

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS
MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA
REINPLAST E.I.R.L., LIMA - 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Fredy Mario Cisneros Coronado
Creymer Raul Chavez Juarez

Asesor:

MSc Marco Antonio Díaz Díaz
<https://orcid.org/0000-0003-4624-4564>

Lima - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ
	Nombre y Apellidos

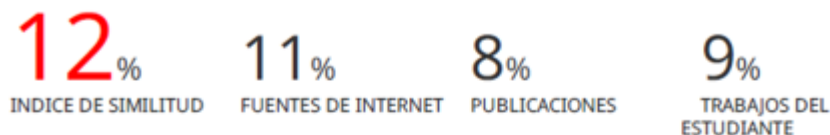
Jurado 2	ELMER AGUILAR BRIONES
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	MARCO ANTONIO DIAZ DIAZ
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Final Cisneros-Chavez Turniting 10-06.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	laccei.org Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
6	María Soledad Guerrero, Miguel Ángel Maldonado, Juan Antonio Moriana, Francisco J. Alós. "Auditory-Visual stimuli: Effects on derived relations with compound stimuli", Behavioral Interventions, 2020 Publicación	<1%
7	María Gabriela Mago Ramos, Sebastián Rocha Pachón. "Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los	<1%

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación está dedicado a mi esposa, mis padres y mis hermanas quienes han sido y siguen siendo la parte más importante de este largo y duro camino académico.

Creymer Raúl Chávez Juárez

Dedico la presente investigación a mis padres, a mis hijos y a mi esposa que han sabido apoyarme en todo momento y en todo mi proceso universitario.

Fredy Mario Cisneros Coronado

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios y mi familia quienes a pesar de todo estuvieron a mi lado, a mi esposa quien supo motivarme con grandes consejos y ánimos brindándome su apoyo, a mis hermanas que, a pesar de tenerlas distanciadas, son un aporte para mi futuro y un apoyo muy incondicional A mis docentes y en especial a nuestro asesor por transmitirme sus conocimientos y tener mucha dedicación en este proceso académico.

A la Universidad Privada del Norte por brindarme enseñanza de calidad.

Creymer Raúl Chávez Juárez

El agradecimiento eterno a Dios por brindarme salud y vida, a mi familia que son mi soporte, el motivo y la razón para que siempre quiera ser mejor.

A mis profesores y en especial a nuestro asesor por sus enseñanzas.

Fredy Mario Cisneros Coronado

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ECUACIÓN O FORMULAS	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II. METODOLOGIA	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	45
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	77
REFERENCIAS	85
ANEXOS	88

Índice de Figuras

Figura 1 Exportaciones de productos plásticos 2018 – 2019	14
Figura 2 Implementación del mantenimiento preventivo.....	26
Figura 3 Porcentaje de mantenimiento planificado	28
Figura 4 Diagrama de un diseño preexperimental.....	33
Figura 5 Grado de oportunidad de mejora según los criterios evaluados en Reinplast	47
Figura 6 Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast antes de la implementación.....	49
Figura 7 Disponibilidad promedio anual de las tres máquinas de la empresa Reinplast Pre-test.....	51
Figura 8 Esquema del diseño y planificación del mantenimiento preventivo en Reinplast.....	51
Figura 9 Cronograma de implementación del plan de mantenimiento preventivo en Reinplast.....	53
Figura 10 Programa de capacitación	54
Figura 11 Ficha técnica Peletizadora.....	55
Figura 12 Ficha técnica Extrusora.....	56
Figura 13 Ficha técnica Selladora	56
Figura 14 Procedimiento de mantenimiento preventivo.....	58
Figura 15 Etapas de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo	59

Figura 16 Plan anual de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción de la empresa Reinplast	60
Figura 17 Solicitud de mantenimiento.....	61
Figura 18 Orden de mantenimiento de las máquinas de Reinplast.....	63
Figura 19 Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast después de la implementación	65
Figura 20 MTTR y MTBF anual antes de la implementación.	66
Figura 21 MTTR y MTBF anual después de la implementación.	67
Figura 22 Disponibilidad mensual de las maquinas antes de la implementación.	69
Figura 23 Disponibilidad mensual de las máquinas después de la implementación	69
Figura 24 Comparativo de la disponibilidad pre y post test	70

Índice de Tablas

Tabla 1 Paradas de los equipos por reparación.....	16
Tabla 2 Costo de reparaciones anual, detallado por mes	18
Tabla 3 Pérdida monetaria por reparación e indisponibilidad de máquinas.	40
Tabla 4 Costos de Implementación de mantenimiento Preventivo.....	41
Tabla 5 Flujo de Caja Económico.....	42
Tabla 6 Análisis Costo / Beneficio	42
Tabla 7 Implementación Costo / Beneficio	42
Tabla 8 Criterios para la gestión del mantenimiento en la empresa Reinplast EIRL	46
Tabla 9 Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast antes de la implementación.....	48
Tabla 10 Disponibilidad mensual de las 3 máquinas analizadas	50
Tabla 11 Disponibilidad mensual de las 3 máquinas analizadas después de la implementación.....	68
Tabla 12 Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk.....	71
Tabla 13 Estadística de muestras emparejadas	71
Tabla 14 Prueba de muestras emparejadas	72
Tabla 15 Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk para la hipótesis 1.....	73
Tabla 16 Estadísticas de muestras emparejadas hipótesis 1	73
Tabla 17 Prueba de muestras emparejadas para la hipótesis 1	74
Tabla 18 Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk para la hipótesis 2.....	75
Tabla 19 Estadísticas de muestras emparejadas para la hipótesis 2	75
Tabla 20 Prueba de muestras emparejadas para la hipótesis 2	76
Tabla 21 Horas hombre necesarias para cubrir nuevas posiciones.....	81

Índice de Ecuación o Formulas

Fórmula 1 Costo acumulado PROM. total, de mantenimiento	27
Fórmula 2 Porcentaje de mantenimiento planificado	28
Fórmula 3 Disponibilidad total.....	29
Fórmula 4 Tiempo de mantenimiento entre fallas.....	30
Fórmula 5 Tiempo medio de reparación	30
Fórmula 6 Mantenibilidad	31
Fórmula 7 Costo oportunidad capital	35
Fórmula 8 Valor actual neto	36
Fórmula 9 Tasa interna de rentabilidad	36
Fórmula 10 Análisis Beneficio – costo.	37

RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo de diseño preexperimental con pre y post test que se aplicó a una muestra de tres máquinas una extrusora, una peletizadora y una selladora.

Los datos se recogieron por medio de las técnicas de observación directa y el análisis documental. Los resultados indican que con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se ha logrado incrementar la disponibilidad de 74.75% a 92.83% de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, lo cual representa un incremento del 18%; por otro lado, el tiempo de mantenibilidad se reduce en 31.48 horas y la confiabilidad mejora en 139.80 horas.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento preventivo, disponibilidad, implementación, producción, fabricación.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine to what extent the implementation of the preventive maintenance plan improves the availability of the production machines of the company Reinplast EIRL, Lima – 2022. The research was developed under a quantitative approach, with an explanatory scope of pre-experimental design with pre and post test that was applied to a sample of three machines, an extruder, a pellet mill, and a sealer.

Data were collected using direct observation techniques and documentary analysis. The results indicate that with the implementation of a preventive maintenance plan, it has been possible to increase the availability of the production machines of the company Reinplast from 74.75% to 92.83%, which represents an increase of 18%; On the other hand, the maintainability time is reduced by 31.48 hours and the reliability is improved by 139.80 hours.

KEYWORDS: Preventive maintenance, availability, implementation, production, manufacturing.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

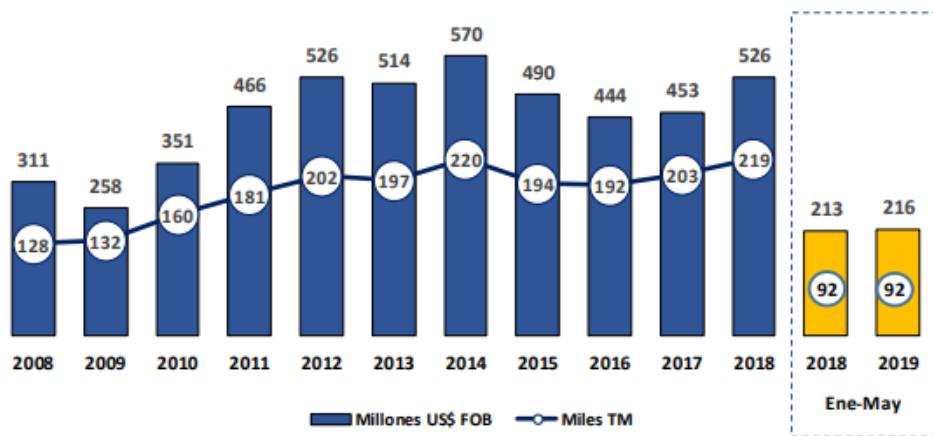
1.1. Realidad problemática

En las últimas cuatro décadas la producción y consumo de plásticos ha tenido un gran crecimiento en América Latina y el Caribe, en la actualidad el consumo per cápita se encuentra por encima de los 30kg/habitante por año. México y Chile son los países con más alto índice de consumo con más 50kg/habitante/año seguidos por Argentina y Brasil, con valores cercanos a los 40 kg/habitante/año; por lo tanto, hay un gran desarrollo de la industria transformadora de plástico, sin embargo, casi la totalidad se centra en 5 países asociado a la existencia de la industria petrolera: Brasil, México, Argentina, Colombia y Venezuela (Bianco, Isso, & Moskat, 2021).

En el contexto peruano las empresas formales en el rubro, la transformación del plástico incrementó en un 31.5% desde el 2015 al 2020 donde en su mayoría son microempresas (Carhuavilca, 2021). Por otro lado, la producción de productos de plástico en el Perú se destina en un 22% para el sector construcción y otra importante cantidad es demandada por el sector comercio con una participación del 13%, en tal sentido, la industria de fabricación de productos de plástico entre el 2013 al 2018 se expandió en 11.2% con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.2% así como también, la demanda externa creció en 16.0% alcanzando US\$ 526 millones, en el 2019 las exportaciones de productos de plásticos manufacturados y semimanufacturados crecieron 3,6% en este mismo año, las ventas al exterior sumaron 68 749 toneladas, volumen que significó un crecimiento interanual de 5,6% (Sociedad Nacional de Industria , 2019).

Figura 1

(MarcadorDePosición2) Exportaciones de productos plásticos 2018 – 2019



Fuente: Sociedad Nacional de Industria, 2019

REINPLAST EIRL, es una empresa peruana fundada en el 2020 en la ciudad de Lima Carabayllo, esta es especializada en la fabricación de productos de plástico; en dicho proceso de producción intervienen diferentes máquinas entre ellas destacan las extrusoras, peletizadoras y las selladoras, en este último año estas máquinas han presentado paradas imprevistas debido a fallas en sus componentes lo cual ha generado incumplimiento de la producción, pérdidas por paradas de planta y elevados costos de mantenimiento correctivo en repuestos urgentes, mano de obra y otros relacionados a la corrección de averías de las máquinas, debido a que la compañía no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para sus equipos. Todas estas afirmaciones de la problemática de la empresa fueron obtenidas en una entrevista con el jefe de Operaciones, el Sr. Juan José León Manrique con documento de identidad 41867230.

1.2. Justificación

Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico el presente estudio se justifica por utilizar los conocimientos y herramientas de la ingeniería en este caso el mantenimiento preventivo para solucionar un problema bajo sus criterios y procedimientos siguiendo un orden estructurado y planificado, asimismo aporta conocimientos específicos acerca de la implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción, con los que se podrá discutir, generar debate o reforzar con otros estudios desarrollados en escenarios similares, (Rojas, 2019).

Justificación Práctica

La importancia práctica de la presente investigación radica en que gracias a la implantación del plan de mantenimiento preventivo, se logra solucionar un problema real de una empresa específica, como es el caso de la baja disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, ya que si los índices de disponibilidad de estas no son óptimos no se logra cumplir con el programa de producción y por ende se genera demoras en la entrega de pedidos conllevando a la pérdida de dinero y fiabilidad de los clientes, lo cual se logró mejorar con la aplicación de plan de mantenimiento preventivo. En la figura 2, se muestra el total de paradas por mes del último año, siendo los meses más críticos: Agosto para la extrusora, con 9.7 días de parada; octubre para la peletizadora con 6.4 días y enero para la selladora con 13.8 días.

Tabla 1
Paradas de los equipos por reparación

EQUIPOS	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC	
	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P	D/P	C/P
EXTRUSORA	1.3	3	0.3	13	0.2	11	1.1	12	1.4	4	1.2	25	0.2	11	9.7	4	1.5	34	1.2	23	0.2	11	0.2	12
PELETIZADORA	2.3	16	5.0	7	1.9	6	1.4	16	2.3	16	1.8	8	1.3	8	0.2	16	0.8	10	6.4	3	0.9	6	0.2	6
SELLADORA	13.8	2	0.1	12	8.8	1	0.2	7	0.8	5	5.5	12	0.3	12	0.9	5	0.8	3	1.7	10	0.3	8	0.3	7

Fuente: *Propia*
Leyenda: **D/P** – Días de parada de máquina por reparación.

C/P – Cantidad de paradas por mes.

Justificación Económica

La implementación del plan de mantenimiento preventivo permitirá a la empresa Reinplast E.I.R.L., minimizar el coste del mantenimiento por paradas de emergencia, paradas de la producción sin previo aviso, y lo más importante mejorar la disponibilidad de las máquinas y adelantarse a los contratiempos que nos puedan ocasionar los fallos imprevistos.

Producto de todas las paradas imprevistas se hizo un gasto total de S/48,980 soles al año en reparaciones, solo interviniendo los problemas mayores de los equipos, que significaban tener las máquinas paradas de uno a más días.

Las paradas que eran menores a un día eran solucionadas por los técnicos de mantenimiento, ya que no requerían de maestranza o cambio de piezas mayores.

En la figura 3 se muestra el cuadro con el gasto mensual de las maquinas que tuvieron que ser intervenidas por mano de obra tercera y que la parada fue igual o mayor a un día.

Tabla 2
Costo de reparaciones anual, detallado por mes

EQUIPOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	GASTO TOTAL
EXTRUSORA	S/ 2,200				S/ 2,185	S/ 1,990		S/ 7,580	S/ 1,845	S/ 1,380	S/ 0	S/ 0	S/ 17,180
PELETIZADORA	S/ 2,500	S/ 4,820	S/ 1,950	S/ 1,700	S/ 2,050	S/ 1,850	S/ 1,560			S/ 2,950	S/ 0	S/ 0	S/ 19,380
SELLADORA	S/ 5,000		S/ 3,450			S/ 2,820				S/ 1,150	S/ 0	S/ 0	S/ 12,420
													S/ 48,980

Fuente: Propia

1.3. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Mejía & Ibaran, (2021) En su estudio cuyo objetivo fue elaborar un plan mantenimiento preventivo que permita mejorar la disponibilidad y confiabilidad en las máquinas de un proceso productivo. Mediante el análisis de criticidad AMEF se identificó que las máquinas tienen un 81.47 % de disponibilidad y 97.84 % de confiabilidad. Con el fin de mejorar dichos indicadores se elaboró un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM que se basa en las fallas potenciales priorizándose en las maquinarias con el mayor grado de criticidad estableciéndose los tiempos para realización tareas preventivas. Los resultados indican que el plan de mantenimiento preventivo aplicado, logrando incrementar en promedio la disponibilidad en 93.83 % y la confiabilidad en 98.13 % resultados dependientes del MTBF 190.70 y MTTR 12.90 respectivamente para el promedio de todas las máquinas.

