensión con menor valor % es la disponibilidad de máquina y rendimiento. Se procederá a analizar esta dimensión debido a que, netamente de cuestión de tiempos, la imprenta N°7 presenta un total de 40% de las horas como máquina parada, lo cual genera un gran impacto económico para la empresa Empaques H8.

2.3.1.1 Variables que afectan la disponibilidad de la IMP7, año 2021

Como se detalla en el siguiente gráfico, las horas de paradas no programadas son las que lideran con 1,808 horas, (56%) seguido por montaje con 815 (25%) horas y finalmente las horas de paradas programadas con 630 (19%) horas.

Figura 8

Comparativas de variables por mes que afectan la disponibilidad Imp. 7-Año 2021



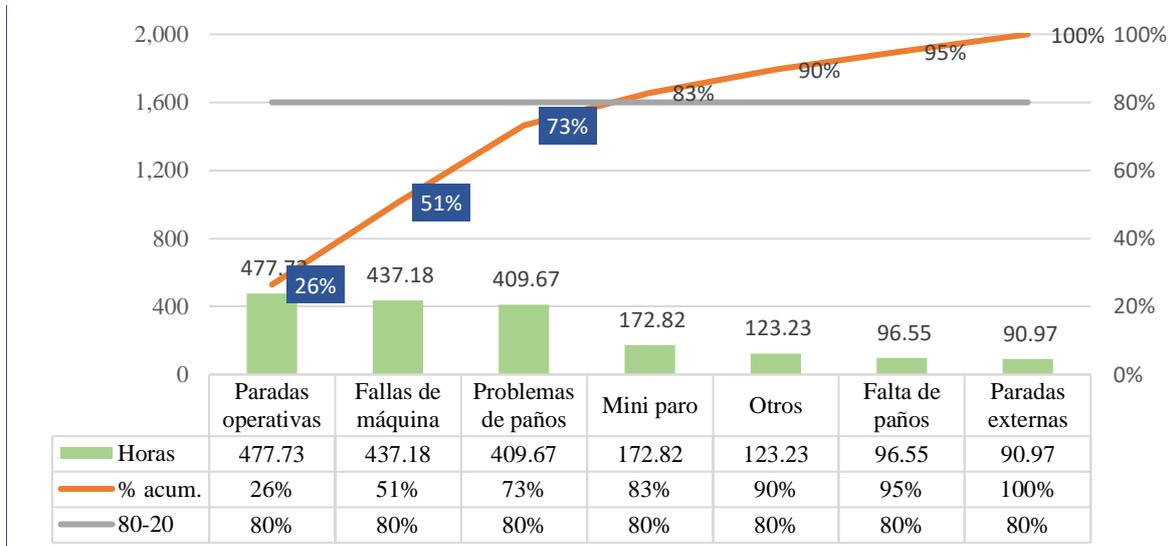
Como se observa, son las horas de paradas no programadas las que afectan en mayor proporción a la disponibilidad de la IMP7.

Posterior a ello, se análisis correspondiente a los principales motivos que generan las paradas no programadas. En el siguiente cuadro, se detalla el resumen de motivos de las paradas

generadas en el año 2021. En estos 12 meses, se tuvieron 1,808 horas de paradas no planificadas. (Anexo 3)

Figura 9

Gráfico Pareto, Motivos de paradas no planificadas que afectan la disponibilidad IMP7 – Año 2021



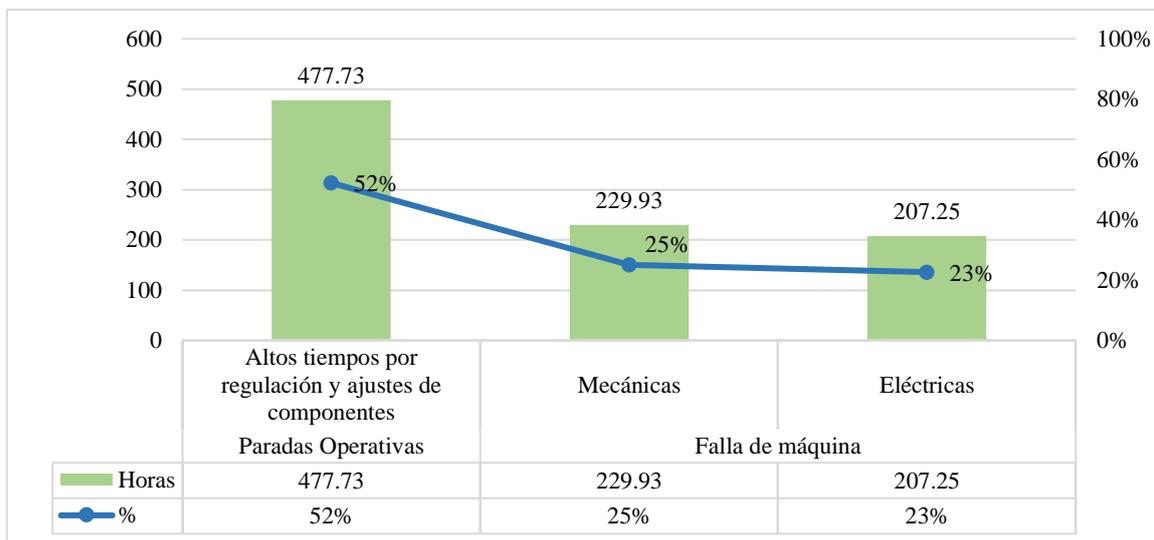
Como se observa en la gráfica Pareto, son 3 los principales motivos que generan las paradas no planificadas en la Imprenta N°7: Paradas operativas, fallas de máquina y problemas de paños. Entre ellos, son los 2 primeros las que competen netamente en un proceso y/o componente de la imprenta 7. Cabe detallar que, los problemas de paños son defectos que, si bien afectan en las paradas de máquina, se trata de un material proveniente de un proceso anterior, la Corrugadora. Es por ello que se analizará los 2 primeros motivos.

2.3.1.2 Sub motivos que afectan a las paradas operativas y fallas de máquina en la IMP7

Como se detalla en la imagen, entre los 2 principales motivos, comparten una ponderación de casi el 50% cada uno, siendo las paradas operativas y la causa de altos tiempos por regulación las que representan un 52% mientras que las fallas de máquina con causas de fallas mecánicas y eléctricas un 48%.

Figura 10

Ponderación de principales motivos y sus causas que generan paradas en la IMP7 – Año 2021

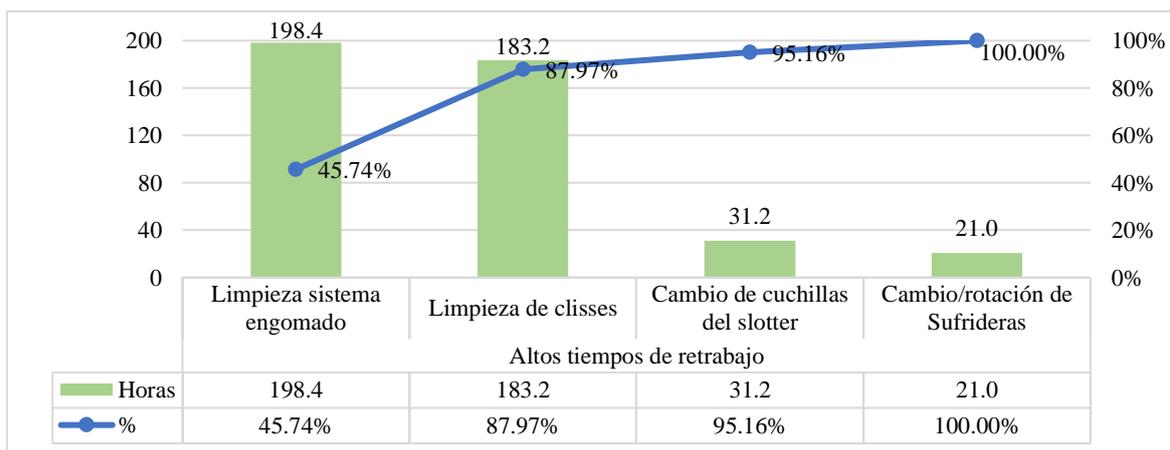


2.3.1.2.1 Paradas operativas – causas de altos tiempos de regulación y ajustes de componentes

Conforme al análisis con el diagrama de Pareto, son los altos tiempos de limpieza del sistema de engomado y de clisses los que predominan en los altos tiempos de re trabajos generados por los operarios en la IMP7.

Figura 11

Causas que generan altos tiempos de regulación y ajustes en la IMP7 – Año 2021



2.3.1.2.2 Fallas de máquina, causas de altos tiempos de fallas mecánicas y eléctricas

Conforme al análisis con el diagrama de Pareto, son los altos tiempos asociados a las fallas mecánicas de la amarradora, módulo impresión e intermitencia del sensor de aplicación los que predominan en los altos tiempos por fallas de máquina en la IMP7.

Figura 12

Causas que generan altos tiempos de fallas mecánicas en la IMP7 – Año 2021

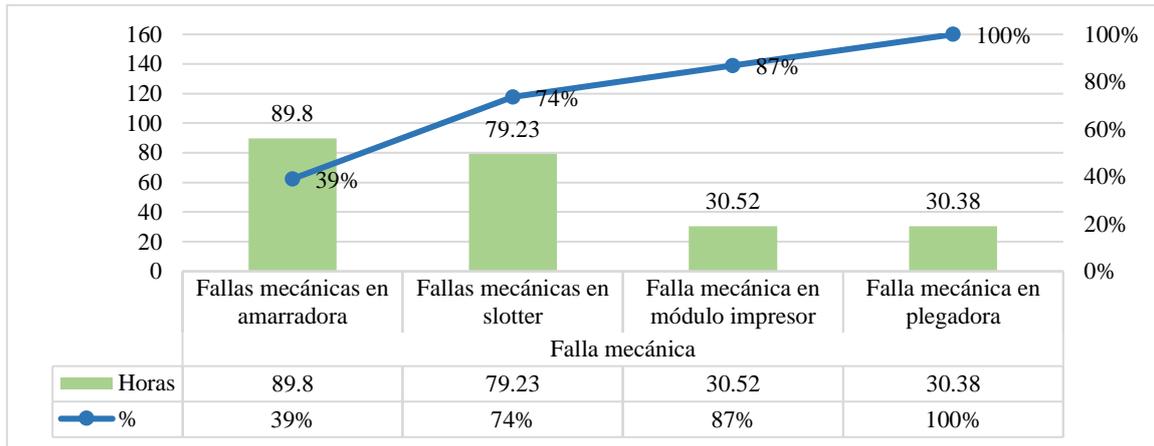
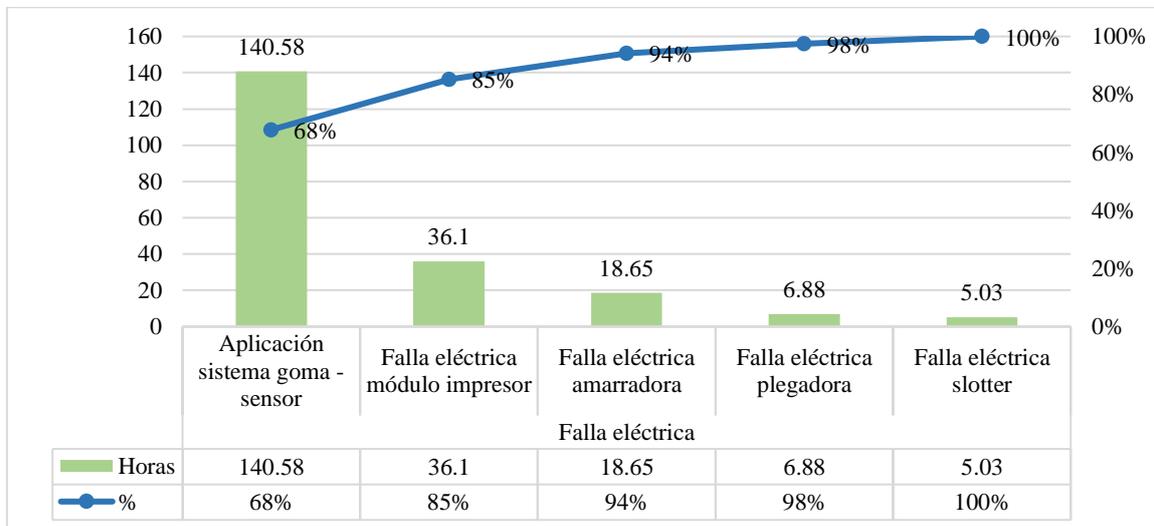


