



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad
en máquinas enzunchadoras en la Empresa Fromm Perú S.A.C, Lima
2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Cieza Herrera, Cesar Alberto (orcid.org/0000-0001-5180-7777)

Espillco De La Cruz, Jan Carlos (orcid.org/0000-0002-3108-1208)

ASESOR:

Mg. Acosta Linares, Aldo Alexi (orcid.org/0000-0003-1513-8558)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, a nuestros padres y familiares por estar con nosotros, por su apoyo incondicional para lograr cumplir nuestros objetivos académicos.

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo por contribuir con nuestro desarrollo académico. Adicionalmente, un especial agradecimiento al Mg. Acosta Linares Aldo, por sus asesorías y paciencia durante desarrollo de nuestro proyecto de investigación

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	15
3.1 Tipo y diseño de investigación	15
3.2 Variables y operacionalización	16
3.3 Población y muestra	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5 Procedimientos	22
3.6 Método de análisis de datos	69
3.7 Aspectos éticos	69
IV. RESULTADOS	70
V. DISCUSIÓN	84
VI. CONCLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	96

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de correlación de causas de baja productividad	3
Tabla 2. Frecuencia de causas de baja productividad	3
Tabla 3. Resumen de técnicas e instrumentos por cada variable	21
Tabla 4. Validez de instrumento	21
Tabla 5. Valores de OEE.....	27
Tabla 6. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de agosto)	28
Tabla 7. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de septiembre)	29
Tabla 8. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de octubre).....	30
Tabla 9. Nivel de rangos de productividad	31
Tabla 10. Registro de productividad – Pretest (mes de agosto).....	32
Tabla 11. Registro de productividad – Pretest (mes de septiembre).....	33
Tabla 12. Registro de productividad – Pretest (mes de octubre).....	34
Tabla 13. Identificación de las causas y soluciones	35
Tabla 14. Cronograma de ejecución de mejora.....	36
Tabla 15. Lista de inventario de equipos	37
Tabla 16. Clasificación de equipos en base a la prioridad de sus fallas.....	38
Tabla 17. Ficha técnica de enzunchadora modelo P331	39
Tabla 18. Ficha técnica de enzunchadora modelo P359.....	40
Tabla 19. Ficha técnica de enzunchadora modelo P329.....	40
Tabla 20. Plan de mantenimiento.....	41
Tabla 21. Cronograma de capacitación.....	42
Tabla 22. Lista de equipos a los que se aplicó mantenimiento preventivo	47
Tabla 23. Ficha de inspección de máquinas y/o equipos	48
Tabla 24. Formato de orden de trabajo	49
Tabla 25. Formato de registro de fallas y averías	49
Tabla 26. Formato de control de daños de la máquina	50
Tabla 27. Formato de control de enflejado	51
Tabla 28. Stock de repuestos para las máquinas enzunchadoras	52

Tabla 29. Elementos necesarios para la realización de actividades de mantenimiento en el proceso de enflejado de Zinc	53
Tabla 30. Acciones inmediatas para corrección de anomalías.....	54
Tabla 31. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de febrero)..	56
Tabla 32. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de marzo) ...	57
Tabla 33. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de abril).....	58
Tabla 34. Registro de productividad – Postest (mes de febrero).....	59
Tabla 35. Registro de productividad – Postest (mes de marzo)	60
Tabla 36. Registro de productividad – Postest (mes de abril)	61
Tabla 37. Resumen de la variable mantenimiento preventivo en el pretest y postest	62
Tabla 38. Resumen de la variable productividad en el pretest y postest.....	62
Tabla 39. Lista de costos de herramientas para la implementación.....	63
Tabla 40. Remuneración por servicios profesionales.....	64
Tabla 41. Costo por hora de trabajo.....	64
Tabla 42. Lista de costos de actividades operativas para la aplicación de mantenimiento preventivo	65
Tabla 43. Lista de costos de capacitaciones	65
Tabla 44. Inversión total	66
Tabla 45. Tasa de interés.....	66
Tabla 46. Comparación fallas antes y después de mantenimiento preventivo	66
Tabla 47. Beneficio de aplicación de plan de mantenimiento.....	67
Tabla 48. Mantenimiento de mejora	67
Tabla 49. Flujo de caja proyectado de mantenimiento preventivo.....	68
Tabla 50. Indicadores económicos.....	68
Tabla 51. Tiempo medio entre fallas de pretest y postest	70
Tabla 52. Tiempo medio para la reparación de pretest y postest.....	71
Tabla 53. Nivel de efectividad general del equipo pretest y postest.....	72
Tabla 54. Productividad en el pretest y postest.....	73
Tabla 55. Análisis descriptivo de productividad en el pretest y postest.....	73
Tabla 56. Estadísticos descriptivos de la productividad del pretest y postest	74

Tabla 57. Eficiencia en el pretest y postest	75
Tabla 58. Análisis descriptivo de eficiencia en el pretest y postest	76
Tabla 59. Estadísticos descriptivos de la eficiencia del pretest y postest.....	76
Tabla 60. Eficacia en el pretest y postest.....	77
Tabla 61. Análisis descriptivo de eficacia en el pretest y postest	78
Tabla 62. Estadísticos descriptivos de la eficacia del pretest y postest	78
Tabla 63. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para productividad	79
Tabla 64. Prueba estadística T-Student para productividad.....	80
Tabla 65. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para eficiencia.....	81
Tabla 66. Prueba estadística T-Student para eficiencia	82
Tabla 67. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para eficacia.....	82
Tabla 68. Prueba estadística T-Student para eficacia.....	83

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	2
Figura 2. Diagrama de Pareto	4
Figura 3. Diseño del estudio.....	15
Figura 4. Ubicación de la empresa.....	22
Figura 5. Empresa Fromm Perú.....	23
Figura 6. Organigrama de la empresa FROMM Perú.....	24
Figura 7. Falta de limpieza y orden en área de trabajo	24
Figura 8. Mala operación del operador en la maquina	25
Figura 9. Pasadizo obstaculizado por material.....	25
Figura 10. Falta de mantenimiento de las enzunchadoras.....	26
Figura 11. Falta de mantenimiento y repuestos dañados.....	26
Figura 12. Capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo	43
Figura 13. Capacitación sobre trabajo seguro.....	43
Figura 14. Verificación de la presión de enzunchadoras.....	44
Figura 15. Área de aire comprimido	44
Figura 16. Procedimiento de mantenimiento preventivo	45
Figura 17. Mantenimiento de enzunchadoras	45
Figura 18. Inspección sobre funcionamiento y operatividad de enzunchadoras ...	46
Figura 19. Utilización de carro porta zuncho	46
Figura 20. Inspección de área de trabajo	48
Figura 21. Limpieza de área de trabajo.....	50
Figura 22. Segregación de residuos después de limpieza de área de trabajo	51
Figura 23. Flujograma de procedimiento.....	53
Figura 24. Procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro.....	55
Figura 22. Tiempo medio entre fallas de pretest y postest.....	70
Figura 23. Tiempo medio para la reparación de pretest y postest.....	71
Figura 24. Nivel de efectividad general del equipo pretest y postest.....	73
Figura 25. Productividad en el pretest y postest.....	73
Figura 26. Eficiencia en el pretest y postest.....	75
Figura 27. Eficacia en el pretest y postest.....	77

Resumen

La presente investigación se propuso determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Al respecto, como problemática de estudio se observó una deficiente productividad en el proceso de almacenamiento y depósito. Además, como técnica se empleó la observación y el análisis documental, utilizando como instrumentos informes y las hojas de registro. Asimismo, como muestra se consideró 10 enzunchadoras de modelos P331, P359 y P329, puesto que, considerando la prioridad de las fallas, el 80% de estos modelos requieren atención de emergencia y urgente. El estudio fue de tipo aplicada, de diseño preexperimental y nivel explicativo. De tal forma, se procedió a aplicar el mantenimiento preventivo considerando las instrucciones de fabricante, protocolos genéricos en base a ANSI TAPPI TIP 0305-34 y el estudio de fallos en relación a la criticidad. Como resultado se obtuvo índices de productividad equivalentes a 70,45% en el escenario pretest y de 91,68% en el escenario posttest, esenciándose una mejora de 23,16%. Adicionalmente, al evaluar los resultados se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se concluyó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejoró la productividad en las máquinas enzunchadoras.

Palabras clave: Mantenimiento, preventivo, productividad, eficiencia, eficacia.

Abstract

The purpose of this research was to determine to what extent the application of preventive maintenance improves productivity in the strapping machines at Fromm Perú S.A.C., Lima 2022. In this regard, as a study problem, a deficient productivity in the storage and deposit process was observed. In addition, observation and documentary analysis were used as a technique, using reports and record sheets as instruments. Also, as a sample, 10 P331, P359 and P329 model strapping machines were considered, since, considering the priority of the failures, 80% of these models require emergency and urgent attention. The study was of the applied type, with a pre-experimental design and explanatory level. Thus, preventive maintenance was applied considering the manufacturer's instructions, generic protocols based on ANSI TAPPI TIP 0305-34 and the study of failures in relation to criticality. As a result, productivity indexes equivalent to 70.45% in the pre-test scenario and 91.68% in the post-test scenario were obtained, showing an improvement of 23.16%. Additionally, when evaluating the results, there was a significance of 0.00; therefore, it was concluded that the application of preventive maintenance improved the productivity of the strapping machines.

Keywords: Maintenance, preventive, productivity, efficiency, effectiveness,

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, se registró bajos niveles de productividad y de actividad empresarial, generando un panorama económico negativo (Elmelegy y Zahwi, 2023; Vapski y Pandilov, 2023; World Bank 2023). Al respecto, Guerra y Montes (2019), Park et al. (2022), Runji, Lee y Chu (2022), Xu et al. (2023) y Sun et al. (2023) señalaron que los principales factores que contribuyen al descenso del índice de productividad de equipos son la disponibilidad técnica y los errores en el cumplimiento del plan de mantenimiento. De tal manera, Socconini (2019) sostuvo que entre 10% y 40% de los gastos operativos de una empresa pueden atribuirse al mantenimiento, por lo que se resaltó la necesidad de una implementación efectiva.

En América Latina y el Caribe, la tasa de crecimiento de la productividad a lo largo del periodo histórico 1990 a 2020, se caracterizó por un retraso en la trayectoria evolutiva, debido a que se registró una tasa media de descenso de la productividad intersectorial (Organización Internacional del Trabajo, 2022). En tal sentido, Socconini (2019) indicó que la productividad se enfrenta a varios obstáculos que restringen los resultados que se pueden lograr con los recursos. Sin embargo, en lo que respecta a la productividad en equipos industriales existe la posibilidad de adaptar las máquinas según las necesidades de una empresa (Guerra y Montes, 2019; Park et al., 2022; Li, Kristoffersen y Li, 2022; Vapski y Pandilov, 2023; Liu et al. 2023).

A nivel nacional, Canahua (2021) evidenció que el fallo de los equipos es consecuencia de no realizar las tareas de mantenimiento preventivo, generando pérdidas de tiempo, recursos, materiales y dinero, que como resultado significan bajos niveles de productividad. En ese marco, al sector comercio registró un crecimiento de 3,48% en subsectores mayoristas y 0,85% en subsectores minoristas, debido a la expansión de las líneas de distribución de mercancías al por mayor y el dinamismo de varias ramas del comercio al por menor. Al respecto, los subsectores relacionados al sector comercio, como el transporte, almacenamiento y entrega crecieron en 2,68% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

En relación a lo detallado líneas atrás, Fromm Perú S.A.C. es una empresa del sector comercio dedicada a la venta al por mayor no especificada, almacenamiento y depósito. Además, realiza funciones de venta y mantenimiento de máquinas enzunchadoras, flejadoras neumáticas, fregadoras eléctricas, fregadoras a batería, manuales y otros. En tal sentido, en el área de almacenamiento se observó que las máquinas enzunchadoras presentaban fallas constantes debido a falta de repuestos, mala operación, falta de mantenimiento, entre otros problemas que generaban tiempos improductivos.

Cabe precisar que, analizando los problemas observados en cada una de las espinas del diagrama de Ishikawa (Ver figura 1), se determinó que los factores potenciales que incidían en la productividad fueron la demora en la entrega de repuestos de enzunchadoras; deficiente clasificación de herramientas; falta análisis de información; falta de procedimiento estándar de mantenimiento de enzunchadoras; falta de limpieza de enzunchadoras; desorden en el área de repuestos; sobrecarga de trabajo; deficiente control de requerimientos de repuestos; inadecuada operatividad de enzunchadoras y repuestos de enzunchadoras desgastados.