Vizcaíno et al. (2019) Podemos llevar a cabo un dato muy exhaustivo y riguroso hacia la comisión de mantenimiento a unos centros hospitalarios, los cuales fueron dentro del territorio de Ecuador. Para poder realizar dicha valoración, se emplearon metodologías complejas, que estuvieron compuestas por cinco fases que estuvieron interrelacionadas: el criterio de la evaluación, la ponderación de estos criterios, elaboración de instrumentos evaluadores, tener una validación de la herramienta en mención que serían empleadas en 4 hospitales, y reconocer las características que pudieron visualizar un insuficiente rendimiento. Como resultado de esta investigación, se llegó a la conclusión de que la dirección de los mantenimientos en los centros hospitalarios que fueron puestos a evaluación obtuvo un resultado de 55.5 de puntuación en promedio, sobre el cálculo total que fue de 100, esto tendría una evidencia que se tiene gran margen para poder ser mejorada.

Carrera (2022) Realizó su estudio con el fin de optimizar el plan de mantenimiento preventivo. El tipo de investigación es aplicada – experimental, con la metodología del RCM mantenimiento centrado en la confiabilidad y el análisis de modos de falla, efecto y criticidad (AMFEC). Por ende, se definieron las funciones principales y secundarias, modos de falla, efectos de la falla, causas potenciales y criticidad. En la evaluación de las variables se determinó que es posible mejorar la disponibilidad hasta en un 97% evitando así paradas no programadas y costos mayores de mantenimiento. Por tanto, se concluye que la disponibilidad mejoró en 13% después de reorganizar el plan de mantenimiento preventivo.

Cabrera y Tapia (2019) realizaron el estudio en la central Saymirin de la empresa Elecaastro, cuyo objetivo fueron diseñar una propuesta de implementación del RCM, donde se realizaron análisis de criticidad de los cuales se obtiene un plan de mantenimiento de distintas actividades, en donde se generaron una disponibilidad alta de 96.5% de los equipos intervenidos para el estudio.

Quiroz y Vega (2022) hablan en su artículo de la revisión de la gestión de producción bajo el enfoque de mantenimiento preventivo para aumentar la eficiencia en la industria del plástico en empresa pequeñas, sobre el estudio aplicado donde realizaron instrumentos de recolección de datos por medio de los siguientes 5s, mantenimiento productivo total, lograron obtener un aumento de disponibilidad de 13% en los equipos de producción, usando los métodos antes mencionados.

Antecedentes Nacionales

Suarez (2019) En su estudio cuyo objetivo general fue determinar de qué manera se puede aplicar un mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la empresa Petramás SAC. Investigación de metodología cuantitativa, cuasi experimental aplicada. Los datos recolectados fueron procesados y analizados usando el software SPSS versión 22. Los datos analizados y procesados denotan valores normales y se concluye que las hipótesis alternas son verdaderas, con las que se procede a discutir en función de los resultados, antecedentes y sostenido siempre con la teoría; el estudio permitió mejorar la disponibilidad de equipos en el proceso de tratamiento de residuos sólidos en un 6.3% con respecto a la situación inicial.

Osorio (2020) realizó un estudio en la empresa minera Lincuna S. A. C. con la finalidad de poder optimizar, en las perforadoras Jumbo Troidon 55XP, la disponibilidad. El estudio se realizó con el fin de obtener datos con una orientación cuantitativa y el diseño de tipo preexperimental. La muestra que fue utilizada fue exclusivamente para el equipo antes mencionado. Los resultados obtenidos dieron a conocer una mejoría muy significativa de la disponibilidad, que pasó un 61%, cuyo registro fue en el 2018, a un valor de 89 % en el año 2020. De este modo, se pudo aumentar la eficiencia operativa alcanzando el 74% y la operación promedio subió a un 83% cuando en el año 2018 fue de 33%. Finalmente, se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo propuesto favoreció en cuanto a eficiencia y productividad a la empresa Lincuna S.A.

Leiva (2022) En su trabajo de investigación diseñó un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las máquinas de producción. Cuyo estudio fue de metodología aplicada con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 12 unidades, en el diagnóstico se determinó que estas máquinas tienen un 61.4% de

mantenimiento correctivo y 37.6% de mantenimiento preventivo por lo tanto la disponibilidad promedio es de 81%. Con el fin de mejorar este indicador se diseñó un nuevo plan de mantenimiento preventivo estableciendo nuevas frecuencias para cada actividad, fluctuando entre 50 horas hasta las 5000 horas por unidad. Se detalló los tipos de actividades como inspección, reparación o lubricación. Los resultados indican que el nuevo plan de mantenimiento logró influir positivamente en la disponibilidad al incrementar hasta 91.0% lo cual representa una mejora del 10%.

En Perú, la mayoría de empresas implementan el PMP con la finalidad de generar una garantía y un óptimo desempeño a los equipos y máquinas. Esto para establecer un monitoreo y mejor control, como lo son los Indicadores claves de rendimiento (KPIs), Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), Tiempo Medio de Reparaciones (MTTR). Sin embargo, las empresas agroindustriales en el departamento de Piura, no utilizan el mantenimiento preventivo en sus equipos, ya que les generan un costo elevado y las herramientas usadas son inadecuadas. Sin embargo, es de suma importancia aplicar un mantenimiento preventivo adecuado y de esta manera disminuir las posibles paradas de planta imprevistas que detienen la línea de producción. (Ruiz,2019).

El objetivo del trabajo de investigación en lograr como la implementación de PMP aumenta la disponibilidad de equipos médicos en el área de UCI del Hospital de Huaraz en el año 2018, el cual fue aplicada y tipo explicativo, se verificaron los estados de los equipos y con ello se establecieron estrategias para poder definir presupuestos y beneficios disponibles se concluye que la disponibilidad de los equipos aumento en un 94%. (Alba y Chinchay,2019).

Antecedentes Locales

Vigo, J. (2020) El objetivo del presente trabajo de investigación es elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa metalmecánica. El tipo de investigación es aplicativo y de enfoque cuantitativo. En el desarrollo del presente trabajo, se evaluó la situación actual de las seis máquinas principales que forman parte del proceso de elaboración de piezas, aplicando técnicas de recolección de datos, entre ellos se realizaron encuestas a los operadores de las máquinas, como también al supervisor encargado de producción. Para resolver el problema, se realizó las consultas de tesis y libros que están relacionados con el tema, de esta manera se pudo verificar que existen 3 metodologías para realizar un plan de mantenimiento, se eligió la más adecuada, para poder plantearla a dicha empresa, y así se empiece con un programa de mantenimiento accesible y entendible para todos. Se obtuvieron resultados favorables, con un incremento de la disponibilidad en un 8%.

1.4 Formulación del Problema

Problema general

¿De qué manera la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022?

Problema específico

- ¿Cómo realizar el diagnóstico de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L.?
- ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad de las máquinas de producción en la empresa Reinplast E.I.R.L.?
- ¿Cómo estimar cual es el beneficio económico que se obtiene de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast E.I.R.L.?

1.5 Objetivos

Objetivo General

Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L., Lima – 2022.
- Realizar la implementación del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.
- Determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L., Lima – 2022.
- Estimar el posible beneficio económico que se obtiene de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast E.I.R.L., Lima – 2022.

1.6 Hipótesis General

La implementación del plan de mantenimiento preventivo impacta significativamente la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

Hipótesis Específicas

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce el tiempo de mantenibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de las máquinas de la empresa Reinplast E.I.R.L.

1.7 Marco teórico

Mantenimiento preventivo

(Arango, Rosero, & Montoya, 2020) define al mantenimiento preventivo como un programa de conjunto de actividades preestablecidas para generar un rol de actividades en donde se establecen trabajos de mantenimiento para cada una de las maquinas o equipos que necesiten limpieza, lubricación, cambio de alguna pieza o inspección.

Trata de mantener una línea de labores planificadas, que se realizan en tiempo determinados, el cual son creados para dar garantía a los activos de una empresa y estos puedan efectuar las solicitudes requeridas por el área operacional, para generar una mejora en la eficiencia de los lineamientos del procedimiento y para poder anticipar los errores de las piezas, componentes de las máquinas y/o equipos (Pérez, 2021).

Objetivos del Mantenimiento preventivo

Disponibilidad: Es la posibilidad el cual una maquina y/o equipo se encuentre apta para funcionar y/o trabajar cuando se le requiera (Pérez, 2021).

Confiabilidad: Se trata de la capacidad de la máquina para trabajar de forma ininterrumpida según las necesidades del usuario (Pérez, 2021).

Incrementar: Maximizar la confiabilidad y disponibilidad de equipos o maquinas mediante un mantenimiento planificado (Pérez, 2021).

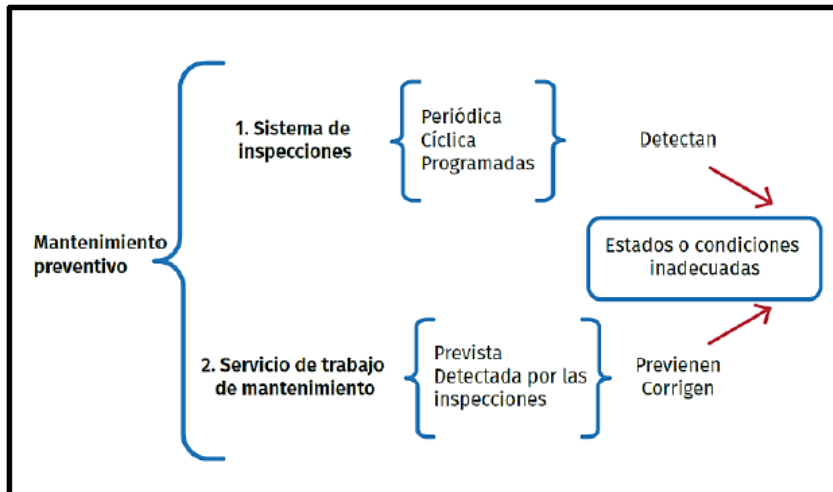
Categorías del Mantenimiento preventivo

- Cubrimiento del mantenimiento preventivo
- Ejecución del mantenimiento preventivo

- Trabajos derivados de repeticiones frecuentes.

Figura 2

Implementación del mantenimiento preventivo.



Fuente: Pérez, 2021

Fases para la ejecución de un mantenimiento preventivo

- El planeamiento
- La programación
- La ejecución
- El control

Planificación del mantenimiento preventivo

Según Pérez (2021), se deben de tener en cuenta los siguientes pasos:

Inventario técnico: generar un registro minucioso de las maquinas, equipos, herramientas y componentes relevantes con la finalidad de crear un Kardex conteniendo información importante y detallada. Es recomendable ir por un método sencillo de toma de datos y un registro de mantenimiento actualizado. De igual manera, es de vital importancia escoger una codificación para así poder realizar con facilidad la identificación y la gestión de dichos componentes (Pérez, 2021).

Preferencias de uso y/o manejo: Establecer que tipos de equipos o maquinas no son productivas y productivas. A estas se deben de generar una clasificación como no críticas, subcríticas y criticas (Pérez, 2021).

Control de costos: Un análisis de costo es la forma más esencial de poder evaluar los resultados generados en el MP, de esta manera se podrá identificar cuáles son las áreas que requieran una mejora a la prioridad. El análisis de costeo total medio acumulado del MP (CTMprom) es fundamental en el resultado del mantenimiento preventivo, y den realizarse mediante la estimación de los costos acumulados en el lapso de un tiempo T. Este cálculo es importante para obtener la eficacia y eficiencia de los mantenimientos que presenta una empresa, ya que nos permitirá conocer el impacto de las fallas del mantenimiento en la funcionalidad de las máquinas y equipos. Finalmente, el CTMprom llega a ser la herramienta importante para la toma de decisiones sobre una gestión de mantenimiento y la disponibilidad de recursos.

Fórmula 1

Costo acumulado PROM. total, de mantenimiento

$$CTM_{prom} = \frac{CMP + CMC}{T}$$

Fuente: Pérez, 2021

Donde:

CTMprom = coste acumulado promedio total de mantenimiento (soles/mes)

CMP = costo de mantenimiento preventivo (soles)

CMC = costo asociado al mantenimiento correctivo (soles),

T = tiempo del analisis, expresado en dias, semanas, meses, trimestres o años.

El objetivo de este análisis es lograr que la empresa, dentro de su industria, tenga una operación eficiente y efectiva.

Así mismo, cada costo de mantenimiento está designado de la siguiente manera:

- Horas no productivas
- Horas – hombre
- Servicios de terceros y materiales

El porcentaje de mantenimiento planificado realizado durante el periodo de tiempo (PMP), el cual es calculado con la siguiente formula:

Fórmula 2

Porcentaje de mantenimiento planificado

$$PMP = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificadas}}{\text{Horas de mantenimiento totales}} \times 100$$

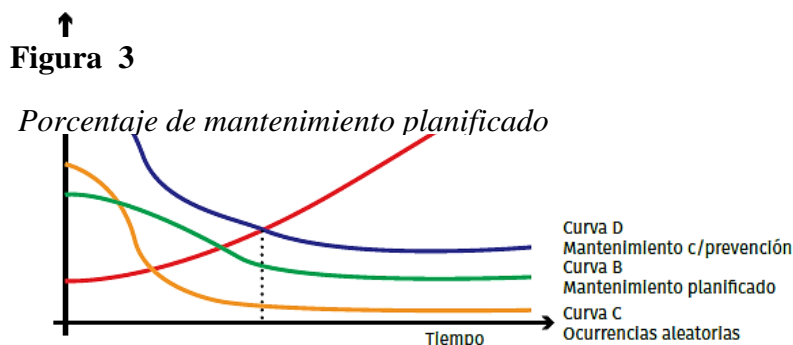
Fuente: Pérez, 2021

Donde:

PMP = porcentaje de mantenimiento planificado (%)

HMP = horas de mantenimiento planitifadas (T)

HMT = Horas de mantenimiento totales (T)



Fuente: Pérez, 2021

Disponibilidad

Utilizando los parámetros temporales anteriores, podemos determinar el indicador más importante, la disponibilidad total, relacionándolos de la siguiente manera (Boero,2020).