Figura 13

Causas que generan altos tiempos de fallas eléctricas en la IMP7 – Año 2021



2.3.2 Diagrama de causa – efecto

Conforme a la data analizada de la empresa Empaques H8, se armó el diagrama de Ishikawa. (Anexo 4)

2.4 Planteamiento de objetivos

2.4.1 Objetivo general

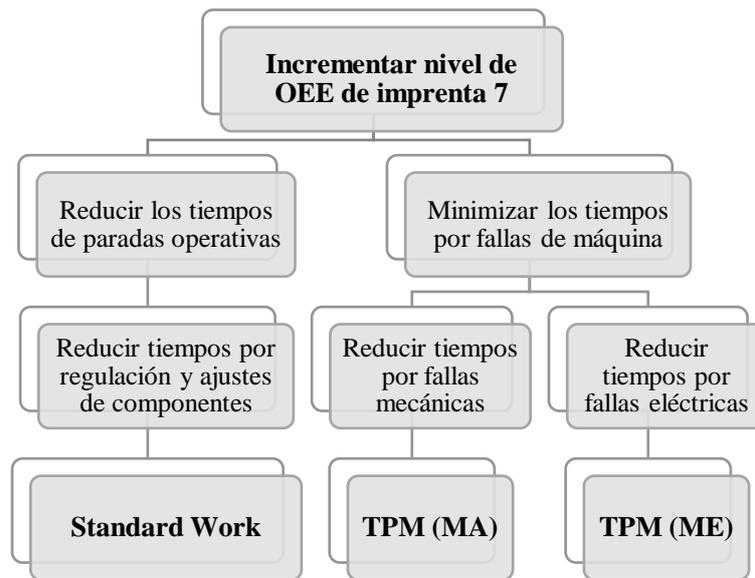
Proponer la mejora implementando herramientas Lean TPM y Standard Work para incrementar el nivel de OEE de la máquina imprenta N°7 a un 60% según meta de la empresa.

2.4.2 *Objetivos específicos*

- Reducir los tiempos operativos de regulación y ajustes de componentes en el engomador implementando herramientas de Standard Work
- Reducir los tiempos de fallas de máquina eléctrica en el engomador implementando herramientas Lean TPM, con el pilar mejora enfocada.
- Reducir los tiempos generados por fallas de máquinas mecánicas de la amarradora y slotter implementando herramientas Lean TPM., con el pilar mantenimiento autónomo.

Figura 14

Árbol de objetivos



3. Capítulo III– PROPUESTA DE INGENIERÍA

3.1 Vinculación de causa con la solución.

Los resultados después del diagnóstico evidencian problemas en máquina impresora de cartones la cual tiene demoras por parada de máquinas, demoras en tiempos de regulación y ajustes, altos tiempos por mantenimientos correctivos debido a la obstrucción de la engomadora, las fallas mecánicas y eléctricas de la máquina. En base a la solución de la problemática realizamos la investigación de casos de éxitos e información importante que nos ayude a sustentar que nuestra herramienta implementada es viable y está asociada a solucionar esas causas que producen el problema, en la siguiente tabla demuestran las causas principales del problema asociada a las herramientas que ayudaran a mejorar y eliminar los desperdicios actuales en el proceso.

Tabla 7

Tiempos por paradas no programadas asociadas a las causas y herramienta

Etiquetas de fila	Causas	Horas	%	Herramienta
Paradas operativas	Altos tiempos por regulación y ajustes de componentes	433.77	47%	Standard Work
	Parada por defecto	39.27	4%	
Falla de máquina	Fallas de máquina mecánica	175.87	19%	TPM
	Altos tiempos por obstrucción del engomado.	140.58	15%	TPM
	Fallas de máquina eléctrica	66.67	7%	TPM
	otros	58.77	6%	
Total general		914.92	100%	

Luego de realizar la recolección de artículos con los casos de éxitos se ha hemos seleccionado todos aquellos artículos que estaban asociados a nuestro problema y nuestras causas raíz en donde se muestra casos con problemáticas similares a nuestro caso, se han considerado papers con cuartil Q1, Q2 y Q3 en su mayoría y asociados a las herramientas propuestas. A continuación, se mostrará la tabla de resúmenes de los artículos de investigación que se encontraron en las distintas fuentes (repositorio UPC).

Tabla 8

Vínculo de herramientas utilizadas con los casos de éxito

Causa	Herramienta	Resultados	Artículo estudiado
Procedimientos estándar no establecidos	Standardization of work (SW)	Ayudó a mejorar la productividad del proceso de fabricación de núcleos en particular hasta en un 6,5% al eliminar los NVA.	Ganancias de productividad a través de la estandarización del trabajo en una empresa manufacturera (Mor et al., 2019)
Demasiado tiempo en de horas de hombre y maquina para el proceso de cambio de troquel	TPM	Aumento de OEE en 3.26% como consecuencia de la disponibilidad de la máquina en 4.86%.	Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach (Haddad et al., 2021)
Alta cantidad de eventos de avería en las máquinas, largos tiempos de reparación	TPM	La eficiencia general del equipo (OEE) aumentó de 46% a 73.1% y luego a 85.5% en TPM Fase-I y TPM Fase-II respectivamente.	Manufacturing excellence through total productive maintenance implementation in an Indian industry: A case study. (Hooda & Gupta, 2019)
Demora en los tiempos de Setup para el cambio de matriz	Standardization of work (SW)-SMED	Se mejoró la configuración en 91.6%, se pasó de 6296 s a 532 s y el OEE aumentó 44.6%. Por otro lado, se logró la estandarización de actividades de configuración.	A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. (Junior et al., 2022)

Las evidencias encontradas en las literaturas muestran resultados favorables en la implementación de las herramientas y metodologías de lean manufacturing, las herramientas que ayudan a mejorar el rendimiento de las máquinas y aumentar la disponibilidad es la herramienta TPM, mientras que la herramienta Standard work es un complemento indispensable para todos los procesos ya que es una herramienta utilizada para estandarizar los procedimientos que se deben llevar a cabo para la fabricación con el objetivo de optimizar los recursos como el tiempo y las actividades que agregan y no agregan valor en el proceso. Los indicadores más comunes para medir el rendimiento de la máquina es el OEE, MTBF y MTTR y para los procesos tiempo de ciclo y productividad.

3.2 Diseño detallado de la solución

3.2.1 Desarrollo Estandarización de trabajo

Se desarrolló basado en el siguiente plan:

Figura 15

Pasos para la estandarización de trabajo



Nota. De “¿Cómo Hacer Una Estrategia de Estandarización de Procesos?”, por TAS Consultoría en LinkedIn, 2022 (<https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-hacer-una-estrategia-de-estandarizaci%C3%B3n-procesos-/?originalSubdomain=es>).

3.2.1.1 Estudio de los procesos internos

Fase realizada con el análisis según Ishikawa en la variable método (Anexo 4) donde se determinó que las demoras se originan en los altos tiempos de limpieza del sistema de engomado y limpieza de clisses.

3.2.1.2 Definir objetivos

Los objetivos determinados fueron definir un procedimiento estandarizado para las labores de limpieza de Sistema de engomado y clisses y verificar soluciones frente a la constante obstrucción de polvillo rebaba en el sistema de engomado.

3.2.1.3 Mapeo de actividades

Se realizó un estudio de 2 semanas en la IMP 7. Este estudio se realizó en el 1er turno de cada día (dónde los turnos son rotativos) y a un total de 120 pedidos, con 6,000 golpes promedio por pedido. En esta imprenta, por turno, son 3 maquinistas que netamente operan la máquina, el maquinista 1 controla sistema de pedidos, módulos de impresión y sistema de engomado, el maquinista 2 controla ingreso de planchas a módulo introductor y puesta de clisse y el maquinista 3 controla módulo contador y amarradora.

3.2.1.3.1 Sistema de engomado

Se tomaron notas de los tiempos (Anexo 5,6,7) según el número de observaciones calculados y procedimientos que cada maquinista como acción para la limpieza de este sistema, se detalla el resumen promedio. Como dato adicional, conforme a lo indicado por el equipo de Mantenimiento, la limpieza del sistema de engomado debe realizarse cada 6,000 golpes. (Promedio 1 vez por cada pedido). (Anexo N°5)

Tabla 9*Resumen toma de tiempos – limpieza sistema de engomado - IMP7*

Ítem	Nº actividades	Tiempo (seg.)	Ratio limpieza (golpes) Ratio esp. 6,000	Nº veces por pedido
Operario 1	9	61.5	3,200	1.88
Operario 2	12	74.8	2,500	2.4
Operario 3	12	78.1	2,300	2.61

Según eficiencia del trabajo, es el operario N°1 el que realiza la limpieza con menor número de actividades (9), tiempo (61.50 seg.) y N° de veces por pedido (cada 1.88). Se toma como estándar a este operario para realizar las mejoras.

Cabe detallar que ninguno de los 3 operarios cumple con lo especificado en la ficha técnica de la imprenta, que indica que la limpieza debe realizarse cada 6,000 golpes.

3.2.1.3.2 Sistema de clisse

Se tomaron notas de los tiempos y procedimientos que cada maquinista realizada como acción para la limpieza de este sistema, se detalla el resumen promedio. (Anexo N°8,9,10)

Tabla 10*Resumen toma de tiempos – limpieza clisse - IMP7*

Ítem	Nº actividades	Tiempo (seg.)	Ratio limpieza (golpes) Ratio esp. 6,000	Nº veces por pedido
Operario 1	6	175	4,700	1.28
Operario 2	7	197.4	4,700	1.28
Operario 3	7	188.9	4,700	1.28

Según eficiencia del trabajo, es el operario N°1 el que realiza la limpieza con menor número de actividades (6) y tiempo (175 seg.) Se toma como estándar a este operario para realizar las mejoras.

3.2.1.4 Equipo de trabajo

El equipo de trabajo fue el integrado por el asistente de servicio Post venta: M.G., jefatura de Imprentas flexográficas: R.G., jefe de Mantenimiento: R.R., asistente de producción imprentas: F.G., el asistente de mejora continua: P.P y el asistente de gestión de calidad: P.R.

3.2.1.5 Comunicar nuevos procesos de la empresa

Una vez realizado el estudio, se crearon 2 Procedimientos de trabajo estandarizado (POE) basándonos en las actividades del Operario N°1 el cual realizaba la limpieza en menor tiempo y con mayor efectividad. Se gestionaron 3 charlas de retroalimentación a los equipos de la IMP7. Las charlas fueron dictadas por cada maquinista de mayor experiencia que realizaba las labores en menor tiempo y mayor efectividad (Anexo 13).

3.2.1.6 Documentar

Los procedimientos de trabajo estandarizado (POE) fueron creadas (Anexo 11,12) y colocadas en los paneles informativos que tiene la IMP7. Los documentos fueron actualizados en la matriz documentaria que cuenta el área de Gestión de Calidad.