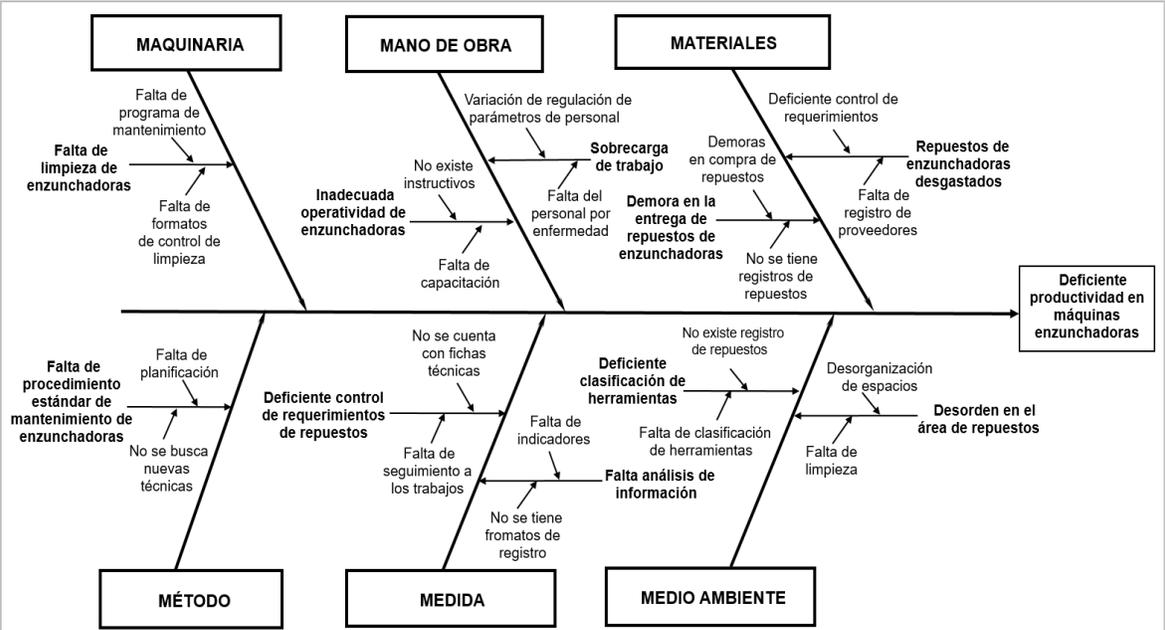


Figura 1. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Realizado en base a lo registrado en la empresa Fromm Perú S.A.C

En esa línea, por medio de la matriz de correlación de causas (Ver tabla 1), se obtuvo el nivel de criticidad de deficiente productividad.

Tabla 1. Matriz de correlación de causas de baja productividad

CAUSAS		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
C1	Falta de limpieza de enzunchadoras	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	5
C2	Inadecuada operatividad de enzunchadoras	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	3
C3	Sobrecarga de trabajo	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	4
C4	Demora en la entrega de repuestos de enzunchadoras	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	7
C5	Repuestos de enzunchadoras desgastados	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3
C6	Falta de procedimiento estándar de mantenimiento de enzunchadoras	1	1	1	1	0	1	0	0	1		5
C7	Deficiente control de requerimientos de repuestos	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	4
C8	Deficiente clasificación de herramientas	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6
C9	Falta análisis de información	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	6
C10	Desorden en el área de repuestos	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	5

Fuente: Realizado en base a lo registrado en la empresa Fromm Perú S.A.C

Adicionalmente, mediante la tabla de frecuencias (Ver tabla 2) se realizó la clasificación de los problemas para lo cual se determinó la frecuencia de causas analizadas.

Tabla 2. Frecuencia de causas de baja productividad

IT	CAUSAS	FRECUENCIA	%	%ACUMULADO
C4	Demora en la entrega de repuestos de enzunchadoras	7	14,58%	14,58%
C8	Deficiente clasificación de herramientas	6	12,50%	27,08%
C9	Falta análisis de información	6	12,50%	39,58%
C6	Falta de procedimiento estándar de mantenimiento de enzunchadoras	5	10,42%	50,00%
C1	Falta de limpieza de enzunchadoras	5	10,42%	60,42%
C10	Desorden en el área de repuestos	5	10,42%	70,83%
C3	Sobrecarga de trabajo	4	8,33%	79,17%
C7	Deficiente control de requerimientos de repuestos	4	8,33%	87,50%
C2	Inadecuada operatividad de	3	6,25%	93,75%
C5	Repuestos de enzunchadoras desgastados	3	6,25%	100,00%
Total		48	100%	-

Fuente: Realizado en base a lo registrado en Fromm Perú S.A.C

En tal sentido, mediante el Diagrama de Pareto (Ver figura 2) se identificó los elementos que debían abordarse y rectificarse lo antes posible para solucionar el problema.

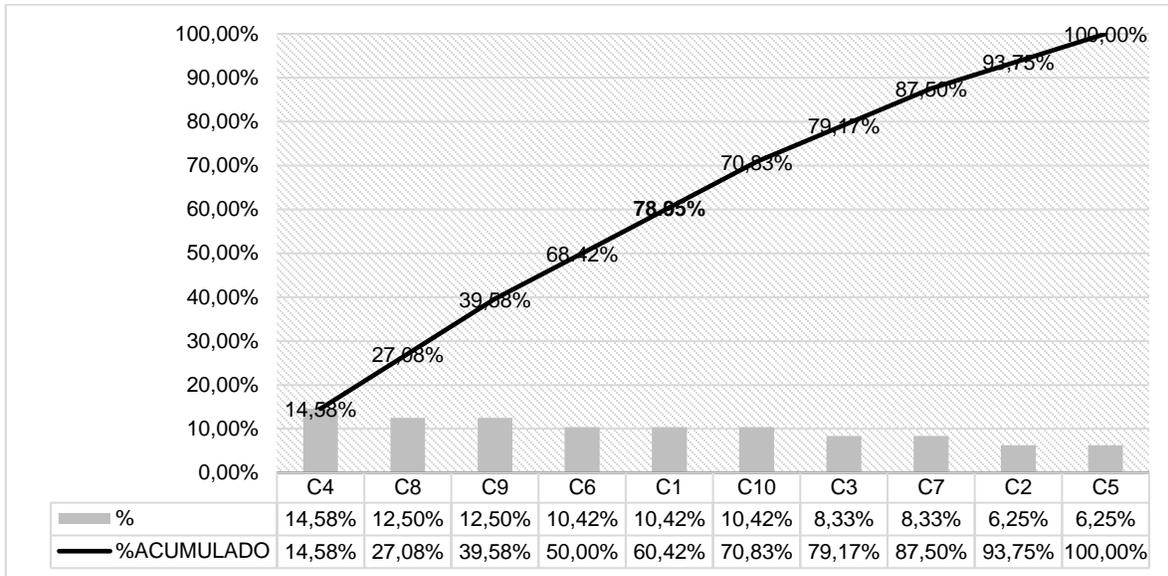


Figura 2. Diagrama de Pareto

Al respecto, se visualizó que la demora en la entrega de repuestos de enzunchadoras; la deficiente clasificación de herramientas; la falta análisis de información; la falta de procedimiento estándar de mantenimiento de enzunchadoras; la falta de limpieza de enzunchadoras; el desorden en el área de repuestos y la sobrecarga de trabajo; en relación al principio 80:20 representaban el 79,17%, por lo cual se evidenció que se necesitaba eliminar de manera prioritaria las 7 primeras causas.

En relación a la problemática expuesta anteriormente, se formuló el problema de investigación de la siguiente manera: ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la Productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022? Además, como problemas específicos se planteó ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022? Y finalmente, ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022?

La presente investigación presentó justificación económica, puesto que al mejorar la productividad se obtuvo un beneficio económico mediante la incorporación de prácticas que permitieron reducir costos. Adicionalmente, considerando los tipos de justificación planteados por Fernández (2020) el estudio se justificó de manera práctica, ya que la investigación se enfocó en dar solución a la baja productividad del servicio de almacenamiento y depósito; de la misma forma, presentó justificación social, ya que el estudio contribuyó en la sensibilización y reducción de fallas en equipos que por su naturaleza ocasionan no solo un problema económico sino también de impacto social. Por otra parte, se justificó metodológicamente, ya que se aplicó el método de mejora de acuerdo a lo planteado por los autores base, los instrumentos utilizados fueron validados mediante juicio de expertos y la confiabilidad fue establecida por la cantidad de datos obtenidos y las fórmulas establecidas respecto a los autores base.

Además, como objetivo general se planteó, determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Adicionalmente, como objetivos específicos se planteó, determinar en qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia de las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022 y determinar en qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia de las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

En tal sentido, como hipótesis general se planteó, la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Al respecto, como hipótesis específicas se propuso, la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia de las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022 y la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia de las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Al respecto, en las siguientes líneas se presenta investigaciones relacionadas al presente estudio.

A nivel internacional, se tuvo en cuenta a Arroyo y Obando (2022) quienes en su estudio titulado *“Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos”*, se propusieron como objetivo principal de realizar un análisis acerca de la importancia de implementar el mantenimiento preventivo en las plantas de producción con el fin de optimizar procesos. El estudio fue de tipo documental con un análisis descriptivo. Como resultado se obtuvo que el mantenimiento preventivo logra una mejora en la productividad hasta de 25%, se redujo los costos de mantenimiento hasta en 30% y se alargó hasta un 50% de tiempo de vida útil de los equipos y maquinarias. Finalmente, se concluyó que mediante el mantenimiento preventivo se alcanza un incremento en la productividad ya que disminuye el reproceso y los productos con defectos.

Landeros et al. (2019) en su investigación titulada *“Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz”*; se plantearon como objetivo principal evaluar si al aplicar el mantenimiento productivo total influye de manera significativa a los indicadores de confiabilidad de los equipos y eficiencia; por lo cual el estudio fue de tipo aplicada y de diseño experimental. Además, los instrumentos empleados fueron las fichas de recolección; obteniendo como resultado que antes de la mejora se alcanzó un nivel de productividad de 77,9% y después de la mejora se incrementó a 82,0% de la productividad; finalmente se llega a concluir que la herramienta del mantenimiento productivo total logra incrementar los niveles de productividad en la empresa.

Martínez-Vivar et al. (2019) en su estudio titulado *“La mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor”*; se propusieron desarrollar un procedimiento integral, el cuál ayude a incrementar la productividad en el trabajo mediante el mantenimiento automotor; además, la investigación de tipo aplicada,

como muestra de estudio consideró a todos los equipos automotores de la empresa, empleando como instrumento las fichas de recolección; obteniendo que la ejecución del planteamiento, la identificación de las capacidades instaladas y la modelización matemática de las tareas, aumenta la capacidad límite; por lo cual se concluyó que la aplicación del procedimiento integral mediante el mantenimiento logró un incremento a casi al 100% en la productividad.

Garcia, Carcel y Mendoza (2019) en su estudio titulado *“Importance of Maintenance, Application To a Textile Industry and Its Evolution in Efficiency”*; utilizaron un diseño preexperimental, considerando los telares como población y un tamaño de muestra de 3 telares, empleando la observación como técnica de investigación. De tal forma, determinaron que el mantenimiento aumenta la productividad en un 78%, garantizando el rendimiento en todo el proceso de producción, y la eficiencia en un 80%, mejorando la competitividad de la empresa. En esa línea, esta investigación establece el marco del vínculo entre mantenimiento y producción, puesto que aportó evidencia empírica.

Guerra y Montes (2019) en su estudio se enfocaron en analizar la productividad, el mantenimiento y la sustitución de maquinaria de minería a cielo abierto, para lo cual se elaboró una descripción completa del movimiento del equipo de fabricación. Al respecto, se obtuvo que la productividad del parque de maquinaria disminuyó entre un 44% y un 51% durante su sexto año de funcionamiento, según el índice de productividad global de los equipos de transporte, los equipos de excavación-carga y los bulldozers. De tal forma, se concluyó que la caída del índice de productividad del parque de máquinas se atribuye a una menor disponibilidad técnica, agravada por una ejecución defectuosa del programa de mantenimiento, puesto que estos datos se relacionan con el plan de compra de los equipos y la fecha prevista de sustitución.

A nivel nacional, se tuvo en cuenta a López et al. (2022) quienes en su estudio titulado *“Aplicación del Crystal Ball en la Gestión del Mantenimiento Preventivo y su influencia en la productividad en una empresa fabricante de cartón”*, se propusieron como objetivo evaluar la eficacia del modelado de simulación para la gestión del

mantenimiento preventivo en la producción de una fábrica de cartón. Esta investigación práctica utilizó un análisis cuantitativo y una técnica experimental, utilizando una muestra de 26 días de fabricación de cartón. Además, una de las herramientas utilizadas fueron las tarjetas de seguimiento del mantenimiento y la producción. En esa línea, se obtuvo que el mantenimiento preventivo incrementó la productividad en un 61,84%, la eficiencia en un 73,85% y la eficacia en un 83,5%, por lo que se concluyó que la gestión productiva del mantenimiento aumenta los niveles de producción.