Fórmula 3

Disponibilidad total

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Fuente: Boero, 2020

Donde:

D = Disponibilidad Total (%)

MTBF = Tiempo medio entre fallas (Hrs)

MTTR = Tiempo medio hasta la reparación (Hrs)

Indicadores de mantenimiento: A menudo permiten realizar cálculos mediante programas informáticos o de forma manual; también permiten tomar decisiones importantes y, por lo tanto, requieren el conocimiento de la situación de partida, comprobaciones cuantitativas e informes. El primer indicador es el llamado Tiempo de Mantenimiento entre Fallas (MTBF, por sus siglas en inglés), es decir, el tiempo promedio que una planta está parada debido a perturbaciones o fallas operativas, es decir, la continuidad con la que sucede cada parada (Boero, 2020)

Fórmula 4

Tiempo de mantenimiento entre fallas

$$MTBF = \frac{\textit{T tiempo total disponible} - \textit{T tiempo total de inactividad}}{\textit{N}^\circ \textit{ de paradas}}$$

Fuente: Boero, 2020

Dónde:

MTBF = Tiempo de Mantenimiento Entre Fallos (Hrs)

TTD = Tiempo total disponible (Hrs)

TTI = Tiempo total de inactividad (Hrs)

N° = Número de paradas (N°)

El segundo indicador de este tipo es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), es decir, el tiempo que la máquina está parada hasta que se repara la avería o el fallo (Boero, 2020).

Fórmula 5

Tiempo medio de reparación

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total de reparaciones correctivas}}{\textit{N}^\circ \textit{ de reparación correctivas}}$$

Fuente: Boero,2020

MTTR = Tiempo Medio Hasta la Reparación (Hrs)

TTT_{correctivas} = Tiempo total de reparaciones correctivas (Hrs)

N° = Número de reparaciones correctivas (N°)

Otro indicador es la mantenibilidad, que se define como la propiedad del activo que cree un gasto de mantenimiento durante el funcionamiento normal o de retirada en caso de fallo del sistema. (Boero,2020).

La mantenibilidad puede ser calculada por medio de la expresión:

Fórmula 6

Mantenibilidad

$$M_t = \left(1 - e^{\frac{-\mu * TTP}{100}}\right) \times 100\%$$

Fuente: Boero, 2020

Dónde:

M_t : *Mantenibilidad (%)*

TTP = *Tiempo total de estudio (Hrs)*

μ = *Tasa de reapraciones (Reparaciones/Hrs), se representa de la siguiente manera:*

$$\mu = 1/MTTR$$

CAPÍTULO II. METODOLOGIA

2.1 Tipo de investigación

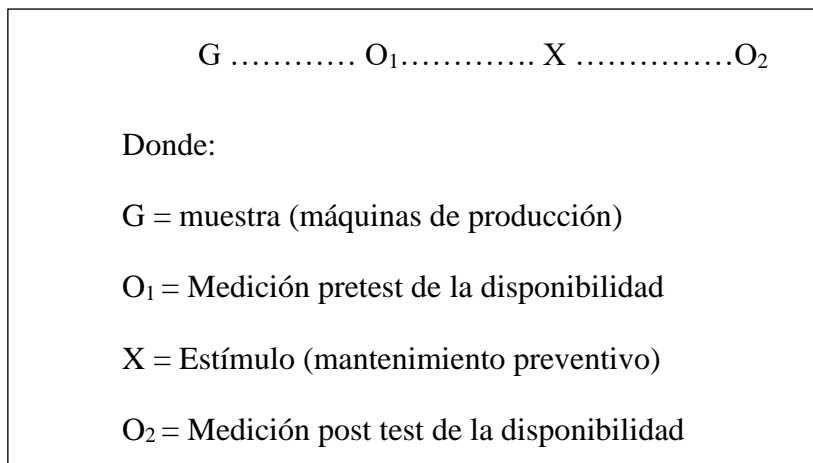
De acuerdo al enfoque este es un estudio cuantitativo, desde esta perspectiva (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) indica que el enfoque cuantitativo es el que utiliza la recolección de datos métricos para probar hipótesis mediante técnicas estadísticas con el propósito de establecer pautas de comportamiento de las variables de estudio, en este sentido este estudio recolecta los datos de las variables de forma numérica tanto de pre y post test de la disponibilidad para probar estadísticamente la hipótesis planteada.

Por su alcance este estudio es de tipo explicativo ya que busca responder por las causas de la implementación del mantenimiento preventivo que ayuda a mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, asimismo busca brindar el método más adecuado para llevar a cabo la aplicación. En este sentido los estudios explicativos tienen como objetivo principal establecer las causas de los sucesos o variables que se estén estudiando (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Por su diseño esta investigación es de tipo preexperimental con pre y post test, de acuerdo con (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) los estudios de este diseño tienen un grado mínimo de control donde se aplica una prueba previa y después de ejecutar el estímulo. Por lo tanto, para este estudio se medirá la disponibilidad antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, así como también posterior con el fin de conocer en cuanto a mejorado la dicha variable dependiente.

Figura 4

Diagrama de un diseño preexperimental



Fuente: *Hernández, Fernández, & Baptista, 2014*

2.2 Población y muestra

Población: La población se define como el conjunto de casos que coinciden con una serie de características de los cuales el investigador tiene interés en adquirir datos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Para el caso de este estudio la población está considerada por las 10 máquinas, del área de producción de la empresa Reinplast EIRL, estas máquinas son 4 extrusoras, 3 peletizadoras, 3 selladoras.

Muestra: La muestra es definida como un subgrupo de la población sobre la cual se va a recolectar información, esta tiene que estar definida y delimitada previamente debe ser precisa y representativa de la población de interés (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Para el presente estudio la muestra está conformada por 3 máquinas de producción: una extrusora, una peletizadora y una selladora, estas fueron elegidas por un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que por la demanda que maneja la empresa, trabajar con una máquina para cada proceso es suficiente para cumplir con las entregas hacia el cliente final.

2.3 Materiales, instrumentos y métodos

En el presente trabajo de investigación se utilizará los siguientes métodos para alcanzar los objetivos planteados.

2.3.1 Método para realizar el diagnóstico de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL.

Observación directa

Tiene la finalidad de observar el comportamiento de los equipos que forman parte de la muestra y recoger los datos a través de su propia observación, (Tamayo,2007).

El instrumento en el que se registra la información es la ficha de observación (registro de fallas), la cual fue diseñada por el investigador y lo podemos observar en el anexo 3.

2.3.2 Método para determinar la influencia de un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL.

Análisis documental

Según Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018) la técnica de análisis documental se utiliza para conocer el historial de fallas de las máquinas que forman parte de la muestra, para esta técnica se usa como instrumento el registro de indicadores, este instrumento se caracteriza por estar compuesto por los elementos que permitirán medir la disponibilidad y los indicadores de las 3 máquinas muestra de la empresa Reinplast. Del mismo modo este instrumento fue diseñado por el investigador y los podemos observar en los anexos 4 y 5.

2.3.3 Método para estimar el posible beneficio económico que se obtiene de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast EIRL.

Costo oportunidad capital (COK)

Según Sapag (2011), el costo de la capital es representada por la tasa de retorno que se exige a una inversión que fue realizada en un proyecto, con la finalidad de compensar el costo de la oportunidad y el riesgo que se asumirá. De esta manera, se realizarán descuentos de los flujos futuros que fueron proyectados para realizar el cálculo del valor actual neto. Finalmente determinar un monto que sea considerado como tasa libre de riesgo que pueda ser representada como una mejor opción ante algunos inversionistas.

Fórmula 7

Costo oportunidad capital

$$COK = TI + RP + (TI * RP)$$

Fuente: Sapag, 2011

Donde:

COK: Costo de oportunidad capital (Numerico)

TI: Tasa de interés (%)

RP: Riesgo País (%)

Valor Actual Neto (VAN)

Según Leland, P. & Anthony, P. (2002), es el valor actual de todos los rendimientos finales, cuando se halla el VAN de la inversión, con la finalidad de conocer el resultado positivo o negativo. Un resultado positivo tiene como significado una inversión

recomendable y si es negativo, no es aconsejable una inversión. Se debe entender que el VAN es un método que evalúa las inversiones.

La fórmula para hallar la VAN es la siguiente:

Fórmula 8

Valor actual neto

$$VAN = -A + \frac{CF1}{(1+k)} + \frac{CF2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CFn}{(1+k)^n}$$

Fuente: Leland & Anthony, 2002

Donde:

A: Inversión inicial (Moneda)

CF1: Flujo de fondos periodo 1 (Moneda)

CF2: Flujo de fondos periodo 2 (Moneda)

n: Número de periodos de la inversión

CFn: Flujo de fondos a ingresar (Moneda)

k: Tasa de actualización (porcentaje)

Tasa interna de rentabilidad (TIR)

Según Leland, P. & Anthony, P. (2002), al tener como resultado el VAN de la inversión se tiene como resultado cero, entonces la inversión no es mayor ni menor, de esta manera se logra entender que la VAN es el porcentaje de ganancia o pérdida que se obtiene de alguna inversión.

La Fórmula para hallar la TIR es la siguiente:

Fórmula 9

Tasa interna de rentabilidad

$$VAN = -A + \frac{CF1}{(1+TIR)} + \frac{CF2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{CFn}{(1+TIR)^n} = 0$$

Fuente: Leland & Anthony, 2002

Donde:

VAN: Valor actual neto (numérico)

A: Inversión inicial (Moneda)

CF: Flujo de fondos (Moneda)

n: Número de periodos de liquidación de la inversión (numérico)

TIR: Tasa interna de rentabilidad (%)

Análisis Beneficio – Coste (B/C)

El análisis de Beneficio – coste, es quien compara el valor de los beneficios proyectados actuales con el valor de los costos actuales, en donde está incluida la inversión. Este método es la misma decisión VAN en donde si es cero, la relación beneficio – costo es igual a uno. Sí cuando el VAN es mayor de cero, la relación tiene a ser mayor que uno, y si como resultado el VAN es negativo, está será menor que uno. Sapag (2011).

La fórmula para hallar el Beneficio – Coste (B/C) es la siguiente:

Fórmula 10

Análisis Beneficio – costo.

$$R\left(\frac{B}{C}\right) = \frac{\sum VAN(\text{Ingresos})}{\sum VAN(\text{Salidas}_i)}$$

Fuente: Sapag, 2011

Donde:

$R\left(\frac{B}{C}\right)$: *Relación Beneficio – costo (numérico)*

VAN_{ingresos} : *Valor actual neto de ingresos (moneda)*

VAN_{salidas} : *Valor actual neto de salidas (moneda)*

2.4 Procedimientos.

A continuación, se detalla los procedimientos de la recolección y análisis de datos que fueron aplicados en la presente investigación.

2.4.1 Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se inició contando con los instrumentos diseñados por los investigadores y validados por el juicio de expertos véase anexo 6, para el caso de la observación directa se solicitó el permiso a la empresa para acceder al área de máquinas y registrar los datos que solicite el instrumento, la ficha de recolección de datos la podemos ver en el anexo 4 y 5.

Para el caso del análisis documental, se solicitó el permiso para acceder a la base de datos de la empresa y en la ficha de indicadores se registró el número de paradas de cada una de las máquinas de muestra, el tiempo de parada y el tiempo de reparación que permitió calcular la disponibilidad y sus indicadores de cada una de las máquinas. Véase el anexo 3.

2.4.2 Procedimiento de análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en dos tiempos; Primero los datos recolectados se pasan a hojas de cálculo Excel donde se analiza el comportamiento y tendencias de las variables estudiadas (ver anexo 4 y 5). En segundo lugar se realizó un análisis de estadística inferencial, donde se inicia realizando una prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro wilk para determinar la distribución de los datos tanto pre como post test de la disponibilidad de las máquinas objeto de estudio, finalmente se ejecuta la prueba de contraste de hipótesis con por medio de la T-Student con la que se valida la hipótesis planteada, cabe mencionar que todas estas pruebas estadísticas se ejecutaran con el software SPSS 25 de IBM.

2.4.3 Procedimiento para analizar el posible beneficio económico de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast E.I.R.L

Para estimar el posible beneficio económico de la implementación del plan de mantenimiento de la empresa Reinplast, se hizo el cálculo del gasto anual en reparaciones de las 3 máquinas de producción, así como también se estimó la cantidad de bolsas que dejaron de producir por tener las máquinas no disponibles, obteniendo el siguiente detalle:

Tomando de referencia la tabla 1, concluimos que la empresa tuvo 56.7 días al año sin producir, debido a la inoperatividad de máquinas. Cabe mencionar que la empresa produce la fabricación de 15 millares de bolsas al día, el precio de venta de cada millar de esas bolsas es de S/420.00.

Referenciando la tabla 2, obtenemos que el costo de reparación de las máquinas durante el año en estudio fue de S/48,980.

Después de ambas afirmaciones obtenemos la tabla 3, donde se evidencia el cálculo del monto total de pérdida monetaria por falta de producción por indisponibilidad de las máquinas, y pérdida monetaria total por las reparaciones de emergencia de las 3 máquinas de producción en estudio.

Tabla 3
Pérdida monetaria por reparación e indisponibilidad de máquinas.

DETALLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	GASTO TOTAL
Costo de reparación	S/ 9,700	S/ 4820	S/5,400	S/1,700	S/ 4,235	S/ 6,660	S/1560	S/ 7,580	S/ 1,845	S/ 5,480	S/ 0	S/ 0	S/ 48,980
Improductividad/millares	207	75	132	21	34.5	82.5	19.5	145.5	22.5	96	15	0	850.5
Pérdida/Improductividad	S/ 86,940	S/31,500	S/ 55,440	S/8,820	S/14,490	S/34,650	S/8,190	S/61,110	S/9,450	S/40,320	S/6,300	S/ 0	S/357,210
													S/406,190

Fuente: Propia

Como se aprecia en la tabla 3, el monto total de pérdida al año fue de **S/406,190**. Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se buscará mejorar la disponibilidad, reducir los costos de reparación y mejorar la producción, por lo que el número de pérdida monetaria mejorará considerablemente después de la implementación.

2.4.3.1 Análisis Financiero de Implementación

Costos de Implementación de mantenimiento Preventivo

En esta etapa, se demuestra el costo de la implementación del plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción, para poder realizar los cálculos financieros correspondientes. Véase tabla 4.

Tabla 4

Costos de Implementación de mantenimiento Preventivo

EVALUACION ECONOMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - REINPLAST E.I.R.L				
COSTOS TANGIBLES	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Inversión total
EPPS para investigadores	2	Global	S/ 110.00	S/ 220.00
Edición e impresión de fichas, formatos	1	Global	S/ 25.00	S/ 25.00
Enmicado de fichas técnicas	1	Global	S/ 10.00	S/ 10.00
Repuestos menores	1	Global	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
Total costos tangibles				S/ 10,255.00
COSTOS INTANGIBLES	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Inversión total
M.O. especializada para el MP de máquinas.	3	Tetramestral	S/ 2,260.00	S/ 6,780.00
Pago de ingeniero para las capacitaciones.	3	días	S/ 200.00	S/ 600.00
Pasajes ida y vuelta de investigadores.	4	Meses	S/ 208.00	S/ 832.00
Costo de producción por paradas para Mantto.	3	días/año	S/ 6,300.00	S/ 18,900.00
Total costos Intangibles				S/ 27,112.00
INVERSION TOTAL DE IMPLEMENTACION				S/ 37,367.00

Fuente: Propia

Para la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se obtuvo una inversión de S/. 37,367 soles, llegando a una conversación y comprometiéndose el Gerente de la empresa, a cubrir en su totalidad el monto asignado. Ya realizado el cuadro de la inversión, se procedió a generar el cuadro de flujo de caja económico con la producción en serie de las 3 máquinas y una producción mínima de 1 millar diario con un costo de S/. 420.00, y se considera de suma importancia para proyectar las ganancias de los años siguientes que tendrá la empresa REINPLAST EIRL.