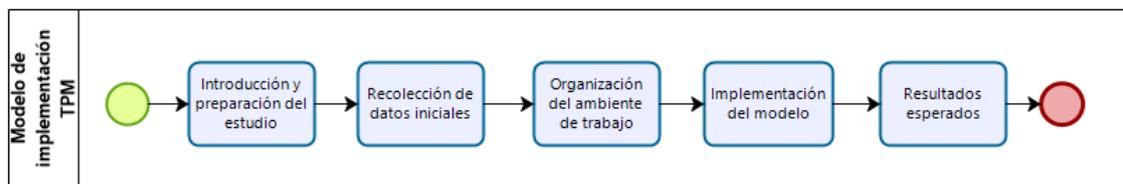
3.2.2 *Desarrollo herramientas TPM*

3.2.2.1 Mantenimiento autónomo

A continuación, se muestra la lista de pasos y actividades propuestas para la implementación del mantenimiento autónomo, se ha decidido incluir una buena solides en la preparación y capacitación antes de su implementación. Asimismo, se muestra la metodología usada por la empresa para los casos de mantenimiento y la mejora continua. (Anexo N° 19)

Figura 16

Modelo de implementación TPM



Nota. Pasos para la implementación del pilar mantenimiento autónomo. Adaptado de “Results of the application of autonomous maintenance in the mitigation of waste generation: Case study in a footwear company in Jaú/SP”, por Bonifácio y Martins, 2021 (<https://doi.org/10.1590/1806-9649-2020V28E5519>).

Las actividades fueron construidas e implementadas en 5 etapas en donde se realizó de manera progresiva la implementación de la herramienta.

3.2.2.1.1 Fase 1: Introducción y preparación del estudio

- Presentación del modelo propuesto
- Formulación de equipos

3.2.2.1.2 Fase 2: Recolección de datos iniciales

- Mapeo de la situación actual

Se realizó un mapeo de la situación actual para detectar los tiempos por cada anomalía presentada en la impresora, en la tabla # se muestran los tiempos totales por cada causa:

Tabla 11

Tiempo de parada por averías no programadas

Tipo	Falla de Máquina	Hrs de parada	%	Pilar
Fallas de máquina mecánica	M: Fallas mecánicas en Slotter	69.23	16%	MA
	M: Falla mecánica amarradora	65.00	15%	MA
	M: Fallas mecánicas en módulo impresor	40.52	9%	
	M: Fallas mecánicas en plegadora	40.38	9%	
	EX: Atoro Faja de Refile Malograda	14.80	3%	
Fallas de máquina eléctrica	O: Falla en sensor intermitente de aplicación de goma	140.58	32%	ME
	E: Fallas eléctricas en módulo impresor	36.10	8%	
	E: Falla eléctrica amarradora	18.65	4%	
	E: Fallas eléctricas en plegadora	6.88	2%	
	E: Fallas eléctricas en Slotter	5.03	1%	
Total general		437.17		

Las fallas con mayor tiempo de fallas estaban relacionados a problemas en el slotter, amarradora y problemas en el aplicador de goma.

En esta etapa se realiza el análisis de las causas raíces para ello se utiliza la herramienta de los 5 porque´s para descubrir y medir a profundidad la criticidad de las anomalías. Elaborar formato de procedimiento estándar de la actividad o guía de solución de problemas (GSP).

3.2.2.1.3 Fase 3: Organización del ambiente de trabajo

- Presentar políticas y objetivos
- Apertura del programa
- Capacitación

Se realiza las capacitaciones necesarias respecto a los temas de implementación de TPM del pilar de mantenimiento autónomo y sobre la hoja de ruta a seguir para el mantenimiento. Los temas que se eligieron para las capacitaciones al personal involucrado. (Anexo 13)

3.2.2.1.4 Planificar actividades y acciones

Planificar las actividades para la identificación de puntos de contaminación, suciedad y también posibles mejoras en los equipos y en el área para el mantenimiento autónomo. Todos

los hallazgos serán clasificados en una matriz impacto/ dificultad en donde se decidió darle tres niveles bajo, medio y alto.

Se realiza un plan de acción para las anomalías encontradas, esto con el objetivo de que sean corregidas y registradas, también debe indicarse el responsable, fecha de hallazgo, reparación para mantener un historial y un control de las distintas anomalías.

La rutina de mantenimiento autónomo: debe cumplir con los requisitos de realizar limpieza básica, eliminar fuentes de contaminación establecer estándares de limpieza y de lubricación. Se realiza apoyos visuales con los puntos de inspección, etiquetando en una gráfica de la máquina los puntos que están definidos en la rutina del AM. Aquí el operador verifica y va anotando en el check list estos puntos.

3.2.2.1.5 Fase 4: Implementación del modelo

Se implementa la ruta del modelo del pilar Jishu Hozen (JH), se siguen 5 pasos realizando la limpieza inicial, eliminación de fuentes contaminantes, elaboración de estándares, pruebas y supervisión y la ejecución del mantenimiento autónomo. Se crearon 2 procedimientos de mantenimiento autónomo para las partes de la imprenta con tiempos críticos, amarradora y slotter (Anexo 15,16)

3.2.2.1.6 Fase 5: Resultados esperados

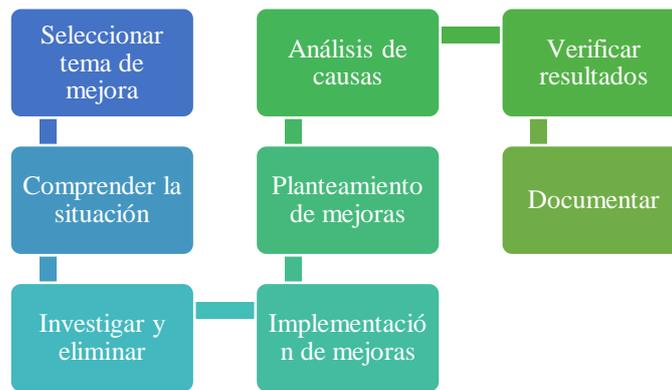
Se analiza los resultados de la implantación del modelo, comparándolos con la situación observada anteriormente. Es importante que los datos recolectados sean presentados, preferentemente en tableros de anuncios, para el seguimiento de todos los involucrados.

3.2.3 *Mejora enfocada*

Dentro de los pilares del TPM, en la empresa Empaques H8, para solucionar los problemas presentados en la Imprenta Flexográfica N°7 se optó por desarrollar la mejora enfocada. Para ello se basó en los 8 pasos de Tokurato Suzuki, en su libro TPM en Industrias de Proceso.

Figura 17

Fases para desarrollar la mejora enfocada



Nota. Adaptado de “TPM En Industrias de Proceso”, por Suzuki, 1995 (<https://bit.ly/3QYyani>).

3.2.3.1. Fase 1: Seleccionar tema de mejora

El tema seleccionado en conjunto con el equipo formado (Punto N°4 de Estandarización) para buscar las mejoras en la IMP7 fue enfocar la mejora en el Sistema de engomado Coppar. El principal motivo fue debido a que, aun realizando las mejoras de estandarización de trabajo, los problemas por paradas de máquina para limpieza o fallas eléctricas del sensor se seguían presentando (Descrito en el Capítulo N°2).

3.2.3.2. Fase 2 y 3: Comprender la situación – Investigar y eliminar

Esta fase fue realizada en el capítulo N°2, donde, según el análisis realizado de las paradas no programadas en la Imprenta 7, se determinó que las demoras se originan en los altos tiempos de limpieza del sistema de engomado y las fallas eléctricas generadas en el sensor del sistema de goma.

3.2.3.3. Fase 4: Análisis de causas

Para este caso, se usaron 2 herramientas para el análisis. Se realizó un Ishikawa (Capítulo N°2) y análisis 5 Por Qué (Anexo 13), tanto de análisis global, así como de un reclamo recibido por un cliente. Se detecta que el sistema de goma (sensores y boquilla) se encuentran en constante contaminación generada por el refile y rebaba propia del proceso.

3.2.3.4. Fase 5: Planteamiento de mejoras

Junto al equipo integrado por el equipo de mantenimiento, imprentas, gestión de calidad y post venta, se realiza el planteamiento de ideas de mejora. Entre este planteamiento se determinó realizar:

- Implementación de separador en el sistema de goma

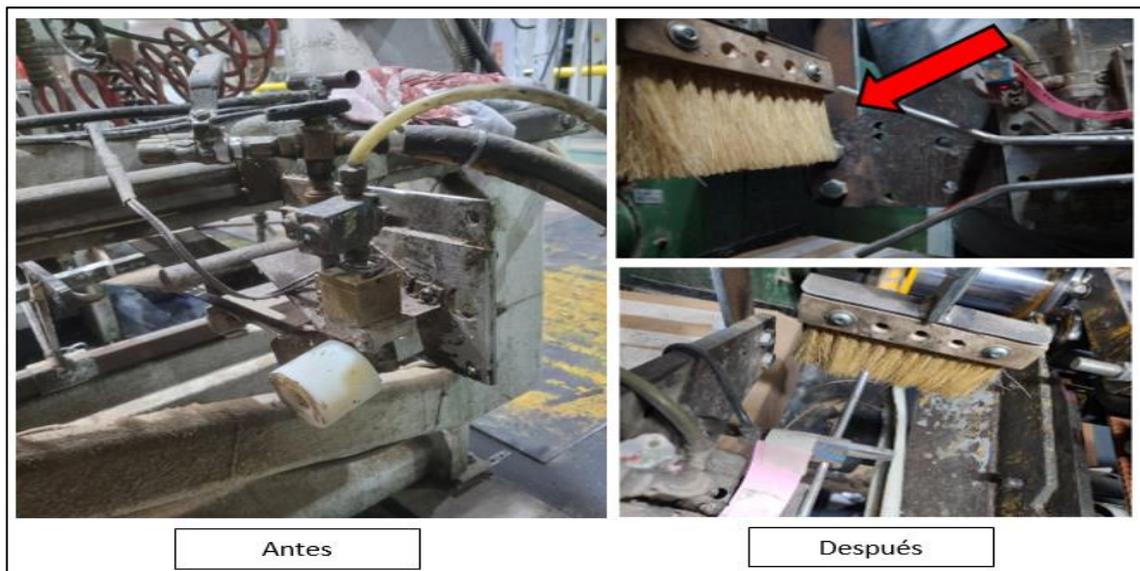
- Colocar una barrera que impida el paso constante de polvillo, refile y rebabas de cartón lo cual genera que tanto el sensor eléctrico y la boquilla de aplicación se obstruyan.
- Generación de POE de limpieza de sistema de goma.

3.2.3.5. Fase 6: Implementación de mejoras

Se procedió a realizar la implementación del mecanismo que consiste en un soporte regulable en altura y posicionamiento axial con una escobilla con la finalidad de evitar que el refile llegue al inyector y sensor del sistema de engomado.

Figura 18

Antes y después de la mejora enfocada aplicada – IMP7



Nota. Elaboración propia

3.2.3.6. Fase 7: Verificar resultados

Este paso se realizó en la verificación conforme a los indicadores de disponibilidad, rendimiento N° de paradas no programadas.

Se verificó un aumento de la disponibilidad y rendimiento de la máquina, así como se disminuyó el N° de paradas por este defecto.

3.2.3.7. Fase 8: Documentar

Las POE y análisis de causas y acciones fueron documentadas por el equipo de gestión de calidad.

3.3 Diseño de indicadores

Los resultados esperados se ven reflejado por medio de los distintos indicadores que se emplearan en el proyecto, contrastando el escenario As-Is con el To-Be. Estos indicadores están vinculados con los objetivos y propuestas del diseño de solución.