Canahua (2021) en su estudio *“Implementación del TPM-Lean Manufacturing Metodología para mejorar el equipamiento general Efectividad (OEE) de la Producción de Repuestos a un Empresa Metalmeccánica”*; se propuso aplicar TPM para mejorar la producción de repuestos. De tal manera, se desarrolló una investigación aplicada de diseño preexperimental y se utilizó un mes de producción como muestra, considerando que las empresas pueden descubrir los retos que inhiben su eficiencia y trabajar para encontrar una solución examinando sus datos de producción, por lo cual este enfoque de aplicación intenta disminuir los residuos en las industrias de procesos. En esa línea, como resultado se mejoró el cumplimiento del mantenimiento preventivo del 49,44% al 94,64%. Además, el MTBF anual pasó de 50,86 a 237,65 horas, pero el MTTR se redujo de 7,76 a 0,20 horas. Se concluyó que se mejoró la productividad y los indicadores de mantenimiento de manera progresiva.

Rayme y Diaz (2021) en su estudio *“Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición”*, se propusieron determinar si el mantenimiento preventivo aumenta o no la productividad de los equipos de medición utilizados en la producción de energía, por lo que se realizó una investigación cuantitativa. La población consistió en la inspección durante doce semanas de los equipos de la empresa. Los instrumentos empleados fueron las órdenes de trabajo y los registros de productividad. Asimismo, se alcanzó como resultados un incremento de la eficiencia de 77,08% a 94,75%; en eficiencia se alcanzó un incremento de 76,66% a 91,16%; finalmente un incremento en la producción de

58,66% a 86,58%. En consecuencia, se concluyó que es correcto afirmar que la gestión de mantenimiento aumenta la productividad.

Guimarey, Hernández y Vásquez (2021) en su estudio "*Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC*" se planteó aumentar la eficacia de la sección de corte en una empresa textil. El estudio cuantitativo tuvo como muestra a toda la mano de obra y los métodos de investigación incluían la observación directa y un cuestionario. En esa línea, tras implantar las herramientas 5'S, la estandarización de procesos, un plan de mantenimiento preventivo y formación; la productividad aumentó de 1,93 a 2,17 unidades por hora, de 4,4 a 4,85 unidades por kilogramo y de 0,142 a 0,189 unidades por día. Al respecto, se determinó que la productividad de la empresa en horas/hombre y los costes de materiales e insumos esenciales habían aumentado un 12% y un 25%, respectivamente.

León, Medina y Méndez (2020) en su estudio titulado "*Aplicación de la mejora continua para incrementar la productividad de la empresa J.C. Astilleros-División Minera*"; se propusieron aumentar la producción de la División Minera de J.C. Astilleros S.A., dedicada a la fabricación de grava, mediante la aplicación de estrategias de desarrollo continuo. El estudio utilizó un diseño preexperimental y las hojas de registro de productividad como instrumentos; por lo cual en la evaluación de la productividad obtuvieron una línea base de productividad de 34.8%; siendo que después de aplicar herramientas de mejora como la gestión de mantenimiento, la productividad aumentó a 85.4%; concluyendo que la estrategia de mejora continua produjo los mejores resultados.

En esa línea, luego de haber presentado los antecedentes, se detalla los conceptos teóricos importantes para conocer las variables que se están estudiando. En relación a la variable independiente, Pérez (2021) sostuvo que el mantenimiento es el procedimiento mediante el cual el personal encargado de una determinada área o unidad mantiene a punto los equipos, máquinas, componentes e instalaciones empleados en una actividad de fabricación o transformación.

Desde otro enfoque, Praedicow et al. (2022) señalaron que existen tres tipos de mantenimiento, que abarcan a grandes rasgos el mantenimiento correctivo, el

mantenimiento preventivo y el mantenimiento de mejora. En lo que respecta, al mantenimiento preventivo Butler et al. (2022) indicaron que se subdivide en mantenimiento preventivo impulsado por el equipo, en el que incluye auto programaciones, señales de equipo, límites de control, por deficiencia o según sea necesario; mantenimiento predictivo que incluye el análisis estadístico, tendencias, monitoreo de vibraciones, tribología, termografía, ultrasonido y otras pruebas no destructivas y en base al tiempo, que se caracteriza por ser periódico, de intervalos fijos, límites máximos de tiempo y tiempo específico.

De igual forma, Pérez (2021) detalló que el mantenimiento preventivo hace referencia a una serie de acciones, incluidos cambios o sustituciones, y se basa en una serie de tareas o actividades planificadas que se realizan en intervalos definidos para garantizar que los activos de la empresa cumplen las funciones requeridas dentro del entorno operativo con el fin de maximizar la eficiencia del proceso; por lo cual no de los principales objetivos es garantizar que una máquina funcionará según lo requerido.

En esa línea, Pérez (2021) sostuvo que para el estudio de mantenimiento preventivo se requiere considerar la disponibilidad que es la probabilidad de que una máquina sea accesible siempre que se necesite y la fiabilidad que es probabilidad de que la máquina funcione en todo momento según las necesidades del usuario, a fin de que el mantenimiento preventivo mejora la accesibilidad y fiabilidad de los dispositivos y equipos.

El mantenimiento preventivo (MP), desde la perspectiva de Pérez (2021) se clasifica en 3 categorías que abarcan el cubrimiento del MP enfocado en examinar el porcentaje de equipos o instrumentos críticos que cuentan con planes de mantenimiento preventivo; ejecución del MP enfocado en la frecuencia con la que se llevan a cabo los procesos de gestión de proyectos y los trabajos generados por el número de tareas de mantenimiento necesarias creadas por iteraciones de MP.

Al respecto, el mantenimiento preventivo (MP) desde la perspectiva de Salgado, Martínez y Santos (2018) es una serie de exámenes y ajustes frecuentes que se realizan en un sistema para garantizar su funcionamiento perfecto y fiable, puesto

que el fabricante ha diseñado programas de mantenimiento rutinario para todos los componentes del sistema con el fin de reducir la posibilidad de fallos del sistema, por lo cual los componentes comunes del mantenimiento preventivo incluyen inspecciones, limpiezas, lubricaciones, ajustes, alineaciones y sustituciones de piezas envejecidas o rotas.

Por otro lado, Gallará y Pontelli (2020) señalaron que el mantenimiento preventivo es una técnica para prevenir el mal funcionamiento o el bajo rendimiento de los equipos mediante la identificación de puntos problemáticos, por lo cual requiere planificación, constancia e inspecciones frecuentes para detectar fallos.

En ese orden de ideas, considerando que Gallará y Pontelli (2020) detallan aspectos prácticos y teóricos, se tuvo en cuenta los pasos que indicaron para la aplicación y evaluación del mantenimiento preventivo. De tal manera, se tuvo en cuenta que es necesario manejar información actualizada sobre la gestión del mantenimiento en base a como se administran las órdenes de trabajo (Alves et al., 2022; Praedicow et al., 2022; Runji, Lee y Chu, 2022). Además, se tuvo en cuenta las múltiples señales para transmitir las interrupciones del servicio y los retrasos en el mantenimiento, ya que esto indica si el sistema es capaz de generar informes detallando el número de intervenciones que se planificaron, ejecutaron, aplazaron o modificaron de otro modo (Alves et al., 2022; Sun et al., 2023; Xu et al., 2023). En esa línea, como dimensiones de mantenimiento preventivo se planteó el mantenimiento basado en el tiempo (TBM) y la efectividad general del equipo (OEE).

Respecto al mantenimiento basado en el tiempo, Gallará y Pontelli (2020) señalaron que es un método de servicio de equipos que inspecciona componentes importantes de forma periódica para disminuir la posibilidad de que se produzcan fallos costosos en la productividad, la seguridad y la calidad, por lo cual la previsión de fallos es un resultado del desarrollo del mantenimiento, siendo el tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación, indicadores fundamentales para la gestión de mantenimiento.

En particular, el tiempo medio entre fallas (MTBF) es una métrica esencial para evaluar la eficacia de un programa de mantenimiento, por lo cual, para un equipo

concreto, el MTBF se calcula dividiendo el número total de horas que funcionó un equipo durante el periodo de análisis entre el número total de fallos que sufrió durante ese tiempo (Gallará y Pontelli, 2020; Elmelegy y Zahwi 2023).

Además, el tiempo medio para reparación (MTTR) es una métrica que se calcula dividiendo el número total de fallos notificados durante el mismo periodo de tiempo por la suma de todos los tiempos de intervención causados por fallos del equipo o del sistema, por lo cual se refiere a los tiempos de reparación típicos (Gallará y Pontelli, 2020).

Por otra parte, la efectividad general del equipo es una métrica de la capacidad de un equipo para producir sin errores, por lo que para medirlo es esencial recopilar datos y evaluarlos (Gallará y Pontelli, 2020). Además, Socconini (2019) sostuvieron que el indicador OEE es una forma de medir la productividad de las máquinas mediante un resultado en porcentaje, esto integrando a la disponibilidad que tienen los equipos, el rendimiento y la calidad que se tiene en el proceso de producción. En esa línea, según Gallará y Pontelli (2020) el OEE es una métrica que se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = Disp \times R \times Ic$$

La disponibilidad hace referencia a la proporción del tiempo que la máquina estuvo operando realmente, entre el tiempo disponible o programado para operar, dicho de otro modo, se mide el tiempo realmente productivo de las máquinas (Gallará y Pontelli, 2020).

$$Disp = \frac{\textit{Tiempo operativo de las máquinas}}{\textit{Tiempo disponible de las máquinas}}$$

El rendimiento refiere al correcto aprovechamiento de la operatividad de la máquina durante el tiempo de funcionamiento (Gallará y Pontelli, 2020).

$$R = \frac{\textit{Total unidades producidas}}{\textit{Producción programada}}$$

Además, la calidad que hace referencia a la cantidad producida en unidades que cumplan con los estándares de calidad establecidos, es decir la cantidad de

productos que no se encuentren ninguna falla a los que se puede denominar productos buenos (Gallar y Pontelli, 2020).

$$Ic = \frac{\textit{Total de unidades Buenas}}{\textit{Total de unidades producidas}}$$

Por otra parte, respecto a la variable productividad Alamar y Guijarro (2018) sostuvieron que es la relación entre los beneficios de una empresa y el capital invertido en sus operaciones; es un indicador esencial tanto de la salud de una empresa como de la eficacia de su gestión.

De igual forma, Gómez y Brito (2020) sostuvieron que la productividad es la tasa de creación de nuevos productos y servicios por unidad de tiempo y esfuerzo invertidos, por lo cual la productividad de una empresa puede aumentar de dos maneras, enfocándose en aumentar la producción y reduciendo los insumos o reduciendo los insumos y aumentando la producción, reduciendo los costes de los recursos. En otras palabras, la productividad se entiende como la cantidad de producción generada por un determinado conjunto de recursos, por lo cual puede utilizarse para determinar la eficiencia con la que utiliza sus insumos (recursos).

La productividad en cualquier sistema de producción de bienes o servicios es proporcional a la eficiencia con que se consiguen esos productos en relación con los insumos, por lo cual es crucial, ya que determina la supervivencia partiendo de esta premisa, puesto que las empresas han puesto en marcha una amplia gama de sistemas de control, todos ellos con el objetivo de impulsar la productividad mejorando las métricas clave de rendimiento (Ganivet, 2017).

En esa línea, el valor monetario de la eficiencia tpica de la producción se calcula comparando las entradas con los resultados, puesto que los ingresos totales del proceso de fabricación se calculan restando la suma de los insumos de la suma de los resultados, debida a lo cual la productividad de una empresa depende en gran medida de diferentes factores (Beigel y Gallardo, 2021).

Cabe precisar que, la productividad total de los factores, elemento de la eficacia industrial, estimula el crecimiento económico, siendo que este indicador difiere de

otros en que no puede evaluarse directamente, sino que el método de estimación, el número total de componentes de producción observables y la función de producción subyacente influyen en la precisión con la que puede medirse (Céspedes, Lavado y Ramírez, 2020).

Desde otro enfoque, Fontalvo et al. (2017) sostuvieron que la productividad se define como una métrica en la cual se incluye componentes y acciones para lograr un resultado, por lo cual las mejoras se traducen en la capacidad de producir los mismos o mejores resultados con menos o los mismos recursos.

En esa línea, considerando aspectos teóricos y prácticos se seleccionó como autores base a Fontalvo et al. (2017), puesto que la información detallada se alinea al contexto de estudio. Al respecto, como dimensiones de estudio se consideró la eficiencia y eficacia.