Tabla 5
Flujo de Caja Económico

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO					
PERIODO AÑOS	0	1	2	3	4
INGRESOS					
Ingresos		S/ 151,200.00	S/ 151,200.00	S/ 151,200.00	S/ 151,200.00
EGRESOS					
Mano de obra		S/ 25,200.00	S/ 25,200.00	S/ 25,200.00	S/ 25,200.00
Servicio de Luz		S/ 28,800.00	S/ 28,800.00	S/ 28,800.00	S/ 28,800.00
Materia Prima		S/ 28,800.00	S/ 28,800.00	S/ 28,800.00	S/ 28,800.00
Gastos administrativos		S/ 27,000.00	S/ 27,000.00	S/ 27,000.00	S/ 27,000.00
INVERSION	S/ 37,367.00				
TOTAL EGRESOS	-S/ 37,367.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00

Fuente: Propia

Tabla 6
Análisis Costo / Beneficio

VALOR PRESENTE	INVERSION	1	2	3	4	TOTAL
VP (B)		S/ 151,200.00	S/ 151,200.00	S/ 151,200.00	S/ 151,200.00	S/ 604,800.00
VP (C)	S/ 37,367.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00	S/ 41,400.00	S/ 202,967.00

Fuente: Propia

Tabla 7
Implementación Costo / Beneficio

COSTO BENEFICIO	
BENEFICIO	S/ 604,408.00
COSTO	S/ 202,967.00
B/C	2.98

Fuente: Propia

Luego de realizarse el Costo /Beneficio, se obtuvo un resultado de 2.98, siendo mayor a 1 e indicando que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la

disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L. es de beneficio sin generar pérdidas.

Costo de Oportunidad de Capital (COK)

Este cálculo se realizó con una tasa de interés al 10% y con un riesgo país de 1.86%, valor obtenido según Morgan (2023). Con los datos registrados se pudo aplicar la fórmula correspondiente para hallar el costo de oportunidad de capital.

$$COK = 10\% + 1.86\% + 10\% * 1.86\% = \mathbf{12.05\%}$$

Valor Actual Neto (VAN)

De la misma manera, se realizó el cálculo para obtener el VAN, con los datos obtenidos en el flujo de caja anual y el dato del COK obtenido en cálculos anteriores.

$$VAN = -37367 + \frac{41400}{(1 + 12.05\%)} + \frac{41400}{(1 + 12.05\%)^2} + \frac{41400}{(1 + 12.05\%)^3} + \frac{41400}{(1 + 12.05\%)^4}$$

$$VAN = -37367 + 36947.8 + 32974.4 + 29428.3 + 26263.5$$

$$VAN = \mathbf{88247}$$

Tasa interna de Retorno (TIR)

Como último procedimiento, se realizó el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), para generar el resultado, se tomaron los valores ya obtenidos en el VAN y el flujo de caja económico, teniendo como resultado lo siguiente.

$$VAN = -37367 + \frac{41400}{(1 + 10\%)} + \frac{41400}{(1 + 10\%)^2} + \frac{41400}{(1 + 10\%)^3} + \frac{41400}{(1 + 10\%)^4} = 0$$

$$TIR = 104\%$$

Aspectos éticos

En la presente investigación se considera el respeto a la propiedad intelectual, es por ello que, toda la información que ha contribuido teóricamente a este estudio ha sido citada debidamente con la norma APA 7 MA EDICION.

La información brindada para el presente estudio ha sido debidamente autorizada por el representante legal de la empresa en estudio, para ser utilizada únicamente con fines educativos, respetando el criterio de confidencialidad.

Adicionalmente, cabe resaltar que existe un consentimiento informado por parte de las personas que fueron partícipes del presente estudio.

Finalmente, en el presente estudio se considera la total veracidad, autenticidad y originalidad en la investigación, por lo que los resultados obtenidos son evidenciados y comprobados en función a los indicadores de las variables estudiadas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados para la presente tesis.

3.1. Diagnóstico inicial de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

Para implementar el plan de mantenimiento preventivo a las 3 máquinas de producción de la empresa Reinplast, se inició con el diagnóstico y evaluación de algunos criterios de la empresa, claves en la gestión de mantenimiento, donde se evidencia que en la empresa en estudio tiene 2 criterios que están más desarrollados con respecto a los otros criterios y son:

La gestión de recursos humanos para el mantenimiento, alcanzando un 86%, el cual significa que el personal de mantenimiento está capacitado para ejecutar las tareas propias de área, además la cantidad de técnicos es suficiente, y estos están comprometidos con los objetivos de la compañía.

Luego le sigue el criterio de soporte técnico, con un 80%, es decir, existe medios de comunicación interna y externa que funcionan con eficiencia, mientras que los equipos de soporte están correctamente calibrados y el taller reúne las condiciones óptimas para las intervenciones de las máquinas.

Otro de los criterios que alcanzó un aceptable grado de desarrollo es el estatus de organización del área con un 75%, esto indica que la estructura organizacional del área garantiza el funcionamiento del proceso de mantenimiento, además los tiempos muertos son medianamente aceptables, así como también existe una política de proyección profesional para el personal, en la tabla se presenta el grado de desarrollo

de los criterios evaluados en la gestión del mantenimiento de la empresa Reinplast EIRL.

Tabla 8

Criterios para la gestión del mantenimiento en la empresa Reinplast EIRL

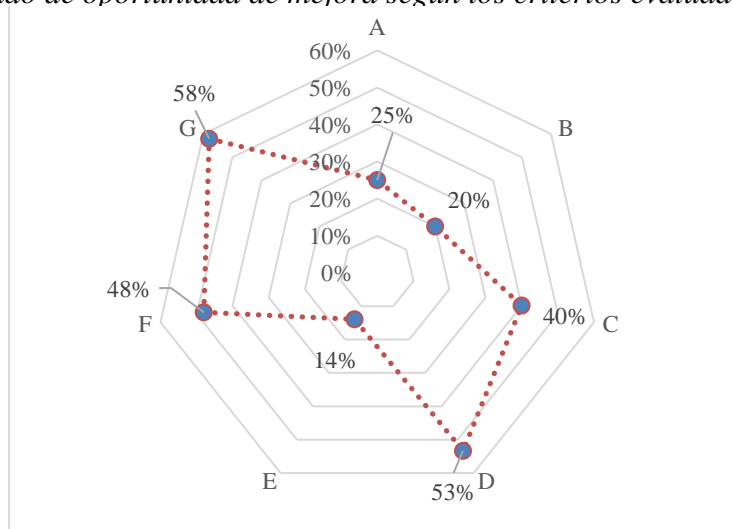
ITEM	Criterios	Puntaje obtenido	% obtenido
A	Estatus de organización del área de mantenimiento	22.5	75%
B	Soporte técnico en el área	24	80%
C	Manejo de información y decisiones	15	60%
D	Desarrollo de planes y programas de mantenimiento	14	47%
E	Recursos humanos para el mantenimiento	21.5	86%
F	Procedimientos para la ejecución del mantenimiento	13	52%
G	Manejo de indicadores	10.5	42%

Fuente Propia

En la figura 5 se analiza las oportunidades de mejora de acuerdo a los criterios evaluados en el área de mantenimiento de la empresa Reinplast, donde se evidencia que se tiene un 58% de oportunidad de mejora en la gestión del criterio de manejo de indicadores, del mismo modo se encuentra un 53% de oportunidad en el criterio de desarrollo de planes y programas de mantenimiento y el criterio de procedimientos para la ejecución del mantenimiento con una brecha del 48% en tal sentido la aplicación de las herramientas de mejora se ejecutaron con el fin de subsanar estos criterios evaluados.

Figura 5

Grado de oportunidad de mejora según los criterios evaluados en Reinplast.



Fuente Propia

Como parte del diagnóstico se analizó los registros del tiempo medio de reparación (MTTR) y el tiempo medio entre fallas (MTBF) por el periodo de doce meses, donde se identificó que la extrusora tiene un MTTR promedio de 34.65 horas y un MTBF de 89.72 horas por mes, mientras que la paletizadora un MTTR de 48.99 horas y un MTBF de 92.84 horas por mes y por último la selladora presenta un MTTR de 67.38 horas y el MTBF de 176.9 horas por mes; donde sin duda la extrusora presenta el menor tiempo entre fallas lo cual significa que es la que presenta mayor frecuencia de fallas durante su tiempo de operación, cabe recalcar que las tres máquinas trabajan en paralelo por lo tanto deben presentar valores similares en tiempo disponible para la operación.

Tabla 9
Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast antes de la implementación.

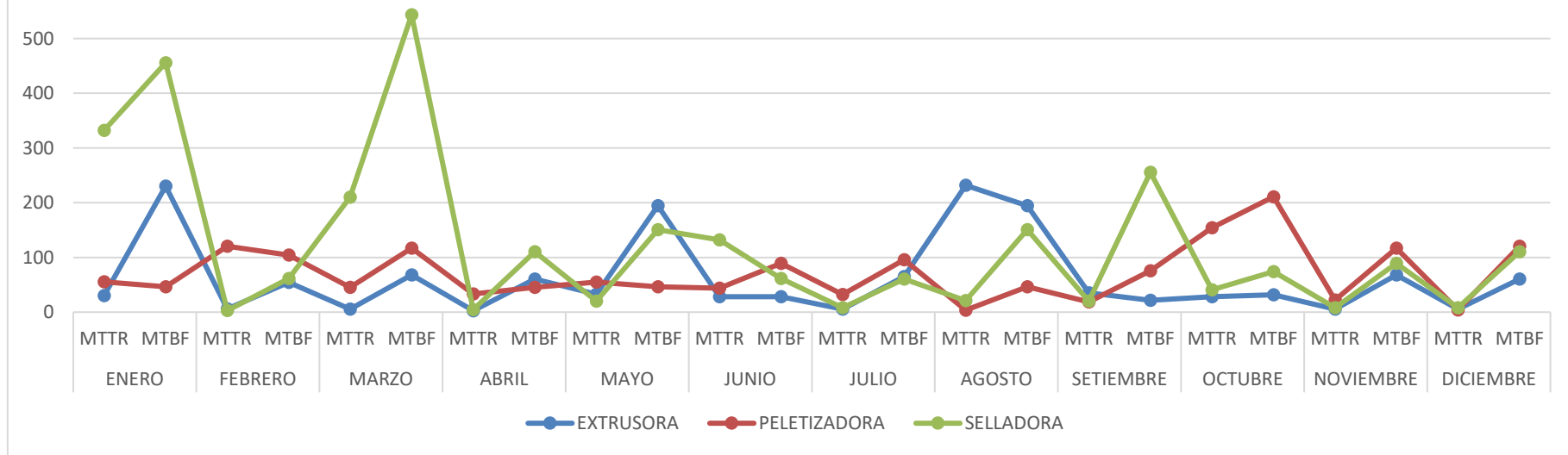
tipo de máquina	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF
Extrusora	30.21	230.32	6.05	54.2	5.36	67.91	2.67	60.52	32.55	194.5	28.04	28.31	5.4	64.91	231.7	194.5	35.04	21.44	28.04	31.69	5.36	67.91	5.36	60.52
Paletizadora	55.3	46.44	120.55	104.55	45.32	116.85	33.21	45.22	54.82	46.44	43.87	88.94	32.11	95.85	3.62	46.44	18.82	75.44	154.3	210.8	22.1	116.9	3.82	120.3
Selladora	332.21	455.6	2.86	61.69	210.22	543.33	4.74	110.18	20.12	150.6	132.1	61.69	7.99	60.2	21.33	150.6	20.01	255.6	41.01	73.97	7.95	89.4	7.95	110.2

Fuente Propia

En la figura 6 podemos ver la tendencia del MTTR y MTBF en un periodo de 12 meses, mostrando valores muy altos para el MTTR y muy bajos para el MTBF en las 3 máquinas de producción en estudio.

Figura 6

Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast antes de la implementación



Fuente Propia

A partir del cálculo del MTTR y el MTBF se evaluó la disponibilidad mensual de las tres máquinas de producción en la empresa Reinplast, donde se identificó que para el caso de la extrusora en setiembre se ha tenido una disponibilidad muy baja de 38%, mientras que para la paletizadora los niveles más bajos fueron en enero con solo 46%, en cuanto a la selladora en junio solo alcanzó un 32% de disponibilidad, a partir de ello se deja en evidencia que la disponibilidad de las tres máquinas no son coherentes y estas deben trabajar en conjunto para lograr los objetivos de la producción. En la tabla 8 se presenta la disponibilidad de las tres máquinas en un periodo de un año.

Tabla 10

Disponibilidad mensual de las 3 máquinas analizadas

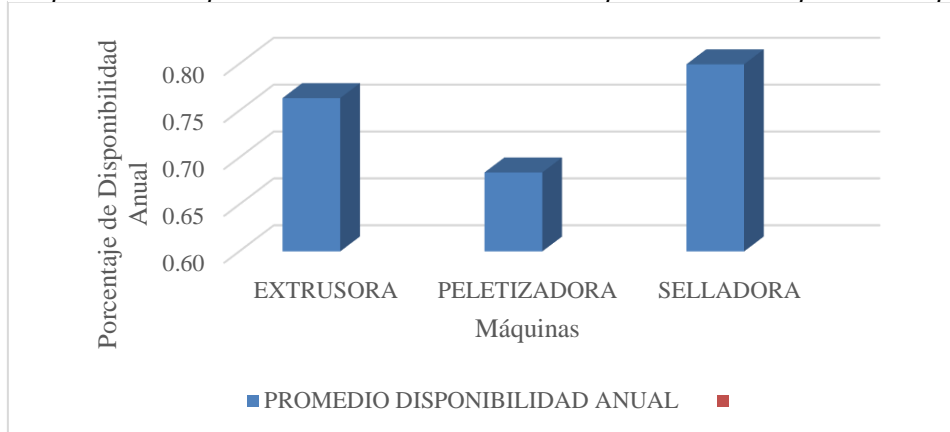
Tipo de máquina	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Extrusora	0.88	0.90	0.93	0.96	0.86	0.50	0.92	0.46	0.38	0.53	0.93	0.92
Paletizadora	0.46	0.46	0.72	0.58	0.46	0.67	0.75	0.93	0.80	0.58	0.84	0.97
Selladora	0.58	0.96	0.72	0.96	0.88	0.32	0.88	0.88	0.93	0.64	0.92	0.93

Fuente Propia

En la figura 7 se presenta la disponibilidad promedio anual alcanzada por las máquinas de la empresa en estudio, donde se observa que en las 3 máquinas se presenta una disponibilidad promedio por debajo del 80% lo cual genera preocupación para la compañía y no le permite alcanzar sus objetivos planteados, por lo tanto, las mejoras se aplicaron enfocadas en revertir dicho indicador.