Tabla 12

Tabla de indicadores y variables empleadas en el proyecto de mejora

Objetivo	Indicador	Calculo
Incrementar el nivel de OEE de la imprenta 7	Eficacia General del Equipo (OEE)	$OEE = TDO \times TRO \times TCO$
Reducir tiempos por paradas operativas y fallas de máquina de la imprenta 7	Disponibilidad operacional (TDO)	Hrs programada - hrs por paradas no programadas/horas programada de trabajo
	Rendimiento Operacional (TRO)	Velocidad real/velocidad de diseño
	Calidad operacional (TCO)	Piezas conformes/total de piezas producidas
Reducir los tiempos por falla de máquina imprenta 7	Tiempo medio entre fallos (MTBF)	$T. \text{ total programado} - \text{Tiempo utilizado total por reparaciones de fallas} / \text{Número de fallas}$
	Tiempo medio de reparación (MTTR)	$\text{Tiempo utilizado total por reparaciones de fallas} / \text{Número de fallas}$

Nota. Adaptado de “Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line”, por Ribeiro et al., 2019 (<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>).

Según los objetivos a alcanzar se presenta los indicadores con los valores iniciales y objetivos a alcanzar posteriores a la implementación de mejora mediante las herramientas empleadas:

Tabla 13

Comparación As is – To be de los factores del OEE

Indicador	As Is	To be
	Actual (año 2021)	Objetivo empresa
Disponibilidad Inherente	94%	97%
Disponibilidad Operacional	60%	80%
Rendimiento operacional	67%	84%
Calidad operacional	99.3%	90%

Posteriormente a la implementación se comprueba periódicamente si estamos llegando a los objetivos planteados por la empresa para poder tomar decisiones en base a los resultados mostrados.

3.4 Consideraciones para la implementación

3.4.1 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos.

Para la implementación de las herramientas se requirió un presupuesto el cual serviría para poder comenzar con las capacitaciones, compra de materiales y maquinas herramientas para las actividades de planta en la máquina impresora.

Tabla 14

Presupuesto de la implementación de la mejora

Presupuesto del desarrollo	
Capacitación	Costo S/.
Entrenamiento TPM y SW,	S/2,325.00
Asesoría especializada (Valor relativo, inducción por equipo planta)	S/6,000.00
Sub total	S/8,325.00
Herramientas	Costo S/.
Herramientas para Limpieza y lubricación	S/650.00
Escobilla metálica (para limpiar boquilla de inyección de engomador)	S/100.00
Llaves universales (para ajustar los módulos y tuercas)	S/350.00
Matriz sujeción	S/700.00
Pernos	S/300.00
Carro transportador 1 und	S/500.00
Paquetes de hojas bond	S/300.00
Lapiceros y plumones	S/100.00
Cuadernos y otros materiales	S/450.00
Sub total	S/3,450.00
Costo total	S/11,775.00

En la tabla se muestra el detalle de los recursos empleados, en donde se requiere una inversión de 11,775 nuevos soles para la implementación, 8,325.00 nuevos soles para capacitación y entrenamientos, 2,900.00 nuevos soles para equipos y herramientas y 550.00 nuevos soles para materiales de oficina.

3.4.2 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo.

Las actividades que comprende la implementación están diseñadas en base al tiempo disponible, por ello la importancia que las actividades sean asignadas estratégicamente y que los tiempos se respeten, como propuesta, se ha asignado un tiempo considerable para la

capacitación y preparación del equipo TPM y SW esto para garantizar el aprendizaje y el éxito del proyecto, ya que es muy importante que el equipo tenga toda la información y formación adecuada. En la figura se muestra el cronograma propuesto para la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, primero se implementa la herramienta SW que consta de 2 meses y seguidamente se implementa la herramienta TMP con los pilares de mantenimiento autónomo y mejora enfocada en un tiempo de 6 meses, el proyecto como tiempo total requerido consta de un total de 8 meses para la implementación de dichas herramientas Lean. (Anexo 17)

4. Capítulo IV– RESULTADOS DEL PROYECTO

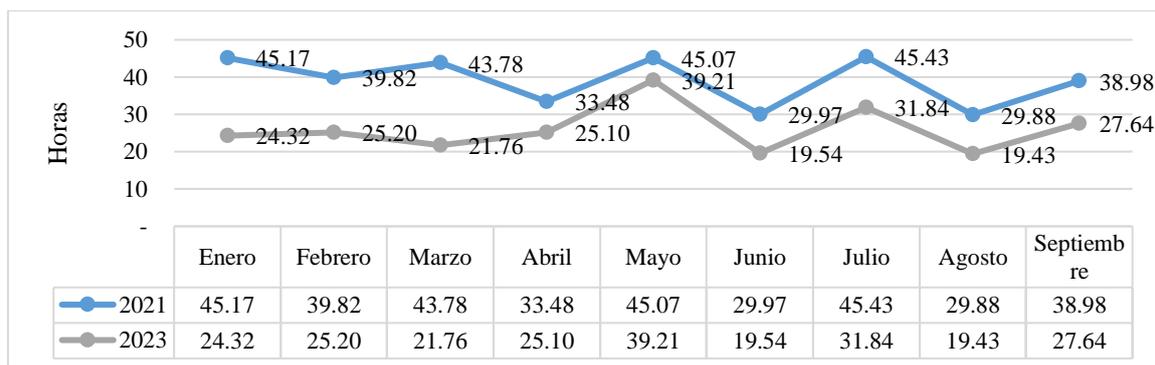
4.1 Validación funcional

4.1.1 Mejora obtenida según objetivos

Como se detalló en los capítulos anteriores, las tasas del OEE que son afectadas por las paradas no programadas son la disponibilidad y rendimiento, esto debido a los altos tiempos por paradas operativas y tiempos por falla de máquina. Para el análisis de la mejora se realizó validando estos indicadores del periodo 2023, desde el mes de enero hasta septiembre.

Figura 19

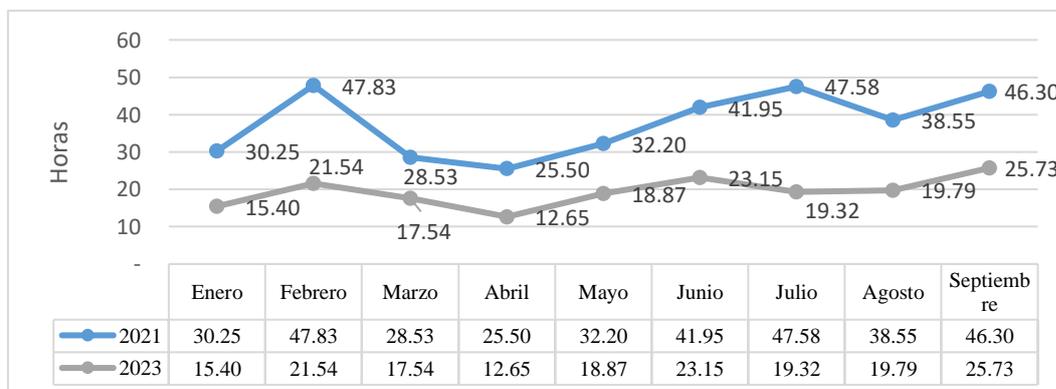
Comparativa hora de paradas operativas, enero-septiembre 2021 y 2023



Como se puede observar en el gráfico, hasta septiembre 2023, se obtuvo un 33% de reducción de horas por paradas operativas.

Figura 20

Comparativa hora fallas de máquina, enero-septiembre año 2021 y 2023



Como se puede observar en el gráfico, hasta septiembre 2023, se obtuvo un 44% de reducción de horas por fallas de máquina.

4.1.1.1 Resumen comparativo de resultados por herramienta aplicada

Según las herramientas implementadas, se pudo mejorar las causas raíces que provocaban tener un bajo OEE, esto se vio reflejado en la reducción de paradas operativas y fallas de máquina.

Tabla 15

Comparativa resultados as-Is To-be por herramienta

Herramienta	Causa mejorada	Tiempo horas As-Is (hasta Sept. 2021)	Tiempo horas To-Be Real (hasta Sept. 2023)	Diferencia de tiempo horas mejorado (2021 VS 2023 hasta Sept.)
Standard Work	Fallas operativas	351.58	234.04	117.54
TPM-Mantenimiento autónomo	Tiempo por fallas mecánicas	170.80	87.57	83.23
TPM-Mejora enfocada	Tiempo por fallas eléctricas	167.90	86.40	81.50
Total		690.28	408.01	282.27

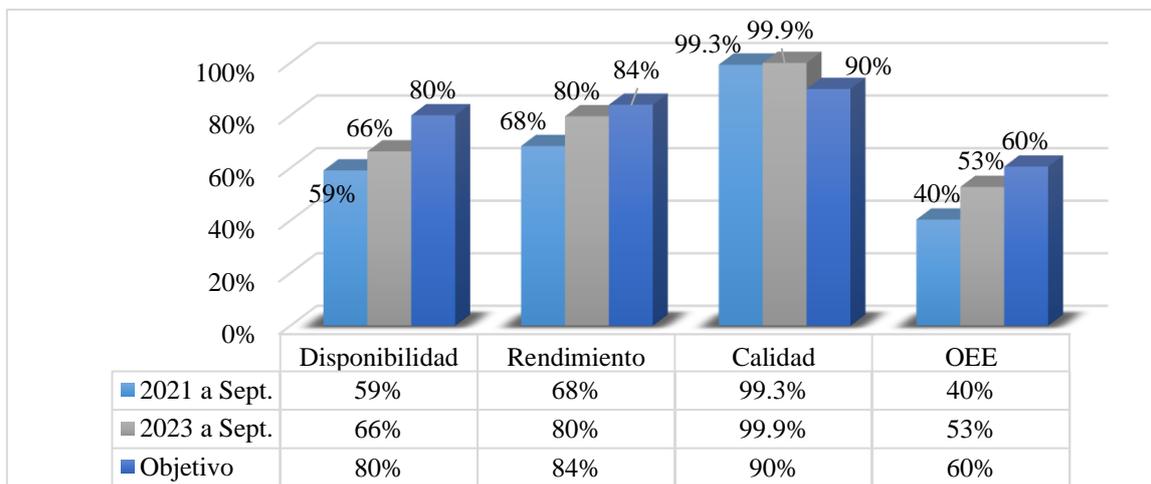
Se observa una mejora de los tiempos por paradas operativas y fallas de maquina con un total de 282.27 realizando un comparativo al mes de septiembre de los años 2021 y 2023 respectivamente lo cual cumple con el objetivo específicos del proyecto, este tiempo permite producir más cajas de cartones relacionado al tiempo mejorado el cual se refleja en los ingresos adicionales por dicha mejora representados en el flujo de caja.

4.2 Análisis de indicadores según objetivos

Respecto a la mejora del OEE, se detalla los indicadores en cuanto a sus tasas por cada dimensión y comparación respecto a los objetivos.

Figura 21

Comparativa de las dimensiones del OEE, año 2021 y 2023



Como se observa en el gráfico, el OEE del año 2023 tuvo una mejora de 13% para la dimensión de disponibilidad, se obtuvo una mejora del 7% y respecto a la dimensión de rendimiento, se obtuvo una mejora del 12%. También se puede apreciar que aún no se logra a cumplir con el objetivo, sin embargo, los valores están muy cercanos a los del objetivo de la empresa demostrando la eficacia del proyecto.

4.2.1.1 Resumen comparativo de los indicadores según resultados del proyecto

Según los indicadores planteados para medir la mejora del proyecto se muestra los resultados de la implementación comparando la situación anterior correspondiente al año 2021 y los resultados en comparación al 2023.