La eficiencia es la capacidad de lograr un objetivo definido en el menor tiempo posible y con el menor número de recursos; por lo que permite evaluar el uso adecuado de los recursos para alcanzar determinados objetivos (Fontalvo et al., 2017)

$$Eficiencia = \frac{Horas\ máquina\ trabajadas}{Horas\ máquina\ Disponibles}$$

La eficacia es una métrica que permite determinar el logro de objetivos, evidenciando el potencial para generar los resultados previstos (Fontalvo et al., 2017).

$$Eficacia = \frac{Producción\ real}{Producción\ programada}$$

Respecto a las formas de medir productividad, Fontalvo et al. (2017) mencionaron que la productividad resulta del buen o mal aprovechamiento y asignación de recursos, por lo cual el cálculo de productividad se obtiene de la multiplicación de eficiencia y eficacia.

$$Productividad = Eficiencia \times Eficacia$$

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Los estudios aplicados según Hernández, Sampiere, Mendoza (2018) son aquellos que aportan una solución viable, por lo cual, mediante diversos métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos, permiten dar solución a una problemática. En tal sentido, en base a la aplicación de teorías sobre mantenimiento preventivo se mejoró la productividad en las enzunchadoras.

En tal sentido, los estudios de enfoque cuantitativo son secuenciales y se cuantifican a partir de indicadores debido a la naturaleza de su estudio; como resultado, se utilizan para examinar prácticas empresariales de éxito en gestión, marketing, fabricación y desarrollo organizativo (Hernández, Sampiere, Mendoza, 2018). Al respecto, el enfoque del estudio fue cuantitativa, ya que las variables se midieron a partir de los indicadores considerados en la investigación, mediante el procesamiento de datos numéricos.

3.1.2 Diseño de investigación

Los diseños experimentales son investigaciones basadas en hechos en los que se manipula la variable independiente para averiguar cómo cambia la variable dependiente (Hernández, Sampiere, Mendoza, 2018). De tal manera, el estudio fue de diseño experimental de tipo preexperimental, puesto que se tuvo un solo grupo de estudio, que fue analizado antes y después de la aplicación de mantenimiento preventivo.

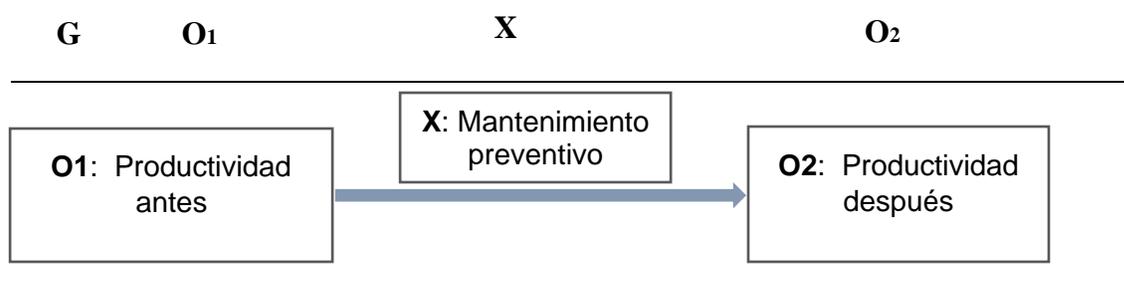


Figura 3. Diseño del estudio

Donde:

O1: Productividad antes de la mejora

x: Mantenimiento preventivo

O2: Productividad después de la mejora

Al respecto, la investigación explicativa es aquella que se emplea para dar respuesta o cuenta de la explicación del objeto investigado, siendo fundamental la aplicación de enfoques analíticos y sintéticos, así como de procedimientos deductivos e inductivos (Baena, 2017). En esa línea, la investigación es explicativa, puesto que a partir de los resultados se explicó la variación de la variable dependiente.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Mantenimiento preventivo

- **Definición conceptual:** El mantenimiento preventivo es una técnica para prevenir el mal funcionamiento o el bajo rendimiento de los equipos mediante la identificación de puntos problemáticos, por lo cual requiere planificación, constancia e inspecciones frecuentes para detectar fallos (Gallarà y Pontelli, 2020,p.16).
- **Definición operacional:** El mantenimiento preventivo es un conjunto de acciones realizadas para prevenir fallas en los equipos, por lo cual, en base a la evaluación de la magnitud del fallo para cada equipo, se estableció el efecto sobre la empresa en su conjunto y se elaboró el plan de mantenimiento, midiéndose la evolución de la aplicación mediante el mantenimiento basado en el tiempo (TBM) y la efectividad general del equipo (OEE).

Dimensión 1: mantenimiento basado en el tiempo (TBM)

El TBM es un método de servicio de equipos que inspecciona componentes importantes de forma periódica para disminuir la posibilidad de que se produzcan fallos costosos en la productividad, la seguridad y la calidad, por lo cual la previsión de fallos es un resultado del desarrollo del mantenimiento (Gallarà y Pontelli, 2020,p.57).

- **Indicadores**

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$$

MTBF: Tiempo medio entre fallas (H)

$\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H)

CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)

Tiempo medio para reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$$

MTTR: Tiempo medio para reparación (H)

$\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H)

CF : Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)

Dimensión 2: Efectividad General del equipo (OEE)

La Efectividad General del equipo es una métrica de la capacidad de un equipo para producir sin errores, por lo que para medirlo es esencial recopilar datos y evaluarlos (Gallarà y Pontelli, 2020,p.141).

Indicadores

Nivel de efectividad General del equipo

$$OEE = D \times R \times C$$

OEE: Efectividad general del equipo (%)

D: Disponibilidad (%)

R: Rendimiento (%)

C: Calidad (%)

Variable dependiente: Productividad.

- **Definición conceptual:** La productividad se define como una métrica en la cual se incluye componentes y acciones para lograr un resultado, por lo cual las mejoras se traducen en la capacidad de producir los mismos o mejores resultados con menos o los mismos recursos (Fontalvo et al., 2017,p.50).
- **Definición operacional:** La productividad es la métrica que se evalúa considerando el funcionamiento de equipos para lograr el resultado de producción esperado, por lo cual se mide a través de la eficiencia y eficacia en el servicio de almacenamiento.

Dimensión 1: Eficiencia

La eficiencia es la capacidad de lograr un objetivo definido en el menor tiempo posible y con el menor número de recursos; por lo que permite evaluar el uso adecuado de los recursos para alcanzar determinados objetivos (Fontalvo et al., 2017,p.52).

Indicadores

Nivel de eficiencia

$$Efn = \frac{HMT}{HMD}$$

Efn: Nivel de eficiencia (%)

HMT:Horas máquina trabajadas (Und)

HMD: Horas máquina disponibles (Und)

Dimensión 2: Eficacia

La eficacia es una métrica que permite determinar el logro de objetivos, evidenciando el potencial para generar los resultados previstos (Fontalvo et al., 2017,p.51).

Indicadores

Nivel de eficacia

$$Efc = \frac{PR}{PP}$$

Efc:Nivel de eficacia (%)

PR: Producción real (Und)

PP: Producción programada (Und)

- **Escala de medición:** Razón

En esa línea, en la matriz de operacionalización de variables (Ver anexo 1) se detalló las variables y sus respectivas dimensiones con indicadores. Además, se tuvo en cuenta la matriz de consistencia (Ver anexo 2); en la cual se especificó los objetivos, preguntas e hipótesis del estudio.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

En lo que respecta al término población Hernández, Sampiere, Mendoza (2018) sostuvieron que es el conjunto de los casos de interés que se alinean a una serie de características comunes. Al respecto, como población se consideró el total de máquinas ubicadas en el área de almacenamiento y depósito, siendo 20 enzunchadoras de la empresa Fromm Perú; de las cuales se recolectó los datos a fin de obtener información de la disponibilidad operativa de las enzunchadoras en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2022 para el pretest; Noviembre, diciembre del 2022 y enero del 2023 para la aplicación de la mejora; y febrero, marzo y abril del año 2023 para el postest.

- **Criterios de inclusión:** Se consideró todas las máquinas enzunchadoras dentro de las instalaciones del área de almacenamiento y depósito de la empresa Fromm Perú, durante el periodo de estudio.
- **Criterios de exclusión:** No se consideró como parte del estudio las máquinas enzunchadoras de otras áreas de la empresa Fromm Perú. Además, no se consideró actividades corporativas como días trabajados.

3.3.2. Muestra

La muestra desde el enfoque de Hernández, Sampiere, Mendoza (2018) es un subgrupo de la población o universo. En tal sentido, la muestra estuvo conformada por 10 enzunchadoras de modelos P331, P359 y P329; ubicadas en el área de almacenamiento y depósito; puesto que, considerando la prioridad de las fallas, el 80% de estos modelos requieren atención de emergencia y urgente. De tal manera, para la recopilación de información se consideró un turno de 8 horas, en el cual se

evaluó la disponibilidad operativa de las 10 máquinas enzunchadoras, en base a la producción real y programada de los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2022 para el pretest; y febrero, marzo y abril del año 2023 para el postest.

3.3.3. Muestreo

Al respecto, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que la elección de los elementos no dependía de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características de la investigación (Hernández, Sampiere, Mendoza, 2018).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas e instrumentos cuando se presenta un problema, son la estrategia que permite un examen profundo del estudio (Escudero y Cortez, 2018).

Técnicas

- La observación directa, desde la perspectiva de Baena (2017) es el método por el cual se recoge información sin que el investigador dirija a los implicados y se orienta según el sentido de la observación, permitiendo el contacto con el entorno sin renunciar a la objetividad ni al rigor científico.
- Análisis documental, para Ñaupas et al. (2018) es un enfoque esencial en cualquier investigación, ya que se utiliza para obtener información sobre el tema.

Instrumentos

Los instrumentos, desde el enfoque de Ñaupas et al. (2018) son cualquier medio tangible que ayude a la recolección sistemática y organizada de datos, por lo que incluye herramientas y equipos digitales.

Hojas de registro, según Ñaupas et al. (2018) son aquellas herramientas que se usan para la recogida de datos, ya que permite evaluar las hipótesis de investigación y tiene un alto grado de validez.

En tal sentido, como instrumento se empleó los formatos de registro de cumplimiento de tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparación y el índice

de mantenimiento periódico. Además, se utilizó formatos para registrar la productividad, mediante los cuales se calculó los tiempos que demora la máquina para realizar un enzunchado y el tiempo de trabajo durante el periodo laboral.

Tabla 3. Resumen de técnicas e instrumentos por cada variable

Variable	Técnicas	Instrumentos
Mantenimiento preventivo	Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> - Hoja de registro de inspección de máquinas y/o equipos - Hoja de registro de inventario de equipos - Hoja de registro de codificación de las máquinas enzunchadoras - Hoja de registro de equipos en base a la prioridad de sus fallas - Hoja de registro de fallas y averías - Hojas de registro de control de daños de máquina
	Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"> - Informes de fallas - Procedimientos - Fichas técnicas de equipos - Hoja de registro de capacitaciones - Hoja de registro de mantenimiento preventivo - Hojas de registro de ordenes de trabajo
Productividad	Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"> - Registros de productividad - Informes de producción programada - Informes de producción real

Fuente. Formatos de instrumentos (Ver anexo 4)

Validez

Respecto a la validez para recopilar datos un instrumento debe ser validado, lo que se describe como el grado en que el instrumento puede medir con precisión la variable de estudio (Hernández, Sampiere, Mendoza, 2018). La precisión con la que un instrumento mide la variable dependiente se denomina validez, por lo que en otras palabras debe medir correctamente todos los criterios para los que fue diseñado.

En esa línea, la validez de los instrumentos fue examinada por el juicio de expertos en base a validadores temáticos y metodológicos de la Universidad César Vallejo.

Tabla 4. Validez de instrumento

Jurados	Pertinencia	Relevancia	Claridad
Validador 1	Sí	Sí	Sí
Validador 2	Sí	Sí	Sí
Validador 3	Sí	Sí	Sí

Fuente. Certificados de validez de instrumentos (Ver anexo 5)

Confiabilidad

La confiabilidad, según Hernández, Sampiere, Mendoza (2018) se determina por la medida con la que un instrumento ofrece los mismos resultados tras un uso repetido. De tal forma, la confiabilidad fue establecida por la cantidad de datos obtenidos y las fórmulas establecidas según los autores base.

3.5 Procedimientos.

3.5.1. Situación actual de la empresa

Información de la empresa

La empresa Fromm Per S.AC inició sus actividades el 1 de septiembre de 2018, dedicándose a una amplia gama de actividades de comercio internacional, almacenamiento y depósito. La sede de la empresa se encuentra ubicada en Lurín. Además, la empresa cuenta con 75 empleados y colabora con cinco proveedores de servicios, por lo que se centra en la venta, mantenimiento y alquiler de aparatos, rollos de amarre de poliéster y polipropileno. Al respecto, atiende predominantemente a los sectores industrial, agroindustrial y minero.