Figura 7

Disponibilidad promedio anual de las tres máquinas de la empresa Reinplast Pre-test.



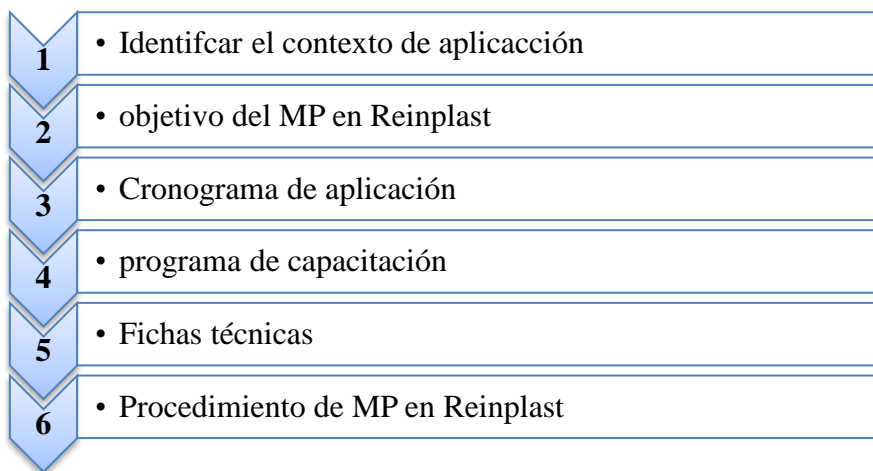
Fuente: Propia

3.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

Con el fin de contrarrestar los efectos adversos que viene generando las causas identificadas en la empresa Reinplast, se llevó a cabo la implementación del mantenimiento preventivo para las tres máquinas que forman parte de la muestra (peletizadora, extrusora y selladora) a continuación se describe el proceso de diseño y aplicación:

Figura 8

Esquema del diseño y planificación del mantenimiento preventivo en Reinplast.



Fuente: Propia

Diseño y planificación

El diseño y planificación del mantenimiento preventivo para las 3 máquinas de Reinplast se realiza en 6 fases, que se detallan en la figura 8.

1.Contexto de aplicación

El presente plan de mantenimiento preventivo ha sido diseñado para ser aplicado a las tres principales máquinas del área de producción de la empresa Reinplast, los cuales son: Peletizadora, extrusora y selladora.

2. Objetivo del mantenimiento preventivo en Reinplast.

El mantenimiento preventivo en Reinplast tiene como objetivo garantizar el buen funcionamiento de las máquinas de producción para reducir los mantenimientos correctivos, mejorar la disponibilidad de las máquinas con la finalidad de satisfacer la demanda de manera óptima y cubrir las necesidades de los clientes.

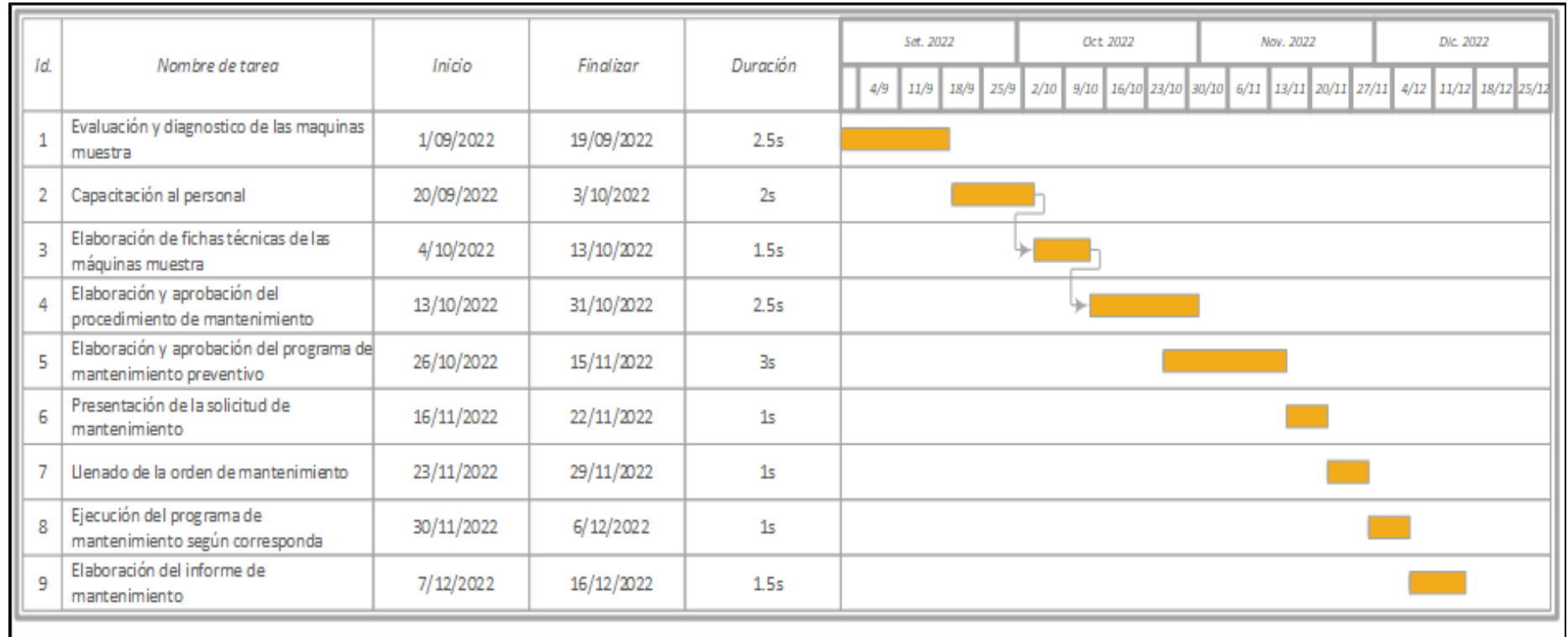
3. Cronograma de ejecución.

La implementación del mantenimiento preventivo en las tres máquinas de Reinplast tomó un tiempo de cuatro meses, donde se realizó el diseño y la puesta en marcha de la propuesta.

En la figura 9 se presenta el cronograma de ejecución, para la implementación del plan anual de mantenimiento preventivo de las máquinas en estudio, dividido en 9 etapas.

Figura 9

Cronograma de implementación del plan de mantenimiento preventivo en Reinplast



Fuente Propia

4. Programa de capacitación.

Como parte de la implementación del mantenimiento preventivo, se llevó a cabo una capacitación de los temas básicos que refieren esta implementación, dicha capacitación se realizó en 14 días. En la figura 10 se presenta la programación de los temas que se trataron, la capacitación fue dictada por un ingeniero tercero en las instalaciones de Reinplast donde participaron todos los operarios de planta, los técnicos de mantenimiento, el supervisor de producción y el jefe de operaciones.

Figura 10

Programa de capacitación



5. Fichas técnicas.

Por otra parte, para llevar a cabo una correcta implementación del mantenimiento preventivo es necesario conocer técnicamente a los equipos en los que se implementará el programa, en tal sentido se elaboró las fichas técnicas para las tres máquinas que se detallan a continuación:

- Peletizadora.

Figura 11

Ficha técnica Peletizadora

		Ficha técnica de la paletizadora	
Nombre del equipo		PELETIZADORA 1	
código		P001-2018	
Tipo		Activo	
Características		Motor trifásico	
Modelo	VMJ 130/125A	Año de compra	2018
Marca	VERMACK	Potencia	
Serie	NL	Voltaje	380 v
Motor	3~	Frecuencia	60 Hz





Fuente propia

- Extrusora.

Figura 12

Ficha técnica Extrusora.

 Ficha técnica de la extrusora				
Nombre del equipo		EXTRUSORA 1		
código		E001-2018		
Tipo		Activo		
Características		Motor trifásico		
Modelo	SC 50	Año de compra	2018	
Marca	RULLI STANDARD	Potencia		
Serie	NL	Voltaje	380 v	
Motor	3~	Frecuencia	60 Hz	

Fuente: propia

- Selladora.

Figura 13

Ficha técnica Selladora

 Ficha técnica de la Selladora				
Nombre del equipo		SELLADORA 1		
código		S001-2018		
Tipo		Activo		
Características		Motor trifásico		
Modelo	HSC - 1100	Año de compra	2018	
Marca	HECE	Potencia		
Serie	3053	Voltaje	380 v	
Motor	3~	Frecuencia	60 Hz	

Fuente: Propia

6. Procedimiento de mantenimiento.

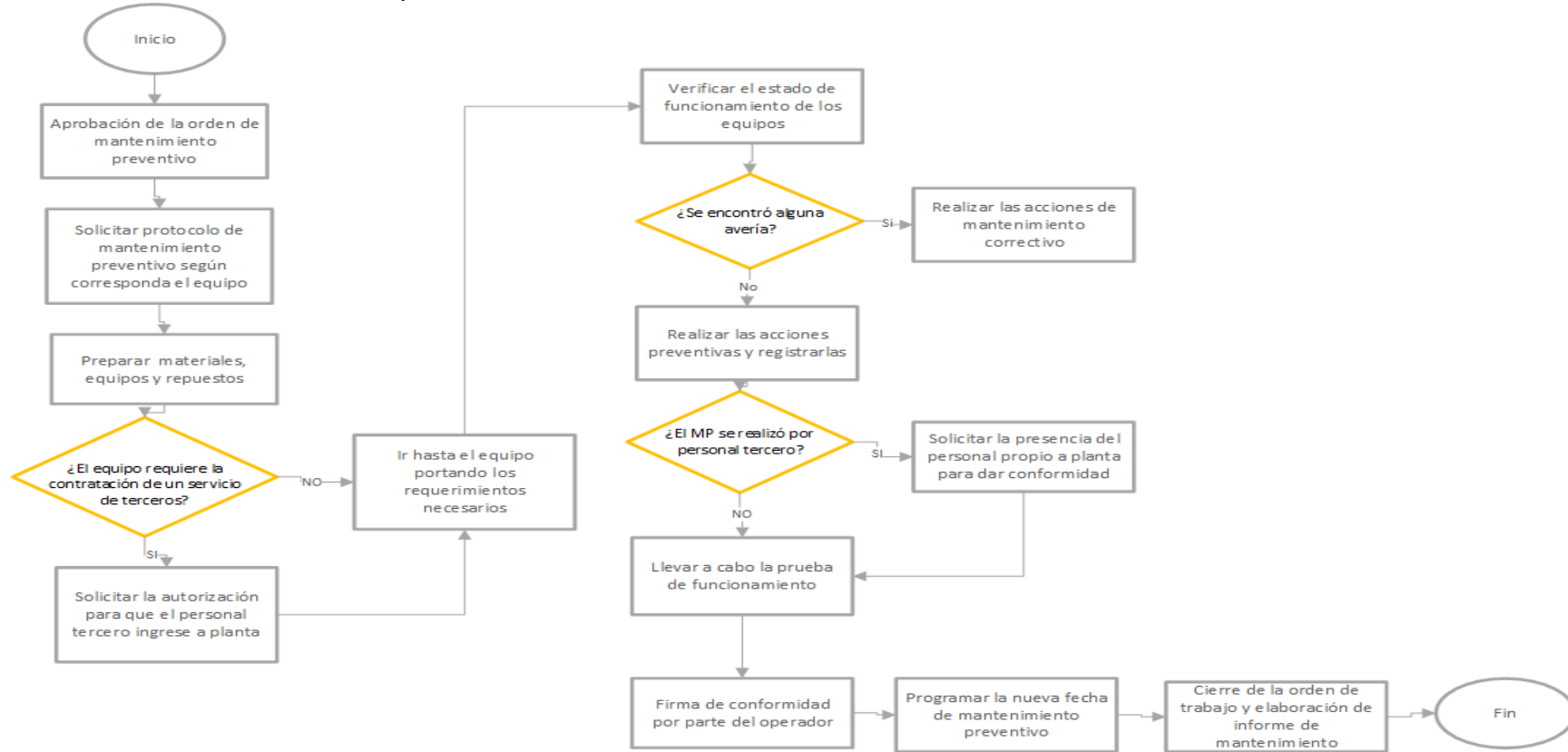
Para ejecutar el plan se realizó un procedimiento de mantenimiento donde se inicia con la apertura de la orden, esta se da una vez se hay identificado en el plan anual de mantenimiento, el equipo y la fecha a realizar las acciones preventivas de mantenimiento. Luego se obtiene el protocolo de mantenimiento preventivo según corresponda el equipo, el protocolo se basa a las especificaciones técnicas y las recomendaciones del fabricante del equipo. Enseguida se solicita el permiso de ingreso a planta de la empresa tercera al área de prevención. El área de prevención hará llenar los formatos ATS a la empresa ejecutante antes de iniciar la labor. La supervisión de los trabajos estará a cargo de los técnicos de mantenimiento de planta.

Por último, el técnico de mantenimiento valida el trabajo hecho por la empresa tercera y cierra la orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

En la figura 14 podemos observar el procedimiento detallado.

Figura 14

Procedimiento de mantenimiento preventivo



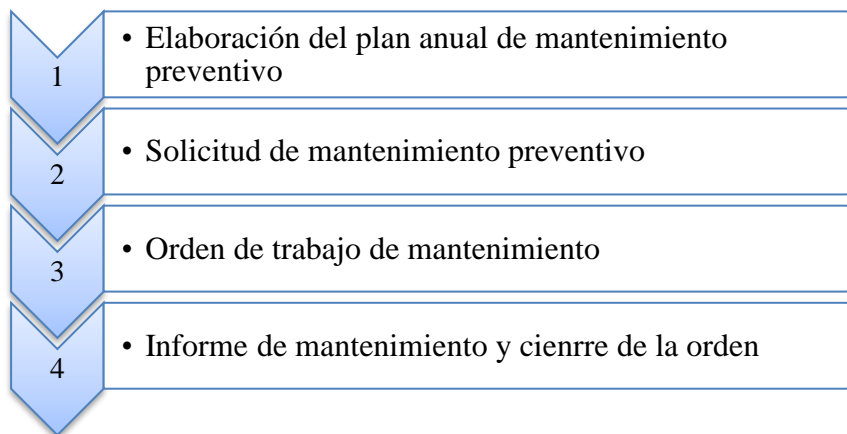
Fuente Propia

Implementación del plan de mantenimiento preventivo

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado de diseño y planificación, la implementación del plan de mantenimiento se realiza en cuatro etapas que se describen en la figura 15.

Figura 15

Etapas de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo



Fuente Propia

1. Elaboración del plan anual de mantenimiento preventivo

La elaboración del plan anual de mantenimiento PAM, consistió en hacer un programa de mantenimiento para cada una de las máquinas, basándose en los manuales, antecedentes y recomendaciones del fabricante.