Figura 22

Comparativa de indicadores según resultado

Indicador	As-Is (hasta Sept. 2021)	To-Be Real (hasta sept. 2023)	Status de la mejora
Disponibilidad Operacional	59%	66%	Se logro mejorar
Rendimiento operacional	68%	80%	Se logro mejorar
Calidad operacional	99%	99.9%	Se logro mejorar
OEE	40%	53%	Se logro mejorar
MTBF (Hrs)	5	9	Se logro mejorar
MTTR (Hrs)	0.29	0.3	Se logro mejorar
MTTR (min)	17.66	17.5	Se logro mejorar
Disponibilidad Inherente	94%	97%	Se logro objetivo de la empresa

Se observa que la mejora del OEE está teniendo resultados favorable, se refleja una mejora del OEE del 40 a 53% teniendo una mejora en comparación de 13%. Sin embargo, aún no

se logra el objetivo del 60% lo cual permite ubicar más oportunidades de mejora. Por otro lado, se cumplió con el objetivo de la disponibilidad inherente de la máquina impresora relacionada a las fallas de máquina mecánicas y eléctricas netamente las cuales fueron nuestras causas raíces.

4.3 Evaluación impacto económico

La implementación de las herramientas TPM y SW como antes mencionado requieren una inversión para tomar inicio a las actividades, para ello se realiza un análisis sobre la inversión para cerciorarnos que el proyecto sea viable respecto a dinero y proyectar la rentabilidad. Si el retorno de la inversión es favorable podremos afirmar que el proyecto de mejora es viable y que su implementación será beneficiosa para la empresa y empleados. Se tomarán en cuenta los valores resultantes como el VAN (valor actual neto), TIR y B/C como indicadores principales para el análisis de los escenarios.

Para el año 2022 en donde se implementaron las herramientas de Lean Manufacturing se observaron mejoras mínimas, no hubo una gran variación del impacto y condiciones en comparación al año 2021 ya que fue el año en que se implementó la mejora y la puesta en marcha fue en el último semestre del año 2022.

Figura 23

Ingreso según impacto en tiempo mejorado, enero-septiembre año 2021 y 2022

Tiempo mejorado (hrs)	Velocidad real 2022	Golpes ganados por tiempo mejorado	Valor venta promedio	Ingresos totales por mejora
15	12,300	185,123	0.30	55,537

Como ingresos totales para el año 2022 hemos obtenido un importe total de **S/55,537** gracias a las herramientas implementadas en el área de impresión.

Asimismo, para el año 2023 hemos obtenido mejoras significantes respecto al impacto económico de la mejora realizada a través de las herramientas de Lean manufacturing.

Figura 24

Ingreso según impacto en tiempo mejorado, enero-septiembre año 2021 y 2023

Tiempo mejorado (hrs)	Velocidad real 2023	Golpes ganados por tiempo mejorado	Valor venta promedio	Ingresos por mejora
282	14,492	4,090,803	0.30	1,227,241

Figura 25

Impacto de la mejora en número de reclamos de cliente por defecto de pegado de lengüeta, enero-septiembre año 2021 y 2023

Numero de reclamos mejorados	Costo involucrado 2021	Costo involucrado 2023	Ingresos por mejora involucrada
43	S/58,500.00	S/3,200.00	S/55,300.00

Como ingresos totales para el año 2023 hemos obtenido un importe total de **S/1,282,540.98** gracias a las herramientas implementadas en el área de impresión.

4.3.1 Variables económicas para los flujos económicos

Para realizar la evaluación económica se distribuye ingresos y egresos que se realizaran durante el proyecto los cuales tienen que ser considerados totalmente dentro del flujo, distribuidos en los asientos correspondientes en la estructura del flujo económico del proyecto de mejora.

Las variables presentadas en este proyecto corresponden a:

- A. Depreciación
- B. Ahorros (ingresos)
- C. Flujo de caja
- D. Costos
- E. Utilidad neta
- F. Impuesto a la renta: Actualmente la tasa considerada para el impuesto a la renta para la empresa cuyos ingresos superan a las 15 UIT es de 29.5%.

4.3.2 Consideraciones para el desarrollo de los flujos económicos

Las consideraciones del flujo económico las cuales se ven implicadas en este caso se detallan a continuación:

- A. Costo de inversión para el proyecto

- B. Ingresos
- C. Impuesto a la renta
- D. Costo de oportunidad (COK)

El costo de oportunidad fue obtenido considerando las distintas tasas por variable utilizada, se ha considerado el modelo CAPM para calcularlo el cual tuvo un resultado un Cok de 14%.

Tabla 16

Datos para la evaluación del COK

Descripción	Variable	Valor	Definición	Fuente
Tasa Libre Riesgo - Bonos USA 10 años	Rf	4.80%	Promedio de la información mensual de los últimos tres años del bono del Tesoro Norteamericano a un plazo de diez años	(Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], 2023a)
Prima de riesgo en acciones del mercado (Perú)	(Rm-Rf)	7.43%	Es el promedio de la diferencia entre el rendimiento del S&P 500 y los bonos de tesoro americano a 10 años.	Country Default Spreads and Risk Premiums (Demodaran, 2023a)
Beta promedio del sector	B	1.04	Mide la sensibilidad del retorno de la acción ante variaciones en el mercado en la bolsa de valores.	Betas by Sector (US) (Demodaran, 2023b)
Prima riesgo del mercado emergente	CRP	1.69%	Promedio del diferencial de rendimiento mensual del índice de bonos de mercados emergentes EMBIG Perú.	(BCRP, 2023b)
COK = B*(Rm-Rf) + CRP		14%		

4.3.3 Desarrollo del flujo económico

Se presentan los flujos económicos calculados, se realiza la distribución de las variables según correspondan y se consideran los datos anteriormente mencionados. Se evalúa el VAN, TIR y C/B de cada flujo correspondiente, el COK es el indicador para identificar la brecha de los resultados, se puede observar que la tasa de retorno tiene una rentabilidad superior al COK calculado.

Figura 26

Flujo de caja económico

COK =	Beta * (Rm - Rf) + CRP
Beta =	1.04
Rf =	4.80%
Rm - Rf =	7.43%
CRP	1.69%
COK	14.22%

	2022		2023		3	4	5	
	0	1	2	3				
Q	S/	185,123	S/	4,090,803	S/	4,090,803	S/	4,090,803
VVU	S/	0.30	S/	0.30	S/	0.30	S/	0.30
(+) INGRESOS (VENTAS)	S/	55,537	S/	1,227,241	S/	1,227,241	S/	1,227,241
(+) INGRESOS (AHORROS RECLAMO)	S/	-	S/	55,300	S/	55,300	S/	55,300
(-) Depreciación	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-
UTILIDAD OPERATIVA (EBIT)	S/	55,537	S/	1,282,541	S/	1,282,541	S/	1,282,541
(-) IMPUESTO A LA RENTA (29.5%)	-S/	16,383	-S/	378,350	-S/	378,350	-S/	378,350
UTILIDAD NETA ANTES DE IMP.	S/	39,154	S/	904,191	S/	904,191	S/	904,191
(+) Depreciación	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-
FLUJO OPERATIVO	S/	39,154	S/	904,191	S/	904,191	S/	904,191
(-) Maquinaria	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-
(-) Capital Trabajo del proyecto	-S/	11,775	S/	-	S/	-	S/	11,775
FLUJO DE LA INVERSIÓN	-S/	11,775	S/	-	S/	-	S/	11,775
FLUJO ECONÓMICO	-S/	11,775	S/	39,154	S/	904,191	S/	904,191
FLUJO NETO DESCONTADO	-S/	11,775	S/	27,379	S/	931,570	S/	1,835,761

VANE	S/2,324,946.96	> 0 VIABLE
TIRE	1000%	> COK VIABLE
B/C E	S/198.45	

PROYECTO VIABLE (PUNTO DE VISTA EMPRESA)

PERIODO DE RECUPERACIÓN	0.30 AÑOS	
	Meses	
	3.61 *Ultimo semestre	
VAE	S/680,757.45	

4.3.4 Análisis de los resultados

Después de la evaluación de cada uno del escenario se obtuvieron las siguientes respuestas de acuerdo con los indicadores utilizados para el flujo económico y financiero de nuestro proyecto:

El VAN > 0; el proyecto de mejora es VIABLE

La TIR > COK; el proyecto de mejora es VIABLE

El B/C > 1; el proyecto de mejora genera rentabilidad en los tres escenarios.

El proyecto para la implementación de las herramientas Lean TPM y Standard Work para la mejorar la eficiencia global del proceso es viable de acuerdo con los resultados mostrados en el flujo de económico y financiero. Con todo esto se afirma que el proyecto tendrá éxito trabajando en equipo enfocados en la mejora continua para seguir aumentando el OEE y mantener el enfoque para próximos proyectos.

4.4 Evaluación de impactos no económicos

4.4.1 Posibles impactos de la solución

4.4.1.1 Cultura de mejora y disciplina

Lo más importante para este modelo de mejora son las personas, la meta es que ellos puedan entender lo que se pretende lograr y los beneficios del proyecto, pero sin embargo todas las personas somos distintas y tenemos diferentes maneras de ver las cosas, por ello el objetivo es poder hacer que los operadores se involucren en las actividades de mejora y que sus ideas se respeten. Para facilitar este propósito se plantea que el entrenamiento de las personas involucradas en el proceso de implementación tenga un mayor tiempo, esto para tener la oportunidad de formar personas capaces y poder interactuar mucho más con ellos, haciendo que sus aportes sean considerados como importantes y para poder aclararle todas las dudas posibles, siempre fomentando el trabajo en equipo y la mejora continua, esto nos permitirá mejorar la polivalencia de los operadores.

4.4.1.2 Incentivos al personal

Durante la implementación y la puesta en marcha de proyecto de mejora se incentiva al personal por las buenas prácticas que está adoptando, para ello se propuso el entregar productos básicos perecibles, así como bonos de productividad a fin de año.

4.4.1.3 Incremento de ventas

Un incremento de ventas puede requerir una mayor capacidad de respuesta, si este evento llega a manifestarse, se debe planificar actividades y organizarlos para que el proyecto no se vea afectado, se designara otra persona para que realice las actividades momentáneamente o incluso trabajar fuera de horario como un fin de semana o después de la jornada laboral.

Conclusiones

Se ha implementado las herramientas de Lean manufacturing TPM y Standards Work para poder mejorar el índice del OEE operacional del proceso de impresión de la IMP7, la implementación de las herramientas permitió perseguir y cumplir con los objetivos planteados minimizando las paradas operativas y las paradas por fallas de máquina que representaban un 51% y 48% respectivamente lo que ocasionaba tener un bajo OEE de 40% con una brecha técnica de 20% respecto a la meta de la empresa 60%.

Respecto al objetivo general de incrementar el OEE se apreció una mejora de 13% pasando de un OEE de 40% en el 2021 a 53% para el año 2023, esto debido a la mejora de la tasa de disponibilidad operacional de un 59% a un 66% y tasa de rendimiento de un 68% a un 80% realizando una comparativa de enero a setiembre entre los años 2021 y 2023 después de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing en base a los objetivos perseguidos por el proyecto de mejora. Para reducir las paradas operativas se implementó la herramienta Standard work, con esta herramienta se redujeron los tiempos de regulación y ajustes de componentes. Se crearon procedimientos de trabajo estandarizado (POE) para las limpiezas del sistema de engomado y limpieza de clises, realizando una comparativa del año 2021 y 2023 ambos analizados hasta el mes de setiembre se pudo mejorar 117.54 horas en los tiempos por paradas operativas pasando de 351.58 horas en el 2021 a 234.04 horas en el 2023. Asimismo, para reducir los tiempos por paradas de falla de máquina eléctrica y mecánica se implementó la herramienta TPM con los pilares de Mejora enfocada y Mantenimiento autónomo respectivamente, se implementaron procedimientos de mantenimiento autónomo para la amarradora y slotter y para la mejora enfocada se implementó una escobilla retráctil con la finalidad de servir como barrera para que el sistema de engomado no tenga contaminación por rebaba y refile. Se utilizó la técnica de los 5 porqué e Ishikawa para poder descubrir a fondo el verdadero problema de la anomalía que se presentó en la máquina. Se logró mejorar 83.23 horas en fallas mecánicas y 81.5 en las fallas eléctricas en comparación a los años 2021 y 2023 ambos analizados hasta el mes de setiembre. Ya que estos pilares de TPM están enfocados en mejorar netamente las fallas de máquina, la implementación permitió mejorar la disponibilidad inherente en donde solo se consideran aquellas fallas que interrumpen el funcionamiento de la máquina, se incrementó

de 94 % a 97% cumpliendo con la meta de la empresa respecto al cálculo de los indicadores MTBF y MTTR.