Base legal:

Razón Social: Fromm PERÙ

Nombre Comercial: Fromm

RUC: 20603526229

Dirección: Carretera panamericana sur km 29.5 Megacentro- Lurín-Lima

Ubicación geográfica de la empresa Fromm Perú

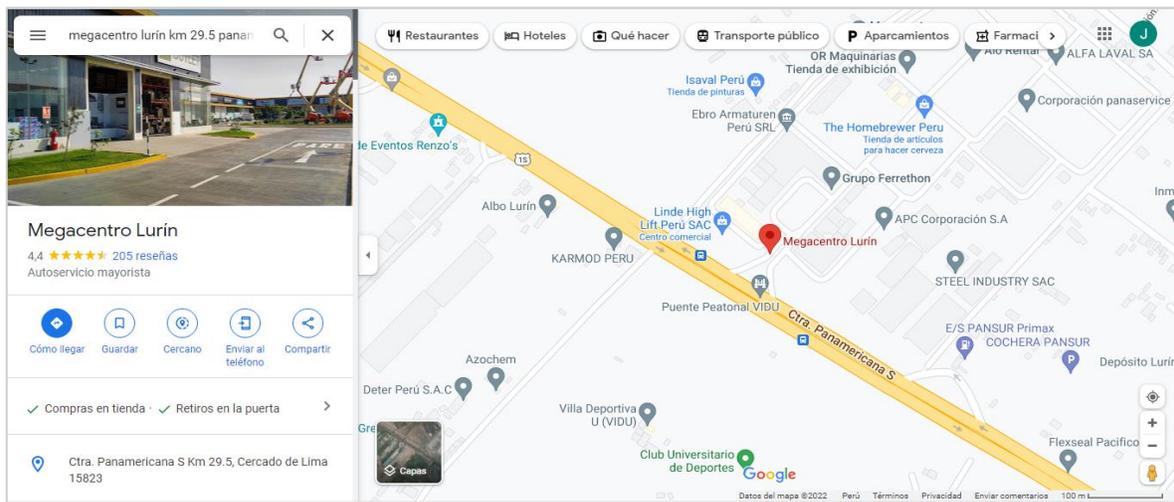


Figura 4. Ubicación de la empresa



Figura 5. Empresa Fromm Perú

Visión

Nuestro objetivo es ser el líder mundial de la industria de flejes de PET ofreciendo una mejor calidad de producto y un excepcional servicio al cliente.

Misión

Nuestro objetivo es ir más allá para nuestros clientes y consumidores, ya que nuestro personal es la base de nuestra dedicación y espíritu de crecimiento.

Organigrama

Los departamentos de Fromm Perú incluyen gestión, administración, contabilidad, recursos de personal, logística, almacenamiento, comercio, seguridad, operaciones, mantenimiento, tecnología de la información y garantía de calidad. En esa línea, los departamentos realizan su trabajo habitual al tiempo que ayudan a la empresa a alcanzar sus objetivos.

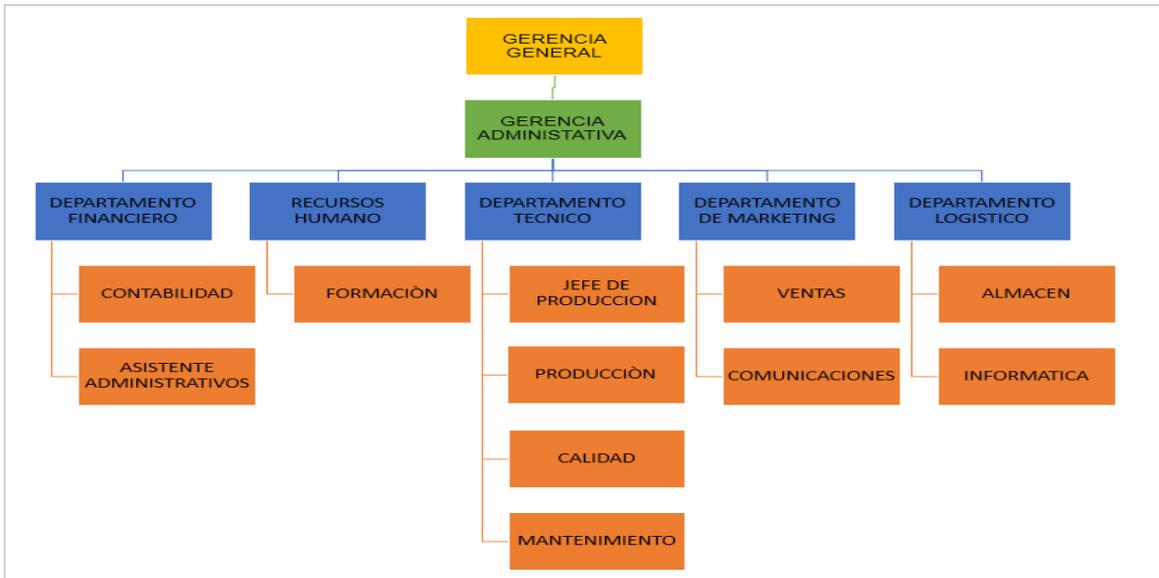


Figura 6. Organigrama de la empresa FROMM Perú.

3.5.2. Problemática

A continuación, se muestran evidencias fotográficas de la realidad problemática del área de almacenamiento y depósito de la empresa Fromm Perú.



Figura 7. Falta de limpieza y orden en área de trabajo

En la figura 7 se observó que no existe un orden establecido, por lo que se evidenció repuestos en mal estado, mesa de trabajo con repuestos usados, materiales y

bolsas sueltas, que generaban demoras en la ejecución de mantenimiento, ya que al momento de la realización de actividades de cambio de repuestos los operarios se demoraban buscando los repuestos necesarios.

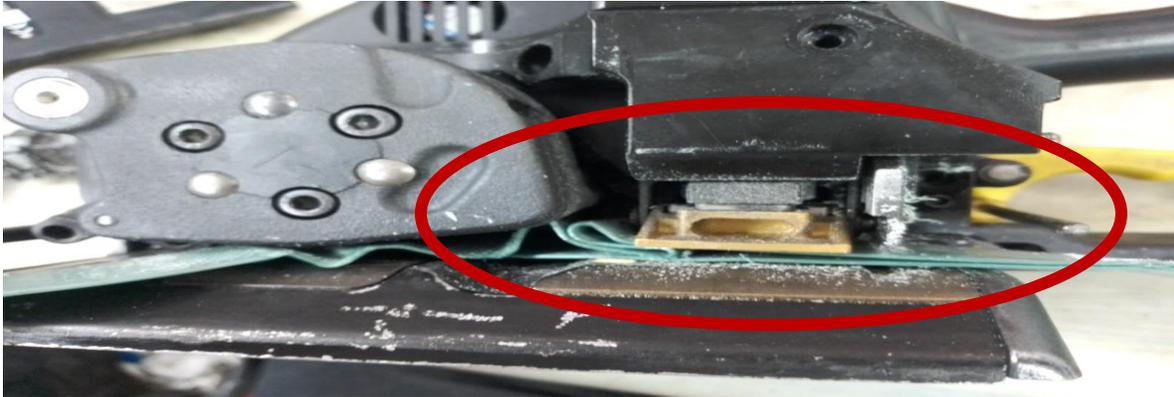


Figura 8. Mala operación del operador en la maquina

En la figura 8 se evidenció que la maquina enzunchadora presentaba problemas en el sistema de tensado y sistema de sellado, debido al deficiente mantenimiento, cambio de zuncho y mala operación, ya que se visualizó una doble acción en el mismo sistema ocasionando un doble sellado y trabamiento del equipo con el zuncho, originando tiempos improductivos. Cabe detallar que, al presentarse estos problemas de trabado de equipo, se deterioran los componentes de cuchilla que se dañan por la fuerza generada en trabamiento, siendo necesario un cambio de pieza.



Figura 9. Pasadizo obstaculizado por material

En la figura 9 se observó que el pasadizo se encuentra obstaculizado con materiales, lo cual origina la demora en llegar al acceso del almacén y poder recoger los repuestos para el mantenimiento de las maquinas.

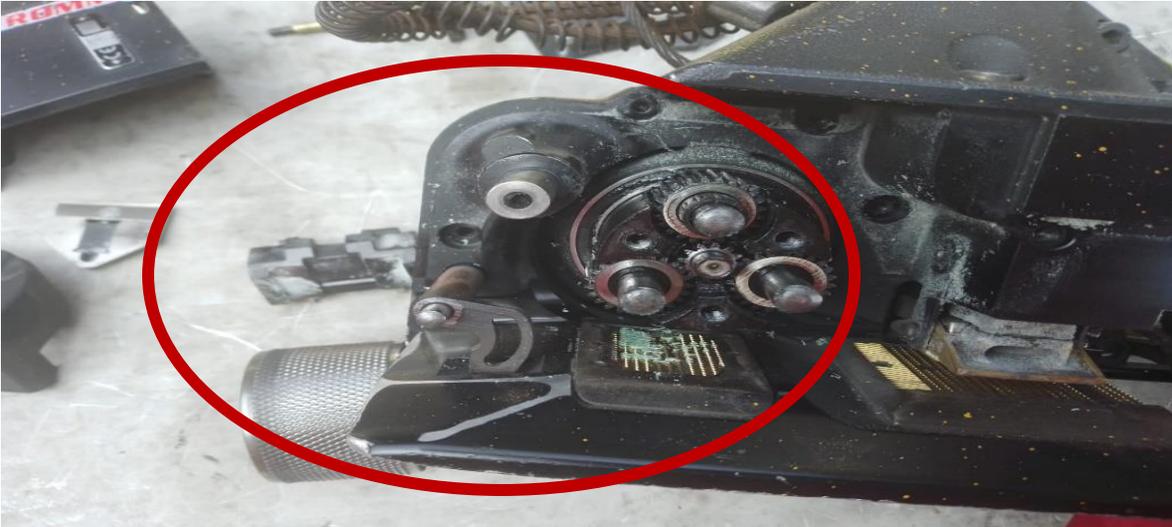


Figura 10. Falta de mantenimiento de las enzunchadoras

En la figura 10 se observó que algunas máquinas enzunchadoras estaban inoperativas por falta de mantenimiento, lo cual originaba retrasos en la producción de los enflejados



Figura 11. Falta de mantenimiento y repuestos dañados

En la figura 11 se visualizó repuestos dañados en el equipo por falta de mantenimiento, por lo que al estar dañado el equipo estaba inoperativo.

3.5.3. Datos y resultados de la variable independiente.

Variable independiente: Mantenimiento preventivo – pretest

En lo que respecta a la evaluación de mantenimiento preventivo se procedió a analizar los datos en base a datos históricos, en este caso se consideró como meses de estudio; agosto, septiembre y octubre del año 2022 para el pretest. Cabe precisar que, solo se consideró el primer turno, es decir 8 horas laborables. Además, solo se evaluó a 10 máquinas enzunchadoras. En tal sentido, la información fue recolectada mediante hojas de registro de datos considerando la interpretación de los resultados para el nivel de eficacia de los equipos (OEE) según los valores de OEE (Ver tabla 5).

Tabla 5. Valores de OEE

NIVEL	VALOR
Inaceptable	OEE < 65 %
Regular	65% < OEE < 75%
Aceptable	75% < OEE < 85%
Buena	85% < OEE < 95%
Excelencia	OEE > 95%

Fuente. Socconini (2019)

Al respecto, en la tabla 6 se observó que, en el mes de agosto, el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 7,35 horas, de la misma manera se evidenció que el tiempo medio de reparación fue de 1,52 horas en promedio. Asimismo, se visualizó que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) fue de 57,06%, es decir se encontraba en un nivel inaceptable.

Adicionalmente, se evidenció en la tabla 7 que, en el mes de septiembre, el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 8,09 horas, de la misma manera se observó que el tiempo medio de reparación es de 1,36 horas en promedio. Además, se evidenció que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) fue de 59,58%, es decir se encontraba en un nivel inaceptable. Cabe detallar que, los datos de producción real y programada se puede visualizar a detalle en el anexo 6.