Como se puede apreciar en la figura 16, el mantenimiento preventivo de los equipos es de forma tetramestral (3 veces al año), mantenimiento que será ejecutado por una empresa tercera especializada. El mantenimiento bimestral de las máquinas está a cargo de los técnicos de mantenimiento, ya que los repuestos de cambio son considerados consumibles, por la alta rotación que tienen.


Solicitud de mantenimiento

La aplicación del mantenimiento preventivo inicia con la presentación de la solicitud de mantenimiento a la jefatura de operaciones, en dicha solicitud se consolida datos tanto del solicitante que en este caso son los técnicos de mantenimiento, como también datos del receptor, en este caso la jefatura, quien autoriza que se ejecuten las acciones preventivas.

Por último, también se consigna los principales datos del equipo y se describe las razones por la que se llevará a cabo la intervención. En la figura 17 se presenta el formato de solicitud de mantenimiento este se usa para cualquiera de las máquinas de Reinplast.

Figura 17

Solicitud de mantenimiento

 SOLICITUD DE MANTENIMIENTO			
N°		Fecha:	
Datos del solicitante		Datos del receptor	
Nombre y apellidos:		Nombre y apellidos:	
Equipo:		Área:	
Área:			
Datos del equipo			
Nombre:		Marca:	
Modelo:		Serie:	
Descripción del motivo de la solicitud			
.....		
FIRMA DE SOLICITANTE		FIRMA DEL JEFE DE MTTO	

Fuente Propia

2. Orden de mantenimiento

Una vez se cuente con la aprobación de la solicitud de mantenimiento, se emite la orden de trabajo de mantenimiento preventivo, en esta orden se consigna los datos de la máquina, características relevantes y la ubicación de esta, así como también se marca el tipo de intervención, el tipo de servicios y se registra los datos del proveedor, esta orden lo recibe el encargado de las actividades preventivas y al finalizar su labor consigna las actividades que se realizaron, así como también registra observaciones y recomendaciones según su criterio, por último firman ambas partes en señal de conformidad de la labor. En la figura 18 se visualiza el formato de orden de mantenimiento.

Figura 18

Orden de mantenimiento de las máquinas de Reinplast

 ORDEN DE MANTENIMIENTO					
N°				Fecha:	
Datos de ubicación del equipo			Datos del equipo		
Equipo:				Marca:	
Área:				Modelo:	
Otros:				Área:	
Motivo de la intervención					
Tipo de intervención		Tipo de servicio		Proveedor/ especialista	
Mano de obra propia		Mantenimiento preventivo		Nombre:	
Por terceros		Mantenimiento correctivo			
		Mantenimiento predictivo		Teléfono:	
Otros		Otros		correo:	
Descripción de las tareas realizadas					
Recomendaciones					
.....				
CONFORMIDAD DEL USUARIO				FIRMA DEL JEFE DE MTTO	

Fuente Propia

3. Informe de mantenimiento

Por último, se realiza el cierre de la orden de trabajo de mantenimiento preventivo, donde se deja constancia de la ejecución de las tareas preventivas y el estado en cómo se encontró el equipo, así como también se precisa la fecha de la próxima intervención preventiva, sin dejar de mencionar las recomendaciones y observaciones que se haya identificado durante el proceso de mantenimiento preventivo a las máquinas del área de producción de Reinplast.

3.2.1 Determinación de la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL 2022

Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se muestra la tabla 4, donde se visualiza que el MTTR promedio tuvo una disminución de 50.34 hrs a 18.85 hrs, mostrando una disminución de 31.49 hrs.

Mientras que el MTBF promedio se incrementó de 119.83 hrs a 259.62 hrs, mostrando un incremento de 139.79 hrs.

La disponibilidad de las máquinas también tuvo un incremento positivo en comparación a la disponibilidad antes de la implementación, véase la tabla 10.

En la figura 19 podemos apreciar la disponibilidad promedio anual de las máquinas de producción, donde se evidencia que el incremento de la disponibilidad promedio se incrementó del 75% al 93%, siendo un 18 % el incremento después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

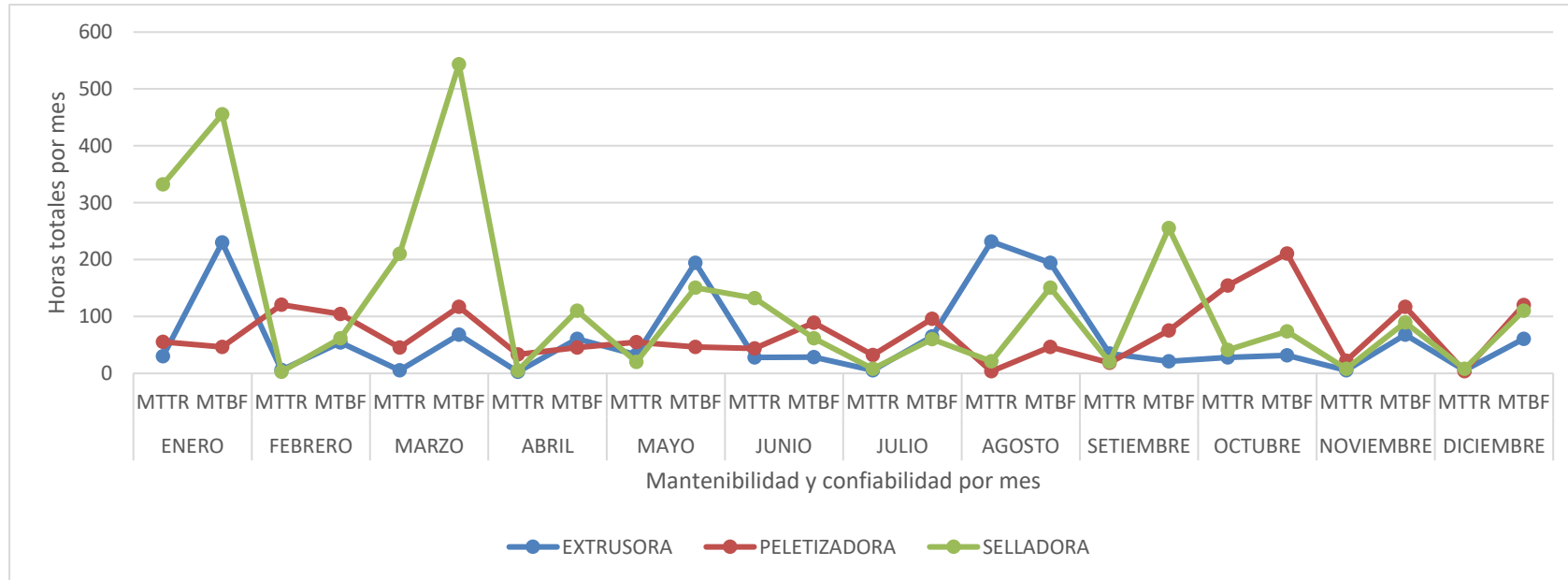
Figura 19*Evaluación del MTTR y MTBF de las 3 máquinas de la empresa Reinplast después de la implementación*

tipo de maquina	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF
Extrusora	16.9	150.6	22.4	210.6	16.8	210.8	18.2	388.6	20.2	220.5	20.4	220.6	25.4	274.6	16.9	250.4	20	170.5	23.2	250.9	26.3	339.6	23.6	288.1
Paletizadora	25.7	250.4	21.1	240.8	15.8	135.3	17.8	223.6	13.1	125.6	18.6	150.3	25.1	270.4	15.7	199.8	18.82	165.2	26.5	220.6	22.3	195.6	10.8	298.4
Selladora	22.8	455.6	14.6	322.6	22.9	502.3	7.9	310.6	15.8	320.9	18.4	285.3	17.8	230.4	10.6	225.4	20.2	420.3	16.8	360.5	14.2	245.3	14.9	215.3

Fuente Propia

Figura 20

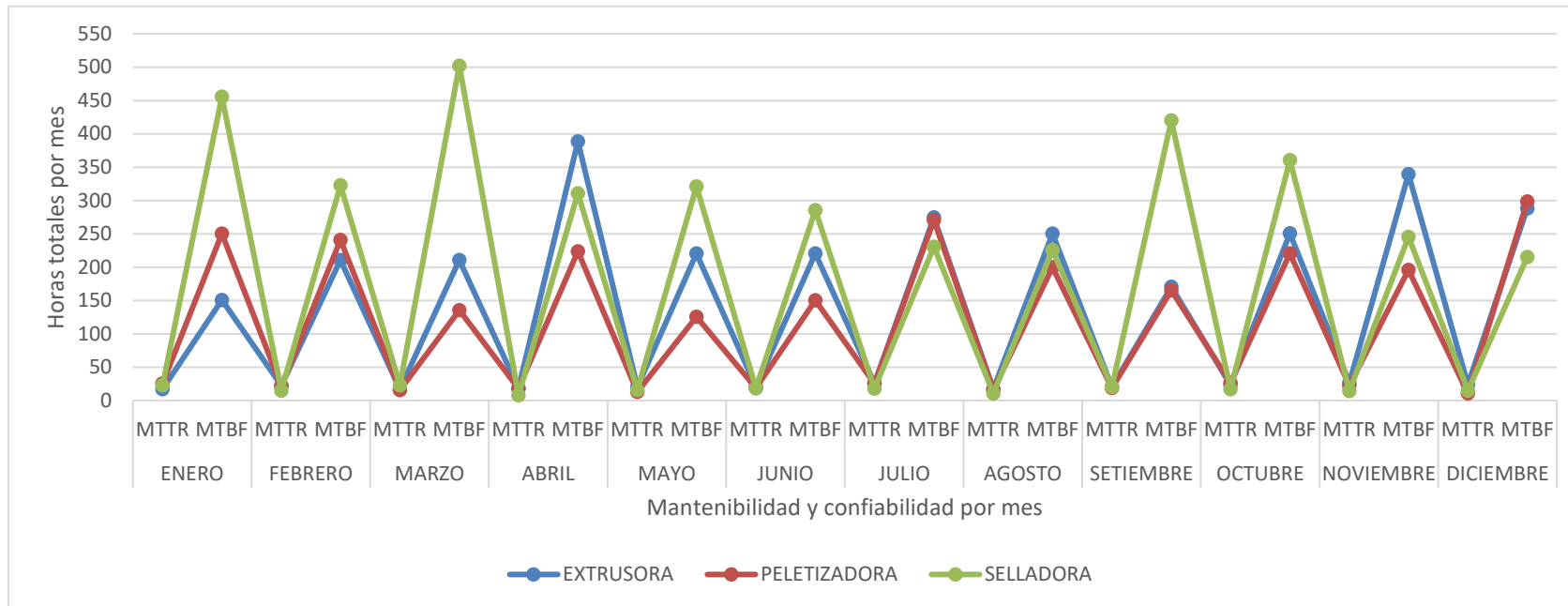
MTTR y MTBF anual antes de la implementación.



Fuente Propia

Figura 21

MTTR y MTBF anual después de la implementación.



Fuente Propia

En la tabla 10, se observa la disponibilidad mensual de las máquinas después de la implementación que tuvo un incremento positivo, en comparación a la disponibilidad mensual antes de la implementación (tabla 3).

Tabla 11

Disponibilidad mensual de las 3 máquinas analizadas después de la implementación.

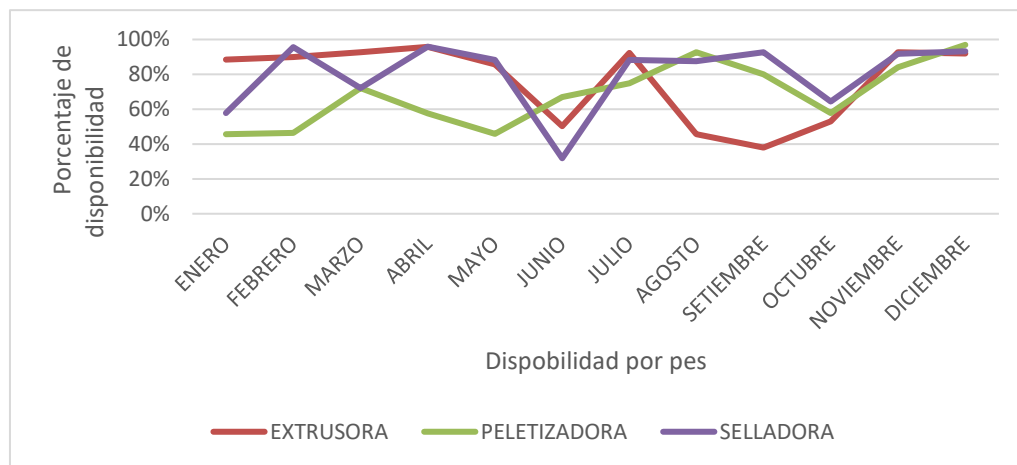
Tipo de máquina	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Extrusora	0.90	0.90	0.93	0.96	0.92	0.92	0.92	0.94	0.90	0.92	0.93	0.92
Paletizadora	0.91	0.92	0.90	0.93	0.91	0.89	0.92	0.93	0.90	0.89	0.90	0.97
Selladora	0.95	0.96	0.96	0.98	0.95	0.94	0.93	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94

Fuente: Propia

En la figura 21 podemos apreciar la disponibilidad mensual de las máquinas de producción antes de la implementación, y en la figura 22 se visualiza la disponibilidad mensual de las maquinas después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Figura 22

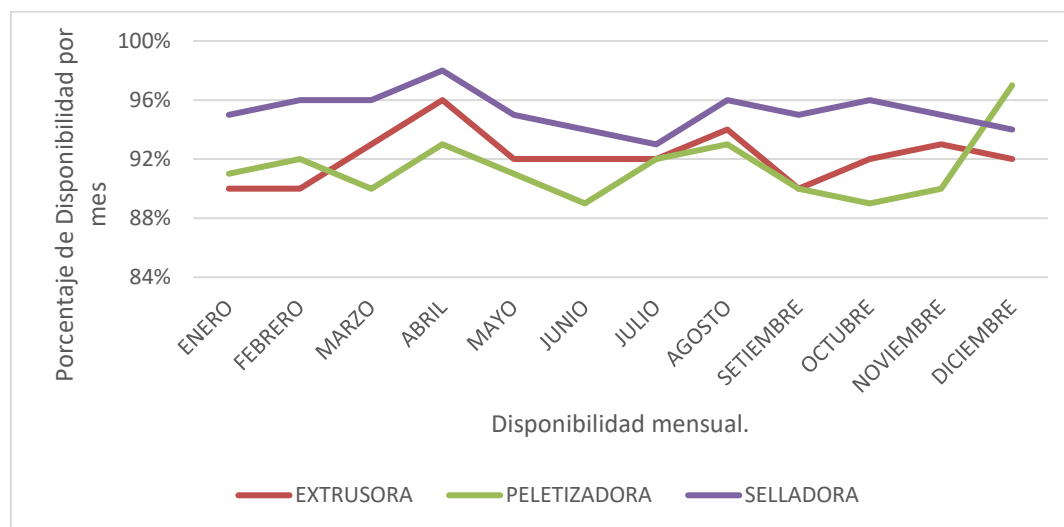
Disponibilidad mensual de las maquinas antes de la implementación.