Esta situación anterior a la mejora conllevaba un impacto económico de S/. 1,473,624.00 nuevos soles el cual representaba el 0.25% de la facturación anual de la empresa, este alto impacto debido a que la velocidad real de la maquina impresora era de 12,296 golpes/hora lo cual provoca que una pequeña variación en el tiempo por las paradas signifique, una gran diferencia en las cajas producidas por hora y he ahí el ingreso significativo por la mejora lograda. Respecto al flujo económico fue considerado en 5 periodos cuyos resultados fueron favorables teniendo como ingreso para el año 2022 un importe de S/ 55,537 y para el año 2023 después de la mejora un importe de S/1,282,540.98 nuevos soles recuperando la inversión de S/. 11,775.00 nuevos soles a finales del primer año con un VAN > 0, TIR > COK y un B/C > 1, por lo que se pudo afirmar que el proyecto de mejora genera rentabilidad y es viable.

Recomendaciones

- Para poder mejorar el OEE y llegar a la meta de la empresa se recomienda abordar otras oportunidades con opciones que no involucren altas inversiones de mejora tanto para la disponibilidad como para el rendimiento, se recomienda mejorar los altos tiempos de setup para mejorar la disponibilidad de máquina a través de la herramienta SMED.
- Para los mantenimientos en general correctivos y programados se recomienda realizar un estudio sobre el abastecimiento de repuestos así tener una mejor respuesta de almacén y poder abordar mucho más rápido las reparaciones de máquina a través de un análisis ABC valorado y rotativo según demanda de cada repuesto.
- Se recomienda replicar esta mejora implementada a las otras impresoras con la que cuenta la empresa logrando de esta manera homogenizar los procesos para cada máquina y tener mayores resultados.
- Como oportunidad de mejora para futuros proyectos, es recomendable analizar las implicaciones que cuentan los procesos anteriores que alimentan a las imprentas flexográficas. Asimismo, se debe poner énfasis en mejorar la polivalencia de los empleados, esto para poder contrarrestar situaciones en casos de accidentes o ausencias en el horario de jornada de trabajo.
- Para mejorar las otras paradas no programadas se recomienda realizar un nuevo diagnóstico y seguir capacitando al personal y poder descubrir nuevas oportunidades de mejora de manera individual o en equipos logrando así mejorar el OEE y disminuir las pérdidas por los distintos desperdicios. Debemos apoyarnos de las distintas técnicas y herramientas que complementan la mejora enfocada y los otros pilares del TPM como los 5 porqués, AMEF, Poka Yoke, etc.

Referencias

- Bonifácio, M. A., & Martins, A. C. G. (2021). Results of the application of autonomous maintenance in the mitigation of waste generation: Case study in a footwear company in Jaú/SP. *Gestao e Producao*, 28(2). <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2020V28E5519>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2023a). *Bonos del Tesoro EE.UU. - 10 años (%)*. Retrieved November 27, 2023, from <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04719XD/html>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2023b). *Diferencial de Rendimientos del Índice de Bonos de Mercados Emergentes (EMBIG) - Perú*. Retrieved November 27, 2023, from <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01129XM/html>
- Chaabane, K., Schutz, J., Dellagi, S., & Trabelsi, W. (2020). Analytical evaluation of TPM performance based on an economic criterion. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 413–429. <https://doi.org/10.1108/JQME-08-2019-0085>
- Congreso de mantenimiento y Confiabilidad. (2020). *¿Qué es la Efectividad General del Equipo (OEE)?*. Retrieved November 26, 2023, from <https://cmc-latam.com/2020/03/04/que-es-la-efectividad-general-del-equipo-oe/>
- Demodaran, A. (2023a, 14 de julio). *Country Default Spreads and Risk Premiums-Risk Premiums for Other Markets*. Demodaran Online. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Demodaran, A. (2023b, junio). *Betas by Sector (US) - Levered and Unlevered Betas by Industry*. Demodaran Online. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1). <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Hooda, A., & Gupta, P. (2019). Manufacturing excellence through total productive maintenance implementation in an indian industry: a case study. *International Journal of Mechanical and Production*. 9 (3), 1593-1604. www.tjprc.org

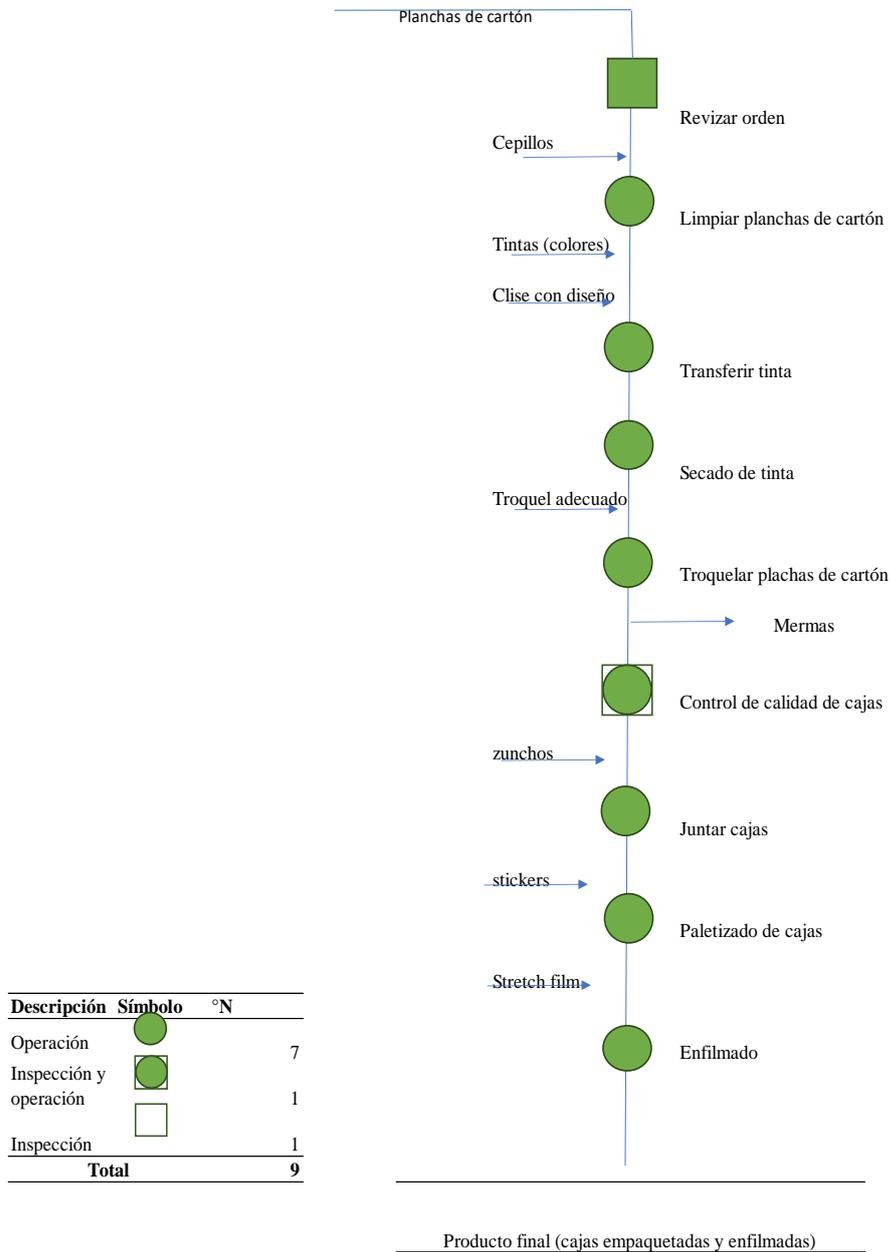
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Industria primaria creció 40.32 % en noviembre del 2018*. Agencia Peruana de Noticias Andina. Retrieved November 2, 2023, from <https://andina.pe/agencia/noticia-inei-industria-primaria-crecio-4032-noviembre-del-2018-741388.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023, junio). *Producción nacional disminuyó 0,56% en junio de 2023*. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-056-en-junio-de-2023-14509/>
- Jayaswal, P., & Singh Rajput, H. (2012). Implementation of kaizen and jishu hozen to enhance overall equipment performance in a manufacturing industry. *International Journal of Research in IT & Management*, 51(8). <http://www.mairec.org><http://www.mairec.org>
- Junior, R. G. P., Inácio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/S00170-021-08534-W/METRICS>
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Mordor Intelligence. (2023). *Tamaño y participación del mercado de embalaje corrugado - Informe de la industria*. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/corrugated-board-packaging-market>
- Pačaiová, H., & Ižaričková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.128>
- Shafeek, H. Rabigh, & Suez. (2019). Lean Manufacturing Implementation in Carton Industry — A case study. *Industrial & Systems Engineering Conference (ISEC)*. <https://doi.org/10.1109/IASSEC.2019.8686603>

Suzuki, T. (1995). *TPM en industrias de proceso*. TGP Hoshin, https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5IEPEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=TPM+en+industrias+de+proceso&ots=knGR59_rF1&sig=SfKiXxypa4YXgKmYQfByWZ_jWww#v=onepage&q=TPM%20en%20industrias%20de%20proceso&f=false

TAS consultoría. (2022). *Inicio* [Página LinkedIn]. LinkedIn. Retrieved November 27, 2023, from <https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-hacer-una-estrategia-de-estandarizaci%C3%B3n-procesos-/?originalSubdomain=es>

Anexo(s)

Anexo 1 Diagrama de Operaciones



Anexo 2 Impacto económico

1. Análisis sobre golpes perdidos		
Item	Cantidad	Unidad medida
Velocidad de diseño	18,200	golpes/hr
Velocidad promedio real	12,211	golpes/hr
Golpes perdidos	5,989	golpes/hr

Item	Cantidad	%
Horas paradas programadas	630	19%
Montaje	815	25%
Horas paradas no programadas	1,808	56%
Total	3,254	

2. Análisis netamente paradas no programadas		
Paradas operativas		
O: Sist. Goma-Falta limpieza	198.38	41.53%
O: Altos tiempos en Limpieza de clichés	183.22	38.35%
total	381.60	79.88%

Fallas de máquina		
Mecánicas (Slotter y amarradora)	134.23	30.70%
Eléctricas (Sensor de sistema de goma)	140.58	32.16%
total	274.81	62.86%

Item	Horas	% sobre las fallas por pareto
Horas paradas operativas	477.73	382
Horas paradas falla de máquina	437.18	275
total		656

3. Análisis final		
Item	Horas	
Total horas paradas no programadas	1,808	
Total horas perdidas por pareto	656	
% corresponde a pareto	36%	

Item	N°
Golpes perdidos	3,328
% pareto	36%
Golpes perdido final	1,198

El 44% de las horas inactivas de la IMP7 corresponde a horas de paradas programadas y horas por montaje: 2,635 golpes perdidos
 El 56% de las horas inactivas de la IMP7 corresponde a horas por paradas no programadas: 3,328 golpes perdidos