Tabla 6. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de agosto)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Mes: Agosto		Área: Almacén				Elaborado por: Cieza Cesar y Espilco							
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)					
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos					
		Tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O./T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos)/prod. Programada)		OEE	
								Prod. Defectuosa	CALIDAD				
1	1/08/2022	65,7	10	6,57	14,3	10	1,43	82,13%	75,00%	10	70,00%	43,12%	
2	2/08/2022	66,1	12	5,51	13,9	12	1,16	82,63%	72,50%	8	68,50%	41,03%	
3	3/08/2022	62,65	11	5,70	17,35	11	1,58	78,31%	67,50%	5	65,00%	34,36%	
4	4/08/2022	63,8	10	6,38	16,2	10	1,62	79,75%	82,00%	6	79,00%	51,66%	
5	5/08/2022	62,05	11	5,64	17,95	11	1,63	77,56%	91,50%	3	90,00%	63,87%	
6	6/08/2022	69,35	7	9,91	10,65	7	1,52	86,69%	80,00%	6	77,00%	53,40%	
7	8/08/2022	67,9	8	8,49	12,1	8	1,51	84,88%	93,50%	8	89,50%	71,03%	
8	9/08/2022	61,4	11	5,58	18,6	11	1,69	76,75%	86,00%	9	81,50%	53,79%	
9	10/08/2022	65,3	10	6,53	14,7	10	1,47	81,63%	87,50%	7	84,00%	59,99%	
10	11/08/2022	66,75	8	8,34	13,25	8	1,66	83,44%	91,50%	6	88,50%	67,57%	
11	12/08/2022	59,75	13	4,60	20,25	13	1,56	74,69%	87,50%	5	85,00%	55,55%	
12	13/08/2022	63,8	8	7,98	16,2	8	2,03	79,75%	86,00%	4	84,00%	57,61%	
13	15/08/2022	70,25	8	8,78	9,75	8	1,22	87,81%	94,50%	6	91,50%	75,93%	
14	16/08/2022	68,5	7	9,79	11,5	7	1,64	85,63%	89,00%	7	85,50%	65,16%	
15	17/08/2022	69,75	9	7,75	10,25	9	1,14	87,19%	91,50%	8	87,50%	69,80%	
16	18/08/2022	67,65	10	6,77	12,35	10	1,24	84,56%	88,50%	9	84,00%	62,86%	
17	19/08/2022	62,35	11	5,67	17,65	11	1,60	77,94%	86,00%	9	81,50%	54,63%	
18	20/08/2022	62,6	11	5,69	17,4	11	1,58	78,25%	65,00%	8	61,00%	31,03%	
19	22/08/2022	61,35	11	5,58	18,65	11	1,70	76,69%	74,00%	7	70,50%	40,01%	
20	23/08/2022	64,85	9	7,21	15,15	9	1,68	81,06%	87,50%	7	84,00%	59,58%	
21	24/08/2022	65,7	9	7,30	14,3	9	1,59	82,13%	90,50%	8	86,50%	64,29%	
22	25/08/2022	69,2	8	8,65	10,8	8	1,35	86,50%	82,00%	6	79,00%	56,03%	
23	26/08/2022	70,3	6	11,72	9,7	6	1,62	87,88%	81,50%	5	79,00%	56,58%	
24	27/08/2022	69,8	7	9,97	10,2	7	1,46	87,25%	86,00%	9	81,50%	61,15%	
25	29/08/2022	68,15	9	7,57	11,85	9	1,32	85,19%	96,50%	7	93,00%	76,45%	
PROMEDIO				7,35			1,52					57,06%	

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C

Tabla 7. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de septiembre)

FROMM <small>PACKAGING SYSTEMS</small>		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Mes: Setiembre		Área: Almacén				Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo							
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)					
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos					
		Tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O / T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos) /prod. Programada)		OEE	
								Prod. Defectuosos	CALIDAD				
1	1/09/2022	67,3	9	7,48	12,7	9	1,41	84,13%	96,50%	9	92,0%	74,69%	
2	2/09/2022	68,3	6	11,38	11,7	6	1,95	85,38%	80,00%	8	76,0%	51,91%	
3	3/09/2022	68,2	9	7,58	11,8	9	1,31	85,25%	86,00%	11	80,5%	59,02%	
4	5/09/2022	70,7	11	6,43	9,3	11	0,85	88,38%	82,00%	10	77,0%	55,80%	
5	6/09/2022	70,45	10	7,05	9,55	10	0,96	88,06%	91,00%	8	87,0%	69,72%	
6	7/09/2022	69,75	9	7,75	10,25	9	1,14	87,19%	69,00%	7	65,5%	39,40%	
7	8/09/2022	67,75	13	5,21	12,25	13	0,94	84,69%	74,50%	9	70,0%	44,16%	
8	9/09/2022	65,35	10	6,54	14,65	10	1,47	81,69%	94,00%	10	89,0%	68,34%	
9	10/09/2022	67,05	6	11,18	12,95	6	2,16	83,81%	79,00%	11	73,5%	48,67%	
10	12/09/2022	73,5	6	12,25	6,5	6	1,08	91,88%	88,50%	8	84,5%	68,71%	
11	13/09/2022	72,75	7	10,39	7,25	7	1,04	90,94%	93,50%	9	89,0%	75,67%	
12	14/09/2022	68,8	5	13,76	11,2	5	2,24	86,00%	87,00%	7	83,5%	62,47%	
13	15/09/2022	69,25	6	11,54	10,75	6	1,79	86,56%	94,00%	8	90,0%	73,23%	
14	16/09/2022	65,6	8	8,20	14,4	8	1,80	82,00%	89,00%	9	84,5%	61,67%	
15	17/09/2022	68,3	10	6,83	11,7	10	1,17	85,38%	99,50%	6	96,5%	81,97%	
16	19/09/2022	67,2	9	7,47	12,8	9	1,42	84,00%	86,00%	9	81,5%	58,88%	
17	20/09/2022	66,8	7	9,54	13,2	7	1,89	83,50%	82,00%	4	80,0%	54,78%	
18	21/09/2022	69,25	10	6,93	10,75	10	1,08	86,56%	88,50%	6	85,5%	65,50%	
19	22/09/2022	70,05	9	7,78	9,95	9	1,11	87,56%	85,50%	7	82,0%	61,39%	
20	23/09/2022	62,75	13	4,83	17,25	13	1,33	78,44%	81,00%	10	76,0%	48,29%	
21	24/09/2022	67,75	10	6,78	12,25	10	1,23	84,69%	88,50%	11	83,0%	62,21%	
22	26/09/2022	68,25	11	6,20	11,75	11	0,79	85,31%	77,50%	8	73,5%	48,60%	
23	27/09/2022	68,3	12	5,69	11,7	12	0,74	85,38%	88,50%	9	84,0%	63,47%	
24	28/09/2022	70,65	8	8,83	9,35	8	1,17	88,31%	80,00%	8	76,0%	53,69%	
25	29/09/2022	63,8	10	6,38	16,2	10	1,62	79,75%	81,00%	6	78,0%	50,39%	
26	30/09/2022	63,8	10	6,38	16,2	10	1,62	79,75%	78,00%	7	74,5%	46,34%	
PROMEDIO				8,09			1,36					59,58%	

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C

Tabla 8. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Pretest (mes de octubre)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
Mes: Octubre		Área: Almacén				Elaborado por: Cieza Cesar y Espilloco						
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)				
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos				
		tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O / T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos) /prod. Programada)		OEE
								Prod. Defectuosa	CALIDAD			
1	01/10/2022	65,5	12	5,46	14,5	12	1,21	81,88%	85,50%	7	82,00%	57,40%
2	03/10/2022	66,3	10	6,63	13,7	10	1,37	82,88%	87,50%	8	83,50%	60,55%
3	04/10/2022	63,6	12	5,30	16,4	12	1,37	79,50%	80,00%	9	75,50%	48,02%
4	05/10/2022	61,2	15	4,08	18,8	15	1,25	76,50%	80,50%	12	74,50%	45,88%
5	06/10/2022	64,8	8	8,10	15,2	8	1,90	81,00%	74,50%	6	71,50%	43,15%
6	07/10/2022	71,3	11	6,48	8,7	11	0,79	89,13%	87,00%	8	83,00%	64,36%
7	08/10/2022	71,1	10	7,11	8,9	10	0,89	88,88%	95,00%	5	92,50%	78,10%
8	10/10/2022	59,2	15	3,95	20,8	15	1,39	74,00%	78,50%	9	74,00%	42,99%
9	11/10/2022	65,1	7	9,30	14,9	7	2,13	81,38%	80,00%	10	75,00%	48,83%
10	12/10/2022	71,5	11	6,50	8,5	11	0,77	89,38%	88,50%	12	82,50%	65,25%
11	13/10/2022	56,9	9	6,32	23,1	9	2,57	71,13%	80,00%	6	77,00%	43,81%
12	14/10/2022	58,2	10	5,82	21,8	10	2,18	72,75%	95,00%	7	91,50%	63,24%
13	15/10/2022	63,5	8	7,94	16,5	8	2,06	79,38%	88,00%	5	85,50%	59,72%
14	17/10/2022	63,6	11	5,78	16,4	11	1,49	79,50%	81,00%	8	77,00%	49,58%
15	18/10/2022	59,3	10	5,93	20,7	10	2,07	74,13%	77,00%	9	72,50%	41,38%
16	19/10/2022	65,2	10	6,52	14,8	10	1,48	81,50%	81,00%	3	79,50%	52,48%
17	20/10/2022	62,3	11	5,66	17,7	11	1,61	77,88%	90,00%	11	84,50%	59,22%
18	21/10/2022	67,3	8	8,41	12,7	8	1,59	84,13%	88,00%	15	80,50%	59,59%
19	22/10/2022	63,8	8	7,98	16,2	8	2,03	79,75%	94,50%	8	90,50%	68,20%
20	24/10/2022	67,8	9	7,53	12,2	9	1,36	84,75%	90,00%	6	87,00%	66,36%
21	25/10/2022	67,3	1	67,30	12,7	1	12,70	84,13%	80,00%	10	75,00%	50,48%
22	26/10/2022	63,5	7	9,07	16,5	7	2,36	79,38%	90,50%	8	86,50%	62,14%
23	27/10/2022	66,3	8	8,29	13,7	8	1,71	82,88%	93,50%	12	87,50%	67,80%
24	28/10/2022	62,3	7	8,90	17,7	7	2,53	77,88%	92,50%	9	88,00%	63,39%
25	29/10/2022	66,8	10	6,68	13,2	10	1,32	83,50%	84,00%	8	80,00%	56,11%
26	31/10/2022	64,7	11	5,88	15,3	11	1,39	80,88%	76,00%	11	72,00%	45,13%
PROMEDIO				9,11			2,06					56,28%

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C

En lo que respecta al mes de octubre se observó en la tabla 8 que el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 9,11 horas, de la misma manera se evidenció que el tiempo medio de reparación fue de 2,06 horas en promedio. Asimismo, se evidenció que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) fue de 56,28%, es decir se encontraba en un nivel inaceptable.

3.5.3. Datos y resultados de la variable dependiente

Variable dependiente: Productividad – pretest

A fin de evaluar los datos de productividad se procedió a analizar los datos para el pretest en base a datos históricos, por lo cual se consideró como periodo de análisis los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2022. En tal sentido, la información fue recolectada mediante fichas de recolección de datos considerando las horas máquina real que es el tiempo de operación de los equipos analizados, por lo cual la interpretación de los resultados para productividad se realizó según niveles de rangos de productividad (Ver tabla 9).

Tabla 9. Nivel de rangos de productividad

Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal	61 % - 80 %
Buena	81 % - 90 %
Excelente	91 % - 100%

Fuente: Socconini (2019)

Al respecto, en la tabla 10 se observó que la eficiencia en el mes de agosto del 2022 fue de 82,25%; la eficacia de 84,52%; por lo cual al multiplicar la eficiencia por la eficacia se obtuvo una productividad mensual de 69,52%, es decir se evidenció un nivel normal de productividad. Adicionalmente, en la tabla 11 se visualizó que el cálculo de la eficiencia en el mes de septiembre del 2022 fue de 85,18%; la eficacia de 85,38%; por lo cual al multiplicar la eficiencia por la eficacia se obtuvo una productividad mensual de 72,77%, es decir se evidenció un nivel normal de productividad.