Fuente Propia

Figura 23

Disponibilidad mensual de las máquinas después de la implementación



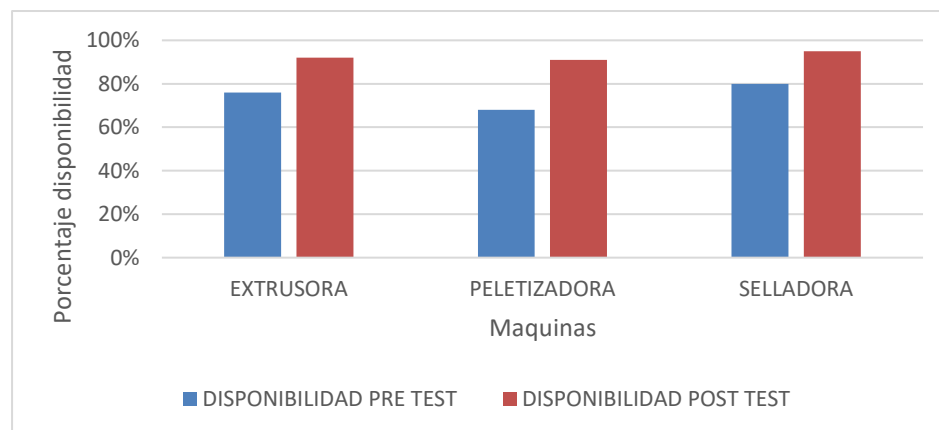
Fuente Propia

Finalmente se logra ver en la figura 23 el comparativo de la disponibilidad promedio anual, entre la disponibilidad antes de la implementación vs la disponibilidad después de la implementación, donde se visualiza que el incremento de la disponibilidad de la Extrusora fue de 76 % a 92%, la Peletizadora incrementó de 68% a 91% y la Selladora de 80% a 95%.

Alcanzando un promedio de 18% incremento.

Figura 24

Comparativo de la disponibilidad pre y post test



Fuente Propia

Contraste de hipótesis

Hipótesis general

H₁: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

H₀: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.

En lo que concierne al contraste de hipótesis, en primer lugar, se analizó la distribución de los datos pre y post test de la disponibilidad, con el estadístico de Shapiro-

Wilk dando como resultado un nivel de significancia para ambas muestras mayor a 0.05, lo cual demuestra que corresponde a una distribución normal.

Tabla 12

Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad pre	,976	12	,962
Disponibilidad post	,944	12	,546

Fuente: Propia

Conocido que los datos obedecen a una distribución normal el contraste de la hipótesis general se realiza con una prueba paramétrica, en este caso la T-Student, en la tabla 5 la estadística de muestras emparejadas evidencia que la media pre menor al post, lo cual indica que con la aplicación del mantenimiento un plan de mantenimiento preventivo se ha logrado incrementar la disponibilidad de 74.75% a 92.83% de las máquinas de producción de la empresa Reinplast.

Tabla 13

Estadística de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Disponibilidad pre	,7475	12	,13088	,03778
	Disponibilidad post	,9283	12	,03512	,01014

Fuente: Propia

Por otro lado, la prueba de muestras emparejadas de T-Student demuestra que la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo mejora en un 18% la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, además se acepta la hipótesis alternativa con un nivel de significancia del 0.000.

Tabla 14

Prueba de muestras emparejadas

	Media	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)
		Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Disponibilidad pre - Disponibilidad post	,18083	,10630	,03069	-,24837	-,11329	-5,893	11	,000

Fuente: Propia

Hipótesis específica 1

H₁: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo reduce el tiempo de mantenibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL Lima – 2022.

H₀: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo no reduce el tiempo de mantenibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL Lima – 2022.

En primer lugar, se verificó la normalidad de los dos tanto del pre y post test de la mantenibilidad (MTTR) con el estadístico de Shapiro-Wilk, donde arrojó un nivel de significancia mayor a 0.05, por lo tanto, los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 15

Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk para la hipótesis 1

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pre-mantenibilidad	,901	12	,162
Post mantenibilidad	,888	12	,112

Fuente: Propia

Debido a los datos provienen de una distribución normal, el contraste de hipótesis se realiza con una prueba paramétrica para este caso la T-Student, donde, las estadísticas de muestras emparejadas de la T-Student indica que el tiempo de mantenibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast se redujo de 50.33 a solo 18.85 horas por mes. En la tabla 8 se presenta el análisis inferencia completo.

Tabla 16

Estadísticas de muestras emparejadas hipótesis 1

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Pre-mantenibilidad	50,3383	12	40,86020	11,79532
	Post mantenibilidad	18,8542	12	12,42346	3,58634

Fuente: Propia

Del mismo modo, la prueba de muestras emparejadas demuestra que efectivamente la aplicación del plan de mantenimiento preventivo reduce en 31.48 hora el tiempo de mantenibilidad de las máquinas de la empresa Reinplast con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia del 0.007 lo cual permite aceptar la hipótesis alternativa 1.

Tabla 17

Prueba de muestras emparejadas para la hipótesis 1

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Pre-mantenibilidad - Post mantenibilidad	31,484 1	33,1477	9,5689	10,4231	52,5452	3,290	11	,007

Fuente: Propia

Hipótesis específica 2

H₁: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de las máquinas de la empresa Reinplast EIRL Lima – 2022.

H₀: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo no mejora la confiabilidad de las máquinas de la empresa Reinplast EIRL Lima – 2022.

Con respecto a la hipótesis específica 2 la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk demuestra que los datos corresponden a una distribución normal ya que tanto los valores de la confiabilidad pre y post test tienen una significancia mayor a 0.05. Tal como se observa en la tabla 10.

Tabla 18
Prueba de normalidad con Shapiro-Wilk para la hipótesis 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pre-confiabilidad	,786	12	,071
Post confiabilidad	,929	12	,367

Fuente: Propia

De acuerdo con la distribución de los datos, el contraste de la hipótesis específica 2 se realiza con la prueba paramétrica de T-Student, donde la estadística de muestras emparejadas demuestra que evidentemente la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo de confiabilidad de 119.80 a 259.62 horas/mes de las máquinas de producción de la empresa Reinplast.

Tabla 19
Estadísticas de muestras emparejadas para la hipótesis 2

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Pre-confiabilidad	119,8300	12	62,15866	17,94366
	Post confiabilidad	259,6283	12	51,85888	14,97037

Fuente: Propia

En consecuencia, la prueba de nuestras emparejadas con un intervalo de confianza de 95% y un nivel de significancia de 0.00 permite aceptar la hipótesis alternativa afirmado que La aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora en 139.80 horas/mes la confiabilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast.

Tabla 20
Prueba de muestras emparejadas para la hipótesis 2

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 Pre confiabilidad - Post confiabilidad	-139,798	64,1880	18,5295	-180,5814	-99,01520	-7,545	11	,000

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

3.1 Discusión

4.1.1 Interpretación comparativa con los antecedentes.

En el presente estudio se llevó a cabo la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina de producción de la empresa Reinplast en el periodo 2022, con el que se logró mejorar la disponibilidad de global de 74.91% a 92.74% lo cual representa una mejora del 18%, coincidiendo con el estudio de Mejía & Ibaran (2021) quien determinó en la evaluación de sus variables que es posible mejorar la disponibilidad hasta en un 97% evitando así paradas no programadas y costos mayores de mantenimiento, en tal sentido, la disponibilidad mejoró en 13% después de reorganizar el plan de mantenimiento preventivo.

Del mismo modo la investigación de Vizcaíno (2019) sobre el mantenimiento de los centros hospitalarios en los cuales se emplearon metodologías complejas, se observó un 55% de disponibilidad con un margen de mejora de 45%, siendo este un rango el cual se pueden realizar planes de mantenimiento para aumentar la disponibilidad, en tal sentido, el rango de disponibilidad hallada en el trabajo de investigación fue de 25%, estando dentro del porcentaje en discusión.

Al respecto Carrera (2022) en su estudio de optimizar el plan de mantenimiento preventivo, fue de tipo aplicativo – experimental, determinó que la disponibilidad de los equipos pueden llegar hasta un 97% evitando paradas no programadas, en tal sentido, en los equipos de producción de la empresa Reinplast, luego de realizar la implementación, se logró un máximo de 93% disponibilidad de los equipos, llegando a la conclusión que los datos obtenidos están dentro del rango establecido por el estudio anterior.

Por otro lado, la implementación del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, nos ha permitido obtener un rango de mejora de 18% siendo el 75% de disponibilidad antes del estudio, y el 93% post implementación, coincidiendo con el estudio de Cabrera & Tapia (2019) cuyo objetivo fue diseñar una propuesta de mejora de un plan de mantenimiento, en donde se llega a obtener un máximo de disponibilidad de 96%.

Al respecto Quiroz & Vega (2022) en su estudio del enfoque de un plan de mantenimiento preventivo en el rubro de fabricación de plásticos, donde se aplicaron instrumentos de recolección de datos, se logró obtener un aumento de disponibilidad de un 13% en los equipos de producción, con ello, el trabajo de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, se encuentra dentro del rango estimado por el estudio, siendo una posibilidad de mejora de un 18% de disponibilidad.

Por otra parte, la implementación del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas de producción de la empresa Reinplast, obtuvo una disponibilidad promedio anual de 18%, coincidiendo con el estudio de Suarez (2019), cuyo estudio fue una investigación metodológica cuantitativa, donde los datos recolectados fueron procesados y permitió mejorar la disponibilidad de los equipos de procesamiento de aguas en un 6% con respecto a la situación inicial.

Al respecto Osorio (2020) en su estudio sobre la situación de las máquinas perforadora de la minera Lincuna, fue un estudio cuantitativo de tipo preexperimental, donde se obtuvo una disponibilidad inicial de 61% a un valor de 89% en el año 2018, siendo un resultado positivo luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo, con ello, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de producción de la empresa Reinplast, se obtuvieron resultados similares y dentro del rango de estudio.

Del mismo modo Leiva (2022) demostró en su trabajo de investigación de un diseño de plan de mantenimiento preventivo, cuyo estudio fue de metodología aplicada con diseño experimental, se puede lograr un incremento de disponibilidad de 10% luego de realizar el estudio, obtuvo una disponibilidad de 91%, así mismo el plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast, generó una disponibilidad dentro del rango de estudio con un margen de 18%.

Por otra parte, el plan de mantenimiento preventivo de la empresa Reinplast, permitió mejorar los tiempos iniciales de MTTR en 50.33 horas a 18.85 horas, y el MTBF de 119.80 horas a 259.62 horas, dichos resultados son respaldados por Ruiz (2019) en su trabajo de investigación que monitorea y mejora el control de los indicadores antes mencionados, para así disminuir las posibles paradas de planta imprevistas.

Por último, los datos tanto del pre y post de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast tuvieron un resultado positivo en cuanto a la disponibilidad de las maquinas en un 92%, estos resultados son respaldados por Alba & Chinchay (2019) en su trabajo de investigación donde se establecieron estrategias que concluyen en una disponibilidad de los equipos aumentó en un 94%.

4.1.2 Limitaciones del estudio

En el proceso del presente estudio, se presentaron diversas limitaciones de estudio, que de alguna manera repercutieron en el diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast EIRL. Una de ellas fue la obtención de datos del flujo de caja, ya que con esa información se hubiese podido calcular los valores de: el costo oportunidad, el costo beneficio y la tasa interna de retorno con mayor exactitud.

El gerente decidió brindarnos los datos de caja de forma parcial y no en su totalidad, aduciendo que lo hace por seguridad de la compañía. Esa es la razón que el flujo de caja y

las otras ecuaciones mencionadas en el párrafo anterior fueron estimadas de acuerdo con la cantidad de producción y al precio de venta de los productos producidos.

Otra de las limitaciones de estudio, fue la poca información que existía de los antecedentes de reparaciones y fallas de las máquinas de producción, esto debido a que no había una persona designada a realizar dicha función, el jefe de operaciones solo anotaba las incidencias más relevantes de los equipos en un archivo Excel, el cual nos ayudó a obtener la información de la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de las máquinas de producción antes de la implementación. Eso impactó en los resultados, ya que, si se hubiésemos tenido los datos exactos, la disponibilidad promedio antes del test hubiese sido menor al 75% y el resultado después del test hubiese sido mayor al 18% de mejora.

4.1.3 Implicancias.

Si bien la implementación de la teoría a la práctica en algunos casos es complicada, para el presente estudio no fue tan complicado, ya que la implementación se hizo solo en 3 máquinas de las 10 existentes en un tiempo de 4 meses, el que la duración haya sido solo 4 meses ayudó a obtener el compromiso de todos los involucrados, ya que los resultados se iban a visualizar en corto plazo.

Inicialmente se tuvo una charla con el gerente, jefe de operaciones y encargado de RR. HH y de manera didáctica, pausada y personalizada se les explicó sobre todos los beneficios que se pueden obtener después de la implementación. Fueron ellos como líderes quienes se encargaron de comunicar a todo el grupo de trabajo de planta, sobre los beneficios que trae contar con un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción.

La primera intervención del mantenimiento preventivo fue la más complicada, ya que se tuvo que parar las 3 máquinas de estudio por todo el turno 1; se pudo observar en principio la preocupación del gerente y el jefe de operaciones por la cantidad de bolsas que se dejaban

de producir en el turno. Era evidente que ellos estaban acostumbrados a parar la operación solo cuando las máquinas fallaran y no por un mantenimiento preventivo.

Implicancia social.

Como parte de la implicancia social, se tuvo que delegar una nueva tarea al jefe de operaciones, encomendándole fungir de almacenero de repuestos que se usarán en los mantenimientos preventivos programados y en los trabajos correctivos menores ejecutado por los técnicos de mantenimiento. Para llevar un buen control de los repuestos usados.

Otra de las implicancias sociales encontradas, fue la resistencia al cambio de los 2 técnicos de mantenimiento para la supervisión y seguimiento de proveedores durante la ejecución del mantenimiento preventivo de las máquinas, ya que ambos estaban acostumbrados solo a reportar las fallas al jefe de operaciones para que este se encargue de toda la gestión. En la figura 24 podemos observar el cálculo que horas hombre que serían necesarios para cubrir el puesto de almacenero y encargado de supervisión de los trabajos preventivos después de la implementación.

Tabla 21

Horas hombre necesarias para cubrir nuevas posiciones

Tipo de trabajo	Cantidad de horas por día	Cantidad de horas por mes	Cantidad de horas por año
Supervisión de trabajos preventivos.	8	0	24
Trabajo de almacenero	8	192	2304
TOTAL HORAS HOMBRE AL AÑO			2328

Fuente Propia

La mencionada resistencia también se pudo percibir en las visitas que se realizaban a planta, ya que se mostraban bastante herméticos y mostraban poca predisposición incluso para las capacitaciones sobre la implementación y nociones básicas del mantenimiento y sus indicadores, que fue dictado por un ingeniero especialista en el rubro.

Implicancia de generación de residuos.