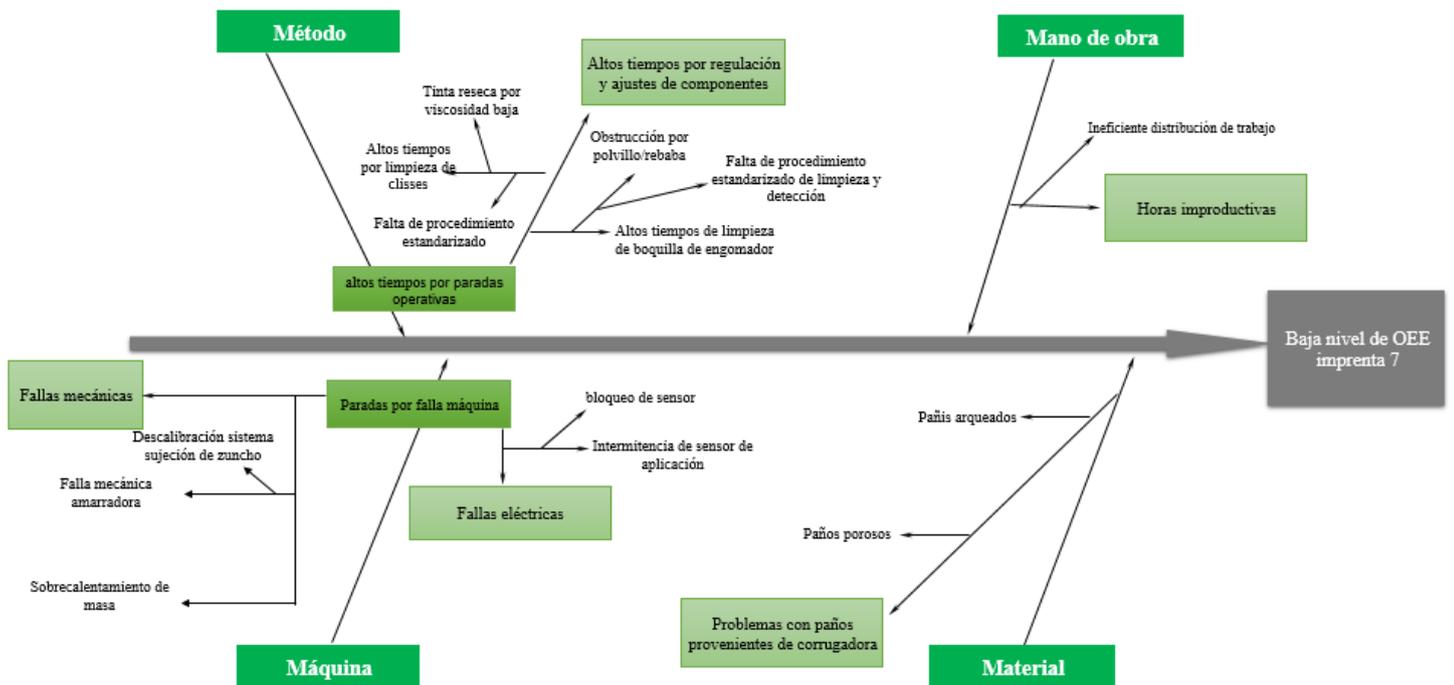
De todos los golpes perdidos por paradas no programadas (3,328), el 36% corresponde a las paradas no programadas que lideran el pareto. En este caso, serían 1,198 golpes por hora.

Golpes perdidos final	Valor venta promedio	N° horas de corrida año 2021	Total no percibido Año 2021
1,198	S/ 0.30	3,937.20	S/ 1,415,124

Anexo 3 Horas por motivo de paradas en la IMP7 – Año 2021

Mes	Paradas operativas	Fallas de máquina	Problemas de paños	Mini Paro	Falta de paño	Paradas externas	Otros	Total
Enero	40.5	35.0	27.0	16.5	8.0	11.3	12.6	150.7
Febrero	38.1	49.6	36.5	16.7	10.5	5.6	9.1	165.9
Marzo	40.7	31.7	32.3	14.4	12.2	3.2	9.9	144.3
Abril	33.6	25.4	38.1	12.6	3.7	5.7	10.2	129.3
Mayo	42.1	35.2	31.9	14.3	5.3	8.4	9.2	146.3
Junio	28.0	43.9	29.3	14.7	7.0	8.3	9.6	140.9
Julio	48.3	44.7	31.2	11.8	8.8	5.7	11.0	161.5
Agosto	28.2	40.2	36.9	20.5	9.3	4.7	10.2	149.9
Setiembre	39.6	45.7	37.7	15.3	8.2	6.4	10.4	163.2
Octubre	47.8	28.7	41.7	10.4	4.4	13.9	11.0	158.0
Noviembre	40.4	30.4	38.7	14.2	10.8	7.9	10.9	153.1
Diciembre	46.0	31.4	28.7	11.5	8.3	10.0	9.4	145.3
Total	473.0	441.9	409.7	172.8	96.6	91.0	123.2	1,808.2

Anexo 4 Diagrama de Ishikawa



Anexo 5 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 1

Limpieza de sistema de engomado		Tiempo observado promedio - seg.	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	Nº de paradas promedio por pedido
Operador N°1	Presionar botón "Modo off" para acción de limpieza	11	61.5	Cada 3,200 golpes	1.88
	Traer kit de limpieza (escobilla y trapo)	19.8			
	Cerrar llave de engomado	3.4			
	Limpiar con escobilla conductos externos y rueda	8.3			
	Limpiar con trapo boquilla sistema de goma y sensor	6.1			
	Presionar botón llave de agua para limpiar conducto	2.9			
	Presionar botón llave de agua para limpiar conducto	2.8			
	Abrir llave de engomado	3.4			
	Presionar botón de engomado para limpieza conducto	3.8			

Anexo 6 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 2

Limpieza de sistema de engomado		Tiempo observado promedio - seg.	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	N° de paradas promedio por pedido
Operador N°2	Presionar botón "Modo off" para acción de limpieza	11.4	74.8	Cada 2,500 golpes	2.4
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	3.1			
	Presionar botón de goma para limpiar conducto	2.9			
	Traer trapo para limpiar boquilla de goma	16.3			
	Cerrar llave de engomado	3.2			
	Limpiar con trapo boquilla de engomado	4.5			
	Traer escobilla de limpieza	15.4			
	Limpiar conductos con escobilla	8.2			
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	2.1			
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	2.4			
	Abrir llave de engomado	3.2			
	Presionar botón de engomado para limpieza conducto	2.1			

Anexo 7 Toma de tiempos – limpieza de sistema de engomado. actividades realizadas Operador 3

Limpieza de sistema de engomado		Tiempo observado promedio - seg.	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	N° de paradas promedio por pedido
Operador N°3	Presionar botón "Modo off" para acción de limpieza	10.6	78.1	Cada 2,300 golpes	2.61
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	3			
	Cerrar llave de engomado	2.9			
	Traer trapo para limpieza	16.6			
	Limpiar con trapo boquilla de conductos externos, engomado, sensor	8.2			
	Traer trapo para limpieza	16.6			
	Limpiar con trapo boquilla de engomado, sensor	5.2			
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	3.1			
	Presionar botón de agua para limpiar conducto	3.1			
	Abrir llave de engomado	3			
	Presionar botón de engomado para limpieza conducto	2.9			
	Presionar botón de engomado para limpieza conducto	2.9			

Anexo 8 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 1

Limpieza de sistema de clisse		Tiempo observado promedio segundos	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	N° de paradas promedio por pedido
Operador N°1	Detener el rodillo "porta clisse"	16.3	175	Cada 4,700 golpes	1.28
	Despegar el clisse fijado en el rodillo	31.3			
	Colocar clisse en panel de lavado	25			
	Desenrollar manguera	26			
	Limpieza con agua a presión el clisse	45.2			
	Fijar clisse en rodillo	31.2			

Anexo 9 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 2

Limpieza de sistema de clisse		Tiempo observado promedio segundos	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	N° de paradas promedio por pedido
Operador N°2	Detener el rodillo "porta clisse"	19.5	197.4	Cada 4,700 golpes	1.28
	Despegar el clisse fijado en el rodillo	30.3			
	Desenrollar manguera	26.4			
	Limpieza con agua a presión el clisse	27.7			
	Colgar clisse en panel de lavado	24			
	Limpieza con agua a presión el clisse	38			
	Fijar clisse en rodillo	31.5			

Anexo 10 Toma de tiempos – limpieza de sistema de clisse. actividades realizadas Operador 1

Limpieza de sistema de clisse		Tiempo observado promedio segundos	Tiempo total	Ratio de limpieza actual	N° de paradas promedio por pedido
Operador N°3	Detener el rodillo "porta clisse"	18	188.9	Cada 4,700 golpes	1.28
	Despegar el clisse fijado en el rodillo	30.1			
	Colocar clisse en mesa	14.4			
	Desenrollar manguera	26			
	Colgar clisse en panel de lavado	25.2			
	Limpieza con agua a presión el clisse	43.7			
	Fijar clisse en rodillo	31.5			

Anexo 11 Procedimiento de trabajo estandarizado (POE) – sistema de engomado

		Página:	10
PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTANDAR (POE)			
Elaborado Por:		Aprobado Por:	
Dirigido a: <u>Operarios (mujeres)</u>		Fecha de Aprobación:	
Preocupaciones de Seguridad: <u>Equipos de emergencia paralizados</u>		Revisión N°: <u>1</u>	
LIMPIEZA DE SISTEMA DE GOMA COOPAR IMPRESAS FLEXOGRÁFICAS		IMPRESAS 7 y N°18	
1. IDENTIFICACIÓN DEL MODELO		2. DURACIÓN TOTAL	
I		1 minuto y 2 segundos	
MÁQUINA PARADA MÁQUINA EN OPERACIÓN		Según sea estado	
3. E.P.P. REQUERIDO		4. EQUIPOS O HERRAMIENTAS REQUERIDAS	
Guantes Botas de seguridad Zapatos Antistáticos		Kit de Agua (Escobilla, Trapo) Escobillas Trapos	
5. PASOS A SEGUIR			
PASO 1:			
ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER INTERVENCIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS ACTIVAR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD: Interrumpir de emergencia con llave de color amarillo. Interrumpir de cable rojo o controladores de línea. La activación de uno de estos dispositivos. Significa detener el control de el desplazamiento de todo los elementos de grupo en línea.			
PASO 2:			
TRAER KIT DE AGUA (ESCOBILLA Y TRAPO) Escobilla: Limpieza de Conductores externos y rueda patinera Trapo: Limpieza de boquilla de goma y sensor			
PASO 3:			
CERRAR LLAVE DE EMERGENCIA: Evitar que al momento de apertura fluya de agua, no limpie correctamente los conductores internos.			
PASO 4:			
USO DE KIT DE AGUA (ESCOBILLA Y TRAPO) Paso A: Limpiar con escobilla el polvo y residuos presentes en conductores externos y rueda patinera de agua. Paso B: Limpiar con trapo la boquilla del engrasador y sensor ultravioleta de engrasador.			
PASO 5:			
PRESIONAR BOTÓN DE LLAVE DE AGUA PARA LIMPIAR CONDUCTO INTERNO Esta acción debe realizarse 2 veces. Resultado: Agua circula por el conducto principal y elimina restos de goma obstruidos			
PASO 6:			
ABRIR LLAVE DE ENGRASADO Aperturar llave de engrasado y apretar botón para que circule la goma Resultado: Agua circula por el conducto principal y elimina restos de goma obstruidos			