Tabla 10. Registro de productividad – Pretest (mes de agosto)

		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Agosto		Área: Almacén		Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	01/08/2022	65,70	80	82,13%	150	200	75,00%	61,59%
2	02/08/2022	66,10	80	82,63%	145	200	72,50%	59,90%
3	03/08/2022	62,65	80	78,31%	135	200	67,50%	52,86%
4	04/08/2022	63,80	80	79,75%	164	200	82,00%	65,40%
5	05/08/2022	62,05	80	77,56%	183	200	91,50%	70,97%
6	06/08/2022	69,35	80	86,69%	160	200	80,00%	69,35%
7	08/08/2022	67,90	80	84,88%	187	200	93,50%	79,36%
8	09/08/2022	61,40	80	76,75%	172	200	86,00%	66,01%
9	10/08/2022	65,30	80	81,63%	175	200	87,50%	71,42%
10	11/08/2022	66,75	80	83,44%	183	200	91,50%	76,35%
11	12/08/2022	59,75	80	74,69%	175	200	87,50%	65,35%
12	13/08/2022	63,80	80	79,75%	172	200	86,00%	68,59%
13	15/08/2022	70,25	80	87,81%	189	200	94,50%	82,98%
14	16/08/2022	68,50	80	85,63%	178	200	89,00%	76,21%
15	17/08/2022	69,75	80	87,19%	183	200	91,50%	79,78%
16	18/08/2022	67,65	80	84,56%	177	200	88,50%	74,84%
17	19/08/2022	62,35	80	77,94%	172	200	86,00%	67,03%
18	20/08/2022	62,60	80	78,25%	130	200	65,00%	50,86%
19	22/08/2022	61,35	80	76,69%	148	200	74,00%	56,75%
20	23/08/2022	64,85	80	81,06%	175	200	87,50%	70,93%
21	24/08/2022	65,70	80	82,13%	181	200	90,50%	74,32%
22	25/08/2022	69,20	80	86,50%	164	200	82,00%	70,93%
23	26/08/2022	70,30	80	87,88%	163	200	81,50%	71,62%
24	27/08/2022	69,80	80	87,25%	172	200	86,00%	75,04%
25	29/08/2022	68,15	80	85,19%	193	200	96,50%	82,21%
PROMEDIO DEL MES				82,25%			84,52%	69,52%

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C., 2022

Tabla 11. Registro de productividad – Pretest (mes de septiembre)

		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Setiembre		Área: Almacén		Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	1/09/2022	67,30	80	84,13%	193	200	96,50%	81,18%
2	2/09/2022	68,30	80	85,38%	160	200	80,00%	68,30%
3	3/09/2022	68,20	80	85,25%	172	200	86,00%	73,32%
4	5/09/2022	70,70	80	88,38%	164	200	82,00%	72,47%
5	6/09/2022	70,45	80	88,06%	182	200	91,00%	80,14%
6	7/09/2022	69,75	80	87,19%	138	200	69,00%	60,16%
7	8/09/2022	67,75	80	84,69%	149	200	74,50%	63,09%
8	9/09/2022	65,35	80	81,69%	188	200	94,00%	76,79%
9	10/09/2022	67,05	80	83,81%	158	200	79,00%	66,21%
10	12/09/2022	73,50	80	91,88%	177	200	88,50%	81,31%
11	13/09/2022	72,75	80	90,94%	187	200	93,50%	85,03%
12	14/09/2022	68,80	80	86,00%	174	200	87,00%	74,82%
13	15/09/2022	69,25	80	86,56%	188	200	94,00%	81,37%
14	16/09/2022	65,60	80	82,00%	178	200	89,00%	72,98%
15	17/09/2022	68,30	80	85,38%	199	200	99,50%	84,95%
16	19/09/2022	67,20	80	84,00%	172	200	86,00%	72,24%
17	20/09/2022	66,80	80	83,50%	164	200	82,00%	68,47%
18	21/09/2022	69,25	80	86,56%	177	200	88,50%	76,61%
19	22/09/2022	70,05	80	87,56%	171	200	85,50%	74,87%
20	23/09/2022	62,75	80	78,44%	162	200	81,00%	63,53%
21	24/09/2022	67,75	80	84,69%	177	200	88,50%	74,95%
22	26/09/2022	68,25	80	85,31%	155	200	77,50%	66,12%
23	27/09/2022	68,30	80	85,38%	177	200	88,50%	75,56%
24	28/09/2022	70,65	80	88,31%	160	200	80,00%	70,65%
25	29/09/2022	63,80	80	79,75%	162	200	81,00%	64,60%
26	30/09/2022	63,80	80	79,75%	156	200	78,00%	62,21%
PROMEDIO DEL MES				85,18%			85,38%	72,77%

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C., 2022

Tabla 12. Registro de productividad – Pretest (mes de octubre)

		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Octubre		Área: Almacén			Elaborado por: Cieza Cesar y Espilco			
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	1/10/2022	65,5	80	81,88%	171	200	85,50%	70,00%
2	3/10/2022	66,3	80	82,88%	175	200	87,50%	72,52%
3	4/10/2022	63,6	80	79,50%	160	200	80,00%	63,60%
4	5/10/2022	61,2	80	76,50%	161	200	80,50%	61,58%
5	6/10/2022	64,8	80	81,00%	149	200	74,50%	60,35%
6	7/10/2022	71,3	80	89,13%	174	200	87,00%	77,54%
7	8/10/2022	71,1	80	88,88%	190	200	95,00%	84,43%
8	10/10/2022	59,2	80	74,00%	157	200	78,50%	58,09%
9	11/10/2022	65,1	80	81,38%	160	200	80,00%	65,10%
10	12/10/2022	71,5	80	89,38%	177	200	88,50%	79,10%
11	13/10/2022	56,9	80	71,13%	160	200	80,00%	56,90%
12	14/10/2022	58,2	80	72,75%	190	200	95,00%	69,11%
13	15/10/2022	63,5	80	79,38%	176	200	88,00%	69,85%
14	17/10/2022	63,6	80	79,50%	162	200	81,00%	64,40%
15	18/10/2022	59,3	80	74,13%	154	200	77,00%	57,08%
16	19/10/2022	65,2	80	81,50%	162	200	81,00%	66,02%
17	20/10/2022	62,3	80	77,88%	180	200	90,00%	70,09%
18	21/10/2022	67,3	80	84,13%	176	200	88,00%	74,03%
19	22/10/2022	63,8	80	79,75%	189	200	94,50%	75,36%
20	24/10/2022	67,8	80	84,75%	180	200	90,00%	76,28%
21	25/10/2022	67,3	80	84,13%	160	200	80,00%	67,30%
22	26/10/2022	63,5	80	79,38%	181	200	90,50%	71,83%
23	27/10/2022	66,3	80	82,88%	187	200	93,50%	77,49%
24	28/10/2022	62,3	80	77,88%	185	200	92,50%	72,03%
25	29/10/2022	66,8	80	83,50%	168	200	84,00%	70,14%
26	31/10/2022	64,7	80	80,88%	155	200	77,50%	62,68%
PROMEDIO DEL MES				80,69%			85,37%	68,96%

Fuente: Datos históricos de la empresa Fromm Perú S.A.C.,2022

Además, en la tabla 12 se visualizó que el cálculo de la eficiencia en el mes de octubre del 2022 fue de 80,69%; la eficacia de 85,37%; por lo cual al multiplicar la eficiencia por la eficacia se obtuvo una productividad mensual de 68,96%, es decir se evidenció un nivel normal de productividad.

3.5.5. Propuesta de mejora.

Para la elaboración de la propuesta de mejora se realizó el análisis de causas que se detallan en la tabla de causas y soluciones. En tal sentido, respecto a la aplicación de mantenimiento preventivo, debido a la imposibilidad de prepararse para todos los escenarios imaginables, Gallará y Pontelli (2020) señalaron que es necesario desarrollar una serie de acciones o pasos a la hora de mantener una empresa, puesto que la producción requiere una respuesta de mantenimiento eficaz, pero se reconoce que seguir pasos estandarizados es extremadamente difícil. En esa línea, debe existir un equilibrio en la sección de planificación, para que no se generen sobrecargas y no cometer errores al programar el mantenimiento. Al respecto, en relación al contexto y sector de la empresa, se seleccionó la herramienta de mejora (Ver anexo 3) y se formuló las acciones de mejora en base a la metodología planteada por Gallará y Pontelli (2020), puesto que de manera practica se ajusta a la realidad de la empresa.

Tabla 13. Identificación de las causas y soluciones

Causas	Solución		
	Metodología de solución	Etapas	Acciones de mejora
Causa 1: Falta de stock de repuestos	Mantenimiento preventivo	Fase 1: Relevamiento y evaluación inicial	Inventario de repuestos
Causa 2: Falta de procedimiento estándar de mantenimiento de enzunchadoras		Fase 2: Programación del mantenimiento	Plan de mantenimiento preventivo
Causa 3: Paradas inesperadas de las máquinas		Fase 3: Eliminación del deterioro	Registro de los mantenimientos
Causa 4: Equipos en malas condiciones			Realizar la limpieza del área de trabajo
Causa 5: Lugar de trabajo desordenado			Capacitación al personal
Causa 6: Falta de limpieza de enzunchadoras		Fase 4: Implementación del TBM	Actividades de mantenimiento y verificación
Causa 7: Personal no capacitado			

Fuente: Elaborado en base a las acciones de mejora según fases de mantenimiento preventivo

Implementación de la mejora

Tabla 14. Cronograma de ejecución de mejora

		CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA											
		Actividades	MES - AÑO										
			Nov-22			Dic-22			Ene-23				
Planificar la implementación de mejora	1	Planificar las actividades											
	1.1.	Coordinación gerencial y supervisión de mantenimiento	■	■	■								
	1.2.	Diagnóstico y análisis de la problemática		■	■								
Plan de mantenimiento preventivo	2	Plan de mantenimiento preventivo											
	2.1.	Codificación de máquinas y/o equipos			■	■							
	2.2.	Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo			■	■							
	3	Ficha de inspección de máquinas y/o equipos											
	3.1.	Formato de orden de trabajo				■	■						
	3.2.	Hoja de registro de daños				■	■						
	3.3.	Hoja de registro de averías				■	■						
Realizar la limpieza del área de trabajo	4	Limpieza general					■						
	4.1.	Cronograma de limpieza						■	■	■	■	■	■
	4.2.	Segregación de desechos y desperdicios							■				
	4.3.	Orden del espacio								■			
	4.4.	Clasificación de herramientas									■		
	4.5.	Asignación de tareas										■	
Inventario de repuestos	5	Elaboración de inventario de los repuestos										■	
Capacitación al personal	6	Capacitación al personal operativo										■	
	6.1.	Charla 1										■	
	6.2.	Charla 2											■
	6.3.	Charla 3											■
	6.4.	Charla 4											■
Actividades de mantenimiento y verificación	7	Actividades de mantenimiento y verificación											■
	7.1	Mantenimiento de enzunchadoras											■
	7.2	Inspección sobre funcionamiento y operatividad de enzunchadoras											■
	7.3	Utilización de carro porta zuncho											■
	7.4	Elaboración de inventario de los repuestos											■
	7.5	Procedimiento de trabajo seguro de mantenimiento											■

Fuente: Elaborado según orden de actividades de mejora.

Al respecto, la implementación de mantenimiento preventivo se realizó en base a Gallará y Pontelli (2020) por lo cual considerando el contexto y sector de la empresa se tuvo en cuenta las siguientes fases:

Fase 1: Relevamiento y evaluación inicial

Respecto a la fase relevamiento y evaluación inicial es necesario tener un conocimiento completo del entorno y de los recursos de planificación accesibles,

por lo cual se recopiló la información sobre los equipos. En tal sentido, se elaboró la lista de inventario, puesto que es fundamental para la programación del mantenimiento. De tal manera, se almacenó los datos en Excel, para que se pueda acceder fácilmente para revisarlos y modificarlos cuando sea necesario.

Tabla 15. *Lista de inventario de equipos*

 HOJA DE REGISTRO DE INVENTARIO DE EQUIPOS					EMPRESA	FROMM PERÚ
					ÁREA	ALMACÉN
ÍTEM	CÓDIGO DE LA MÁQUINA	CÓDIGO DE UBICACIÓN	CÓDIGO DE MODELO	SERIE	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	
1	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100444	P359	49.0514	10044	Enzunchadora neumatica para zuncho de 25 / 1.27	
2	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100445	P359	49.0514	10044	Enzunchadora neumática	
3	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100501	P359	49.0514	10050	Enzunchadora neumática	
4	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100512	P359	49.0514	10051	Enzunchadora neumática	
5	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105308	P331	43.0286	10530	Enzunchadora eléctrica	
6	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105309	P331	43.0286	10530	Enzunchadora Eléctrica	
7	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104280	P331	43.0286	10428	Enzunchadora Eléctrica	
8	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104281	P331	43.0286	10428	Enzunchadora Eléctrica	
9	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124146	P329	43.2532	12414	Enzunchadora Eléctrica	
10	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124147	P329	43.2532	12414	Enzunchadora Eléctrica	
11	P328 CODIGO 43.2531 SERIE 134147	P328	43.2531	13414	Enzunchadora neumática para zuncho de 25 / 1.27	
12	P319 CODIGO 43.2552 SERIE 127149	P319	43.2552	12714	Enzunchadora neumática para zuncho de 25 / 1.27	
13	P339 CODIGO 43.2536 SERIE 128150	P339	43.2536	12815	Enzunchadora neumática para zuncho de 25 / 1.27	
14	P348 CODIGO 43.0232 SERIE 123151	P348	43.0232	12315	Enzunchadora neumática	
15	P369 CODIGO 43.2732 SERIE 121142	P369	43.2732	12114	Enzunchadora eléctrica	
16	P379 CODIGO 43.0532 SERIE 123154	P379	43.0532	12315	Enzunchadora Eléctrica	
17	P368 CODIGO 43.0332 SERIE 122154	P368	43.0332	12215	Enzunchadora Eléctrica	
18	P319 CODIGO 43.1532 SERIE 123155	P319	43.1532	12315	Enzunchadora neumática para zuncho de 25 / 1.27	
19	P347 CODIGO 43.3532 SERIE 122156	P347	43.3532	12215	Enzunchadora neumática	
20	P391 CODIGO 43.1532 SERIE 123157	P391	43.1532	12315	Enzunchadora eléctrica	

Fuente. Empresa Fromm Perú

Además, se realizó la clasificación de equipos en base a la prioridad de sus fallas para lo cual se utilizó criterios de probabilidad y gravedad.