Después de implementación del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción, se tuvo una reducción en la eliminación de residuos propios del mantenimiento, se pasó de eliminar 600 kg de desechos al mes a eliminar 400 kg al mes, ya que las máquinas no sufrían constantes paradas como antes de la implementación, es por ello que se redujo el uso de trapos, aceites, disolventes, entre otros.

El consumo de energía eléctrica también sufrió un impacto positivo, ya que se pasó de consumir 90,000 KWH a 78,000 KWH al mes, esto debido a que los mantenimientos preventivos son programados en la mañana, para aprovechar la luz natural.

También se suma a ello, no tener paradas imprevistas de máquinas en el turno noche, ya que el tener paradas imprevistas de noche implicaba hacer uso de equipos y herramientas en hora punta, donde la facturación eléctrica es mayor.

3.2 Conclusiones

La aplicación de un plan de mantenimiento preventivo logró incrementar hasta un 92.82% la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast Lima - 2022. Las máquinas a las que se les aplicó el plan de mantenimiento preventivo fueron tres donde la extrusora mejoró su disponibilidad hasta un 92%, de igual forma sucede con la paletizadora que su disponibilidad incrementó 91% y por último en la selladora se observó un incremento de su disponibilidad hasta 95%. Los datos se analizaron con el software estadístico SPSS donde se encontró que los datos provienen de una distribución normal por

lo tanto el contraste de las hipótesis se realizó con la prueba paramétrica de T-Student, la cual determinó que se aceptan todas las hipótesis alternativas con un nivel de significancia de 0.000 reafirmando que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente en un 18% la disponibilidad de las máquinas de la empresa Reinplast

En el presente estudio el diagnóstico se llevó a cabo el diagnóstico de la disponibilidad de las máquinas y la situación de los criterios de gestión del mantenimiento, identificando que se tiene un 58% de oportunidad de mejora en la gestión del criterio de manejo de indicadores, del mismo modo se encuentra un 53% de oportunidad en el criterio de desarrollo de planes y programas de mantenimiento y el criterio de procedimientos para la ejecución del mantenimiento con una brecha del 48%. Por otro lado, con los datos tomados de las fichas de indicadores donde se observa que en las tres máquinas presentan un índice de disponibilidad muy baja para el caso de la extrusora solo alcanza en promedio 76%, mientras que la paletizadora solo está disponible en un 68% mensual y la selladora en un 80%, sin duda este grado de disponibilidad trae consigo parada imprevistas de planta tiempo prolongado en la reparación.

Tomando en cuenta el diagnóstico, se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo en dos etapas, la primera se basa en el diseño y planificación, al mismo tiempo esta se subdivide en 6 fases, iniciando por la identificación del contexto de aplicación, seguido por determinar el objetivo del plan de mantenimiento preventivo, luego se realiza el cronograma de aplicación y el programa de capacitación, así como también se actualiza o elabora las fichas técnicas de las máquinas muestra y por último se diseña el procedimiento para la ejecución del mantenimiento preventivo de acorde a las necesidades de Reinplast y sus máquinas. La segunda etapa enfoca sus esfuerzos en la implantación del plan de mantenimiento preventivo que se realiza en cuatro fases iniciando por la elaboración del plan anual de mantenimiento preventivo, seguido por emitir la solicitud de mantenimiento, así

como recibir la orden de trabajo ejecutar las acciones y por último elaborar el informe de ejecución y el cierre de la orden de trabajo.

Es evidente que después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo la disponibilidad global de las máquinas de Reinplast ha mejorado en un 18%, es decir, esta incrementó de 74.75% hasta 92.83% y desglosando por cada máquina en el caso de la extrusora mejoró de 76% hasta 92%, mientras que la paletizadora de 68% hasta un 91% y la selladora de un 80%, hasta el 95% sin duda ha sido una mejora significativa, estos resultados dependen de la mejora en el tiempo de confiabilidad (MTBF) de la maquinaria en 139.8 horas/mes y al mismo tiempo por la reducción del tiempo de mantenibilidad (MTTR) de 50.35 a solo 18.85 horas

REFERENCIAS

- Alba, F., & Chinchay, W. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomedicos – unidad de cuidados intensivos, Hospital Victor Ramos Guardia, Huaraz*. Obtenido de:
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41227>.
- Arango, Rosero & Montoya (2020). *Programación del mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos*. Colombia. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/journal/6139/613964510003/movil/>
- Boero, C. (2020) *Gestión del mantenimiento industrial*. Argentina. Obtenida de:
<https://biblioteca.usat.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=24619>
- Cabrera, E., & Tapia, J. (2019). *Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la central Saymirin, Ecuador*. Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.pe/ec/handle/123456789/17861>.
- Carhuavilca, D. (2021). *Situación del sector plástico en el Perú, Aspectos cuantitativos*. Obtenido de INEI : <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/presentacion-iii-congreso-internacional-plasticos>.
- Carrera, L. (2022). *Optimización Del Plan De Mantenimiento En Las Grúas Punte C-24974 Para Mejorar La Disponibilidad En La Empresa Southern Perú Copper Corporation, Moquegua -*. Moquegua. Obtenido de
https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_e029da695e979c076d662cda69e7e4ad
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* . México : McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

- Leiva, E. (2022). *Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú – Cajamarca 2022*. Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31330/Leiva%20Cercado%20c%20Efrain%20Leodan.pdf?sequence=1>
- Leland, P., & Anthony, P. (2002) *Ingeniería Económica*. México: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Mejia, J., & Ibaran, J. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica de la Región*. TRUJILLO . Obtenido de:
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4821058>.
- Morgan, J. (2023). *Tasa de interés del BCRP Data*. Perú. Obtenido de:
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04709XD/html>.
- Osorio, O. (2020). *Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55XP para mejorar su disponibilidad en una mina subterránea para el año 2020*. Lima. Obtenido de:
<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3604>.
- Perez, M. (2021). *Relación de la gestión financiera y endeudamiento en la droguería SOLFARMA EIRL 2018*. Huancayo. Obtenido de:
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3358789>
- Quiroz, J., & Vega, M. (2022) *Revisión del modelo de gestión de la producción lean manufacturing bajo el enfoque de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia de las pymes de la industria de plástico*. Obtenido de:

<http://hdl.handle.net/10757/660552>.

Rojas, J. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de la planta de chancado de unidad minera en la Libertad*, Trujillo. Obtenido de:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas%20Gonzales%20Jaime%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ruiz, A. (2019). *Caracterización de la función mantenimiento en el sector agroindustrial de la región Piura*. Piura. Obtenido de:

<https://pirhua.udep.edu.pe/items/3ecbe130-d723-483b-bf08-10454ac112f4>.

Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión, formulación y evaluación en Santiago de Chile*. Chile. Obtenido de:

http://daltonorellana.info/wpcontent/uploads/sites/436/2014/08/Proyectos_de_Inversion_Nassir_Sapag_Chain_2Edic.pdf.

Suarez, E. (2019). *Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la empresa Petramás SAC*. LIMA. Obtenido de:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35142>.

Vigo, J. (2020). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Disponibilidad De Las Maquinas De Una Empresa Metalmeccanica Del Sector Industrial*. Lima . Obtenido de:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/2477>

Vizcaíno, M. & Otros. (2019). *Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador*. Ecuador. Obtenido de: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n22/1390-650X-Ingenius-22-00059.pdf>.

ANEXOS

ANEXO N°1: Matriz de consistencia metodológica

Título: “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa REINPLAST EIRL, Lima 2022”.

Problema General	Problemas Específicos	Objetivo General	Objetivos Específicos	Hipótesis	Tipo de Investigación
¿De qué manera la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022?	<p>A) ¿Cómo realizar el diagnóstico de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L.?</p> <p>B) ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad de las máquinas de producción en la empresa Reinplast E.I.R.L.?</p> <p>C) ¿Cómo estimar cual es el beneficio económico que se obtiene de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast E.I.R.L.?</p>	<p>Determinar en qué medida la implementación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.</p>	<p>A) Realizar el diagnóstico de las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L.</p> <p>B) Determinar la influencia de un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas de producción de la empresa Reinplast E.I.R.L.</p> <p>C) Estimar el posible beneficio económico que se obtiene de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Reinplast E.I.R.L.</p>	<p>La implementación del plan de mantenimiento preventivo impacta significativamente en la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Reinplast EIRL, Lima – 2022.</p>	<p>Tipo de investigación cuantitativo de alcance explicativo con un tipo de diseño preexperimental de pre y post test. Población de 10 máquinas de producción, con una muestra de 3 máquinas elegidas por un muestreo no probabilístico por conveniencia.</p>

ANEXO N°2: Matriz de operacionalización de variables


Título: “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa REINPLAST EIRL, Lima 2022”.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Plan de mantenimiento Preventivo	El mantenimiento preventivo consiste en mantener una línea de labores planificadas, que se realizan en tiempo determinados, creados para dar garantía a los activos de una empresa para generar una mejora en la eficiencia y anticipar los errores de las piezas, componentes de las máquinas y/o equipos (Perez, 2021).	Conjunto de actividades programadas, con el fin de mejorar la confiabilidad de los equipos, las actividades van desde la inspección, limpieza, lubricación, hasta el reemplazo de piezas desgastadas (Salgado, Castillo & Santo, 2018)	Planeamiento, programación, ejecución y control.	PMP=porcentaje de mantenimiento planificado (%)
Variable dependiente: Disponibilidad	Es la posibilidad el cual una maquina y/o equipo se encuentre apta para funcionar y/o trabajar cuando se le requiera (Perez, 2021).	La disponibilidad se dimensiona con la confiabilidad y mantenibilidad, y se calcula mediante el MTBF y MTTR respectivamente (Mora, 2009)	Mantenibilidad Confiabilidad Disponibilidad	$MTTR = \text{tiempo medio de reparación}(\text{hr}) / \#fallas$ $MTBF = \text{Tiempo medio de operación}(\text{hr}) / \#fallas$ $D = MTBF / (MTBF + MTTR)$

MAQUINA	FICHA DE REGISTRO DE FALLAS																		N° TOTAL DE FALLAS	TIEMPO TOTAL INOPERATIVO (Minutos)
	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO				
	N° Fallas	Total Horas	T. disponible	N° Fallas	Total Horas	T. disponible	N° Fallas	Total Horas	T. disponible	N° Fallas	Total Horas	T. disponible	N° Fallas	Total Horas	T. disponible	N° Fallas	Total Horas	T. disponible		
Extrusora	1	4	8	1	1	11	2	4	8	2	9	3	1	3	9	2	4	8	9	1500
Selladora	2	8	4	3	10	2	1	7	5	1	1	11	2	4	9	1	3	9	10	1980
Peletizadora	0	0	12	1	3	9	3	2	10	3	10	2	1	7	5	2	4	8	10	1560
Peletizadora	1	3	9	2	4	8	1	3	9	1	3	9	3	2	10	1	7	5	9	1320
Selladora	1	5	7	1	7	5	0	0	12	2	4	8	1	6	6	3	2	10	8	1440
Extrusora	0	0	12	3	2	10	3	2	10	1	7	5	0	0	12	1	6	6	8	1020
Selladora	1	2	10	1	6	6	1	6	6	3	2	10	2	3	9	0	0	12	8	1140
Selladora	0	0	12	0	0	12	1	6	6	1	3	9	1	5	7	2	3	9	5	1020
Peletizadora	2	9	3	2	3	9	0	0	12	2	4	8	1	9	4	1	5	7	8	1740
Extrusora	1	1	11	1	5	7	2	3	9	1	7	5	1	4	8	1	8	4	7	1680
Selladora	3	10	2	1	8	4	1	8	4	3	2	10	2	8	4	1	4	8	11	2400
Extrusora	1	3	9	1	4	8	1	7	5	1	6	6	0	0	12	2	8	4	6	1680
Peletizadora	2	4	8	2	8	4	3	2	10	0	0	12	1	3	9	0	0	12	8	1020
Selladora	1	7	5	0	0	12	1	6	6	2	3	9	0	0	12	1	3	9	5	1140
Extrusora	3	2	10	1	3	9	0	0	12	1	5	7	1	3	9	1	4	8	7	1020
Selladora	1	6	6	1	5	7	2	3	9	1	8	4	1	5	7	2	8	4	8	2100
Extrusora	0	0	12	0	0	12	1	5	7	1	4	8	0	0	12	0	0	12	2	540
Peletizadora	2	3	9	1	2	10	1	8	4	2	8	4	2	3	9	1	3	9	9	1620
Extrusora	1	8	4	0	0	12	1	4	8	0	0	12	1	5	7	1	5	7	4	1320
Selladora	1	9	3	2	9	3	2	8	4	1	3	9	1	8	4	0	0	12	7	2220

Supervisor.
Erenen Gonzales.

Jeje operaciones
Juan León

REINPLAST EIRL 		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL MTBF		
Equipo	Selladora	FECHA		
Supervisor	Ermen Gonzales			
Jefe de operaciones	Juan León	Horómetro	4750	
Fórmula del MTBF	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$			
MES	Horas de parada por mantenimiento	Horas de trabajo	Cantidad de paradas	MTBF
ENERO	336	384	2	24.0
FEBRERO	3	717	12	59.5
MARZO	216	504	1	288.0
ABRIL	5	715	7	101.4
MAYO	19	701	5	136.4
JUNIO	144	576	12	36.0
JULIO	7	713	12	58.8
AGOSTO	22	698	5	135.2
SETIEMBRE	19	701	3	227.3
OCTUBRE	41	679	10	63.8
NOVIEMBRE	7	713	8	88.3
DICIEMBRE	7	713	7	100.9

Fuente: Elaboración Propia

REINPLAST EIRL 		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL MTTR		
Equipo	Selladora	FECHA		
Supervisor	Ermen Gonzales			
Jefe de operaciones	Juan León	Horómetro		4150
Fórmula del MTBF	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$			
MES	Horas de parada por mantenimiento	Número de reparaciones	MTTR	
Enero	332.21	2	166.1	
Febrero	2.86	12	0.2	
Marzo	210.22	1	210.2	
Abril	4.74	7	0.7	
Mayo	20.12	5	4.0	
Junio	132.1	12	11.0	
Julio	7.99	12	0.7	
Agosto	21.33	5	4.3	
Setiembre	20.01	3	6.7	
Octubre	41.01	10	4.1	
Noviembre	7.95	8	1.0	
Diciembre	7.95	7	1.1	

ANEXO 6: Juicio de expertos.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:		IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA REINPLAST E.I.R.L., LIMA - 2022		
Línea de investigación:		Disponibilidad de máquinas.		
Apellidos y nombres del experto:		Hugo Yuben Torzo Rojas		
El instrumento de medición pertenece a la variable:		DEPENDIENTE		
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítem	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
				
				

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA REINPLAST E.I.R.L., LIMA - 2022		
Línea de investigación:	Disponibilidad de máquinas.		
Apellidos y nombres del experto:	Cardozo Corrales Elvis		
El instrumento de medición pertenece a la variable:	DEPENDIENTE		

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le adelantamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítem	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición, facilita el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:


ING. CORRALES
CARDOZO CORRALES
INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 281067