Anexo 12 Procedimiento de trabajo estandarizado (POE) – sistema de clisse

		Página:	1/3
PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTANDAR (POE)			
Elaborado Por:		Aprobado Por:	
Dirigido a: <u>Operadores Iniciales</u>		Fecha de Aprobación:	
Precauciones de Seguridad: Bloqueo de energía peligrosas		Revisión N°: <u>4</u>	
LIMPIEZA DE SISTEMA DE CLISSES			IMPRESAS
			7
1-ESTADO REQUERIDO DE MÁQUINA	MÁQUINA PARADA MÁQUINA EN OPERACIÓN	3- DURACIÓN TOTAL	3.- FRECUENCIA
<input checked="" type="checkbox"/>		3 minutos	Según Necesidad
4-E.P.P REQUERIDO		5-EQUIPOS O HERRAMIENTAS REQUERIDAS	
GUANTES		Manguera	
MONITOR RESISTENTE		Cable	
TAPONES AUDITIVOS		Panel de lavado	
		Pegador	
6-PASOS A SEGUIR			
PASO 1:			
ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER INTERVENCIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS ACTIVAR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD : Desactivar rodillo porta clisse			
PASO 2:			
DESPEGAR CLISSE DE RODILLO Quitar clisse pegado en rodillo.			
PASO 3:			
COLOCAR CLISSE EN PANEL DE LAVADO Llevar clisse a panel para empezar limpieza.			
PASO 4:			
DESENROLLAR MANGUERA DE LIMPIEZA Desenrollar y empezar limpieza a presión de clisse			
PASO 5:			
FIXAR CLISSE EN RODILLO PORTA CLISSE Pegar clisse en rodillo para seguir con la producción			

Anexo 13 Análisis 5 por qué

ANÁLISIS CAUSA RAÍZ						
Nº REVISIÓN	1	TURNO		LÍDER DEL ACR		PARTICIPANTES
¿SE DESARROLLÓ UN ACR POR EL MISMO PROBLEMA*	NO	Nº DE ACR DESARROLLADO	E011	¿LA(S) CAUSA(S) RAÍZ ES (SON) LA(S) MISMA(S)?	NO	
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	COSTO DE LA PÉRDIDA		ACCIONES INMEDIATAS			
IMP 07: APLICADOR DE GOMA COPPAR NO INYECTA ADHESIVO			Revisión señal de sensores			
			Revisión de señales de salida (válvula) y se encuentra sensor y boquilla obstruida			
			SE REVISAN SEÑALES DE SALIDA (VALVULA) Y SE ENCUENTRA SENSOR Y BOQUILLA			
			Limpieza de sistema Coppar			
1er ¿Por qué?		2do ¿Por qué?		3er ¿Por qué?		4to ¿Por qué?
Sensor y boquilla de sistema se encuentran obstruidas por polvillo de cartón y restos de rebaba de corte		Polvillo y rebaba que desprende el corte de las cajas con características propias del cartón y proceso. Ambiente del sistema de goma expuesto a contaminación y con falta de limpieza		Ambiente de sistema de goma no cuenta con un separador entre el proceso y sus componentes que sirvan como barrera		
Nº	CAUSA RAÍZ	PLAN DE ACCIÓN	TIPO (C/P)	PRIORIDAD (A,M,B)	RESPONSABLE	FECHA
1	Ambiente no cuenta con separador entre el proceso	Implementación de separador de rebabas y reflejo	C	A	Equipo de Manto	
2	Falta de limpieza de sistema coppar	Elaboración de POE de uso y limpieza del sistema de aplicador de goma Coppar	C	M	Equipo de Manto	
3						



LEYENDA TIPO	LEYENDA PRIORIDAD
C: Actividad Correctiva	A: Alta (Max 7 días)
	M: Media (Max 3 semanas)
P: Actividad Preventiva	B: Baja (Max 10 semanas)

Anexo 14 Capacitación al personal

Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CARGO	FIRMA
1	ROJAS MENDOZA JORGE	10671231	OPERARIO 2	[Firma]
2	NUÑEZ APONTE JUAN CARLOS	74531140	OPERARIO 5	[Firma]
3	GARCIA CARRASCAL MIGUEL ANGEL	09669420	Op. prod. 1	[Firma]
4	GALVEZ ROMANI MANUEL	70390945	ALIMENTADOR	[Firma]
5	VERA ARROSPIDE RIVEL OCTAVIO	17472942	MAG. II	[Firma]
6	BRAVO GUEVARA LAZARO LUIGI	16568844	OPER II	[Firma]
7	CHULLE RIMAC JESUS GIANCARLO	75945355	ALIMENTADOR	[Firma]
8	ROSILLO CAMPAÑA JOSE DUILIO	25730563	MAG. 4	[Firma]
9	QUICHE ORTIZ CARLOS ANTONIO	15741421	Op. 4	[Firma]
10	BARDALAGO FLORES RICHARD CHRISTIAN	08161175	Im 4	[Firma]
11	PAUCAR HUAROC JESUS WILLIAM			
12				
13				

Anexo 15 Procedimiento mantenimiento autónomo – Amarradora

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - AMARRADORA

ÁREA:	PRODUCCIÓN	ELABORADO POR:	N/A
SECCIÓN:	IMPRESA 07	APROBADO POR:	N/A
MAQUINA:	AMARRADORA ARCO	FECHA:	-

1.- TIPO DE TEMA:

DESCRIPCIÓN COMPONENTES DE LA	<input type="checkbox"/>	OPERACIÓN CORRECTA DE LA MÁQUINA	<input type="checkbox"/>	ACCIÓN AUTÓNOMA	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------------------	--------------------------	----------------------------------	--------------------------	-----------------	-------------------------------------

2.- HERRAMIENTAS Y/O INSUMOS:

- Trapo industrial - Lubricante interfion - Aire comprimido	3.- EPPS: - Cofia - Zapato industrial - Audífonos - Guantes
---	---

4.- DESARROLLO:

El sistema Arco de la amarradora/enzunchadora cuenta con un panel digital de regulación de T° y posición la cual ayuda a programar y detectar alguna variación en la presión de quemado del lado A y B del zuncho.

1.- Seleccionar icono de sensor de y posición.



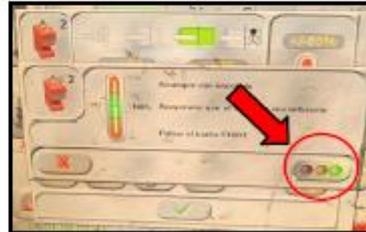
2.- Encender sensor.



3.- Determinar posición +/-20 en ambos ejes.



4.- Presionar siguiente icono para grabar aprendizaje.



5.- Realizar prueba de sujeción y uso de aire comprimido.



5.- Realizar verificación de amarre.



Una vez realizado la acción, verificar sujeción de zuncho.

Anexo 16 Procedimiento mantenimiento autónomo – slotter

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - SLOTTER			
AREA:	PRODUCCIÓN	ELABORADO POR:	N/A
SECCION:	IMPRESA 07	APROBADO POR:	N/A
MAQUINA:	Módulo Slotter	FECHA:	-
1.-TIPO DE TEMA:			
Descripción componentes de la	<input type="checkbox"/>	Operación correcta de la máquina	<input type="checkbox"/>
		Acción autónoma	<input checked="" type="checkbox"/>
2.-HERRAMIENTAS Y/O INSUMOS:		3.- EPPS:	
-Trapo industrial -Aire comprimido -Lubricante interflon		-Coña -Zapato industrial -Auditivos -Guantes / Lentes de protección	
4.-DESARROLLO:			
Limpieza cada cambio de pedido // Cada 10.000 golpes en corridas largas			
1.- Eliminar presencia de polvillo y restos de refiles en los ejes, masas ranuradoras, guías y usillos utilizando el aire comprimido.			
			
Limpieza al finalizar el turno			
2. Al finalizar el turno, el operario limpiará y lubricará los ejes, husillos, masas y guías, con el lubricante Interflon, de forma homogénea y luego realizará el movimiento de la masa a lo largo de los ejes.			
			
			

Anexo 17 Cronograma de la implementación y actividades

CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACION SW.TPM (MA - ME)		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8															
Actividades		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
ETAPA 1	CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACION SW																																												
	Paso1: Estudio de procesos internos	█																																											
	Paso 2: Define objetivos					█																																							
	Paso 3: Mapeo de actividades					█																																							
	Paso 4: Involucrar al equipo de trabajo					█																																							
	Paso 5: Comunica las nuevas normativas y procesos de tu empresa					█																																							
	Paso 5: Documenta y revisa tus procesos					█																																							
	CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACION MEJORA ENFOCADA																																												
	Paso1: Seleccionar tema de mejora									█																																			
	Paso 2: Comprender la situación – Investigar y eliminar									█																																			
Paso 3: Análisis de causas									█																																				
Paso 4: Planteamiento de mejoras									█																																				
Paso 5: Implementación de mejoras normativas y procesos de tu empresa									█				█				█				█				█				█																
Paso 6: Revisa tus procesos y documenta													█				█				█				█				█																
CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACION MA																																													
Introducción y preparación del estudio																																													
Presentación del modelo y propuesta																																													
Formación del equipo TPM																																													
Educación y capacitación																																													
Recolección de datos inicial																																													
Identificación de indicadores actuales																																													
Proponer nuevos indicadores para registrar la situación actual																																													
Organización del ambiente de trabajo																																													
Establecer políticas y objetivos TPM																																													
Apertura del programa																																													
Planificar actividades y acciones																																													
Implementación del modelo sintético del pilar Jishu Hozen (JH)																																													
Paso1: Lim pieza inicial																		█				█				█				█															
Paso2: Eliminación de fuentes contaminantes y lugares de difícil acceso																		█				█				█				█															
Paso3: Elaboración de estándares de limpieza e inspección																		█				█				█				█															
Paso4: Pruebas y capacitación de estándares de limpieza e inspección																		█				█				█				█															
Realizar ajustes necesarios																						█				█				█				█											
Paso5: Ejecutar inspección autónoma																										█				█				█				█							
Resultados esperados																																													
Evaluar resultados																																													

Anexo 18 Resumen método toma de tiempos

Para la toma de tiempos se consideró usar el método de lectura de tiempo continuo porque tenemos elementos de ciclos cortos para la toma de tiempos, se consideró utilizar la tabla propuesta por General Electric Company como guía aproximada para saber a cuantos ciclos debemos tomar tiempo. (Niebel & Freivalds, 2014) (p. 319).

Tabla 1

Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (min)	Número recomendado de ciclos
0.1	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1	30
2	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.0 más	3

Nota. Información tomada de Time Study Manual de los Erie Works en General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario (Niebel & Freivalds, 2014).

Por otro lado, para tener un dato más exacto recurrimos a calcular el "n" estadísticamente, se realizaron 25 observaciones con anterioridad a un elemento de cada proceso con un promedio de 0.33 para el proceso de limpieza de goma y un 0.75 para la limpieza de clise con una desviación estándar de 0.09 y 0.16 correspondientemente por lo que se considera una muestra pequeña (<30) en ese caso, se utilizó usó la distribución t de la tabla A3-3 y la ecuación del intervalo de confianza:

$$kx = \tau s / \sqrt{n}$$

$$n = \left(\frac{\tau s}{kx} \right)^2$$

Se utiliza una *k* aceptable deseada de 5% y un alfa $\alpha = 0.05$ para 24 grados de libertad el cual genera un $t=2.064$ según valor tomado de la tabla A3-3. Al resolver la ecuación se obtiene para el proceso de limpieza de goma $166.13 \approx 167$ observaciones y para la limpieza de clise un valor de $76.51 \approx 77$ observaciones.

Nota. De "Ingeniería industrial de Niebel : métodos, estándares y diseño del trabajo", por Niebel y Freivalds, 2014.

Anexo 19