Tabla 16. Clasificación de equipos en base a la prioridad de sus fallas

		HOJA DE REGISTRO DE EQUIPOS EN BASE A LA PRIORIDAD DE SUS FALLAS						
Empresa	Fromm Perú	Probabilidad		Gravedad		Puntuaciones	Prioridad	
Área	Almacén	Alta	5	Muy grave	5	$15 \leq x \leq 25$	Emergencia	
		Media	2	Grave	3	$10 \leq x \leq 6$	Urgente	
		Baja	1	Leve	1	$5 \leq x \leq 2$	Importante	
						$x = 1$	Secundaria	
Criterio 1:	Los equipos de los de tipo A son de mayor relevancia organizativa que los de Tipo B y Tipo C							
Criterio 2:	Se considera fallas de condición I, II, III y IV							
ÍTEM	ÁREA	CÓDIGO DE EQUIPO	CONDICIÓN	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	PUNTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO	PRIORIDAD
1	EMPAQUETADO	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105308	5	5	25	25	20,83%	Emergencia
2	EMPAQUETADO	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100444	3	5	15	15	33,33%	Emergencia
3	EMPAQUETADO	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100445	2	5	10	10	41,67%	Urgente
4	EMPAQUETADO	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104281	2	5	10	10	50,00%	Urgente
5	EMPAQUETADO	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124147	2	3	6	10	55,00%	Urgente
6	EMPAQUETADO	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100501	2	3	6	6	60,00%	Urgente
7	EMPAQUETADO	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100512	2	3	6	6	65,00%	Urgente
8	EMPAQUETADO	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105309	2	3	6	6	70,00%	Urgente
9	EMPAQUETADO	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104280	2	3	6	6	75,00%	Urgente
10	EMPAQUETADO	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124146	2	3	6	3	80,00%	Urgente
11	EMBALAJE	P319 CODIGO 43.2552 SERIE 127149	1	3	3	3	82,50%	Importante
12	EMBALAJE	P369 CODIGO 43.2732 SERIE 121142	1	3	3	3	85,00%	Importante
13	EMBALAJE	P347 CODIGO 43.3532 SERIE 122156	1	3	3	3	87,50%	Importante
14	EMBALAJE	P368 CODIGO 43.0332 SERIE 122154	1	3	3	3	90,00%	Importante
15	EMBALAJE	P391 CODIGO 43.1532 SERIE 123157	1	3	3	3	92,50%	Importante
16	EMBALAJE	P328 CODIGO 43.2531 SERIE 134147	2	1	2	2	94,17%	Importante
17	EMBALAJE	P379 CODIGO 43.0532 SERIE 123154	2	1	2	2	95,83%	Importante
18	EMBALAJE	P319 CODIGO 43.1532 SERIE 123155	2	1	2	2	97,50%	Importante
19	EMBALAJE	P339 CODIGO 43.2536 SERIE 128150	2	1	2	2	99,17%	Importante
20	EMBALAJE	P348 CODIGO 43.0232 SERIE 123151	1	1	1	1	100,00%	Secundaria

Fuente. Empresa Fromm Perú

Fase 2: Programación del mantenimiento

En esa línea, después de evaluar la magnitud del fallo para cada equipo, se estableció el efecto sobre la empresa en su conjunto y se elaboró el plan de mantenimiento en base a las necesidades requeridas. Al respecto, para la elaboración del plan de mantenimiento se tuvo en cuenta como técnica las instrucciones de fabricante, protocolos genéricos en base a ANSI TAPPI TIP 0305-34 y el estudio de fallos en relación a la criticidad. De tal manera, se adoptó medidas preventivas que permitan mantener el adecuado funcionamiento de las enzunchadoras de modelos P331, P359 y P329; puesto que, considerando la prioridad de las fallas, el 80% de estos modelos requieren atención de emergencia y urgente (Ver tabla 16).

Tabla 17. Ficha técnica de enzunchadora modelo P331

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPO	
Realizado por:	Cesar Cieza y Jan Espillo	Fecha:	15/11/2022
Máquina-equipo	Enzunchadora	Ubicación:	Almacén
Marca	FROMM		
Modelo	P331	FOTO DE LA MÁQUINA - EQUIPO 	
Características técnicas	Descripción		
Calidades de fleje:	PET liso y grafilado		
Medidas del fleje:	Anchos 19.0 - 32.0 mm / 3/4 - 1 1/4"		
	Espesores 0.60 - 1.53 mm / .024 - .060"		
Peso:	6.4 kg / 14.1 lbs (incluyendo batería 4.0 Ah)		
Dimensiones:	L396 x W166 x H175 mm / 15.6" x 6.5" x 6.9"		
Resistencia media de la soldadura:	aprox. 75 % (dependiendo de la calidad del fleje)		
Fuerza de tensión:	1200 - 7000 N / 270 - 1575 lbs (ajustable)		
Velocidad de tensión:	39 - 63 mm/s / 1.5 - 2.5 inch/s		
Suministro de energía:	Batería 36VDC/2.5 or 4.0Ah Li-Ion		
Video de funcionamiento:	https://www.youtube.com/watch?v=KoXd4ml7kFg		
Link de información técnica:	https://www.fromm.es/productos/detail/slug/modelo-p331		

Fuente. Página Web FROMM

Tabla 18. Ficha técnica de enzunchadora modelo P359

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPO	
Realizado por:	Cesar Cieza y Jan Espillico	Fecha	17/11/2022
Máquina-equipo	Enzunchadora	Ubicación	Almacén
Marca	FROMM		
Modelo	P359	FOTO DE LA MÁQUINA -EQUIPO	
Características técnicas	Descripción		
Calidades de fleje:	Poliéster (PET)		
Medidas del fleje:	Anchos 19.0 – 32.0 mm / 3/4 – 1 1/4" / Espesores 0.60 – 1.53 mm / .023 – .060"		
Peso:	8.9 kg /19.6 lbs		
Medidas sin el gancho:	L 372 x An176 x Al 146 mm / 14.7" x 6.9" x 5.7"		
Resistencia media de la soldadura:	Hasta el 75% (dependiendo de la calidad del fleje)		
Fuerza de tensión:	2000 – 3500 N / 450 – 785 lbs (ajustable) o 4000 – 7000 N / 900 – 1570 lbs (ajustable)		
Velocidad de tensión:	120 mm/s / 4.7 inch/s or 60 mm/s / 2.4 inch/s		
Max. presión del aire:	6.0 bar / 87 psi		
Video de funcionamiento:	https://www.youtube.com/watch?v=t5Bfq3wOY90		
Link de información técnica:	https://www.fromm.es/productos/detail/slug/modelo-p359		

Fuente. Página Web FROMM

Tabla 19. Ficha técnica de enzunchadora modelo P329

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPO	
Realizado por:	Cesar Cieza y Jan Espillico	Fecha	18/11/2022
Máquina-equipo	Enzunchadora	Ubicación	Almacén
Marca	FROMM		
Modelo	P329	FOTO DE LA MÁQUINA -EQUIPO	
Características técnicas	Descripción		
Calidades de fleje:	Poliéster (PET) y Polipropileno (PP) liso y grafilado		
Medidas del fleje:	Anchos 16.0 – 19.0 mm / 5/8 – 3/4" Espesores 0.65 – 1.35 mm / .026 – .053"		
Peso incl. batería:	4.2 kg / 9.3 lbs		
Dimensiones:	L351 x An134 x Al 143 mm / 13.8" x 5.3" x 5.6"		
Resistencia media de la soldadura:	aprox. 75 % (dependiendo de la calidad del fleje)		
Fuerza de tensión:	500 – 4000 N / 112 – 900 lbs (ajustable)		
Velocidad de tensión:	49 – 79 mm/s / 1.9 – 3.1 inch/s		
Suministro de energía:	Batería Li-Ion 18VDC / 4.0 Ah		
Video de funcionamiento:	https://www.youtube.com/watch?v=SgoUdjT1awQ		
Link de información técnica:	https://www.fromm.es/productos/detail/slug/modelo-p329		

Fuente. Página Web FROMM

Tabla 20. Plan de mantenimiento

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ENZUNCHADORAS								Área: Almacén
	Periodo								
Verificaciones y otros	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Según necesidad	Responsable
Desalojo de basura de tachos	X								Operario
Limpieza de piezas	X								Operario
Limpieza de herramientas								X	Operario
Barrido de pisos	X								Operario
Trapear pisos	X								Operario
Limpieza anaqueles		X							Operario
Limpieza maquinas			X						Operario
Limpieza de rejillas del aire acondicionado						X			Operario
Revisión de condiciones y presentación en general						X			Operario
Lavado de paneles	X								Operario
Cambio de rueda tensora				X					Operario
Cambio de mordazas de sujeción 1				X					Operario
Cambio de mordazas de sujeción 2					X				Operario
Cambio de mordazas de sujeción 3					X				Operario
Cambio de plancha de cojinete				X					Operario
Cambio de cuchilla de corte				X					Operario
Repuesto de Pin pasante				X					Operario
Cambio de baliza de soldadura fija				X		X			Operario
Limpieza de baliza de soldadura móvil	X					X			Operario
Cambio de piñón									Operario
Limpieza de eje excéntrico	X								Operario
Limpieza de rodamiento de bolas 1	X								Operario
Revisión de rodamiento de bolas 2						X			Operario
Cambio de rueda dentada						X			Operario
Limpieza de rueda dentada posterior	X								Operario
Cambio de rodamiento de aguja						X			Operario

Fuente. Fromm Perú

Fase 3: Eliminación del deterioro

Para que el mantenimiento preventivo progrese en su aplicación, se adoptó medidas de contención y correctivas para evitar los inevitables fallos que conducen al

mantenimiento. De tal manera, se realizó el cronograma de capacitación para la aplicación adecuada de mantenimiento preventivo.

Tabla 21. Cronograma de capacitación

		HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIONES				F5.P29.SA		
						Versión 1	Página 1 de 1	
						Clasificación de la Información: PRIVADA		
ELABORADO POR:		Cieza César y Espilco Jean Carlo				VIGENCIA	2023	
PLANIFICACIÓN						REPORTE - SEGUIMIENTO		
N°	Población Objetivo	Temática	Contenido	Duración	Periodicidad	Número de personas capacitadas	Fecha medición de eficacia	Observaciones
1	Personal de operaciones	Mantenimiento preventivo	Técnicas de gestión del mantenimiento preventivo	20 min	Semanal	15	Fin de cada mes	
3	Personal de operaciones	Identificación de fallos	Identificación de averías más importantes y de mayor impacto	20 min	Semanal	15	Fin de cada mes	
4	Personal de operaciones	Modos de fallos	Comprensión de procesos de avería, mal funcionamiento y parada	20 min	Semanal	15	Fin de cada mes	
5	Personal de operaciones	Consecuencias de fallos	Razones por la que falla cada equipo	20 min	Quincenal	15	Fin de cada mes	
6	Personal de operaciones	Problemas más comunes	Identificación de problemas comunes y acciones preventivas	20 min	Semanal	15	Fin de cada mes	
7	Personal de operaciones	Gestión del mantenimiento	Pasos a seguir a lo largo del procedimiento de mantenimiento de los equipos para las averías más frecuentes que necesitan reparación	20 min	Quincenal	15	Fin de cada mes	
9	Personal de operaciones	Análisis MTBF	Reconocer la importancia del tiempo medio antes de averías.	20 min	Mensual	15	Fin de cada mes	
10	Personal de operaciones	Análisis MTTR	Determinar el tiempo medio de reparación de los equipos.	20 min	Mensual	15	Fin de cada mes	

Fuente: Fromm Perú

En tal sentido, para garantizar el adecuado funcionamiento de las enzunchadoras y la rápida identificación y resolución de las anomalías que puedan producirse, se realizó capacitaciones a los operarios a fin de que en base a los conocimientos y la experiencia logren mantener la aplicación progresiva del mantenimiento preventivo.



Figura 12. *Capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo*



Figura 13. *Capacitación sobre trabajo seguro*

Seguidamente, se procedió a mejorar las enzunchadoras para evitar las fallas eventuales. Al respecto, se mejoró la unidad de mantenimiento de baja calidad, puesto que originaba fuga de aire, aire contaminado. Además, se realizó la

verificación de la presión porque retrasaba el funcionamiento del equipo y originaba paradas innecesarias.



Figura 14. Verificación de la presión de enzunchadoras

Adicionalmente, la unidad de mantenimiento se verificó, para garantizar el aire limpio, fuga de aire, purgador automático y presión adecuada para el funcionamiento de los equipos.



Figura 15. Área de aire comprimido

Fase 4: Implementación del TBM

En tal sentido, como parte de sus responsabilidades, se realizó las actividades de mantenimiento y verificación, a fin de prevenir fallas.

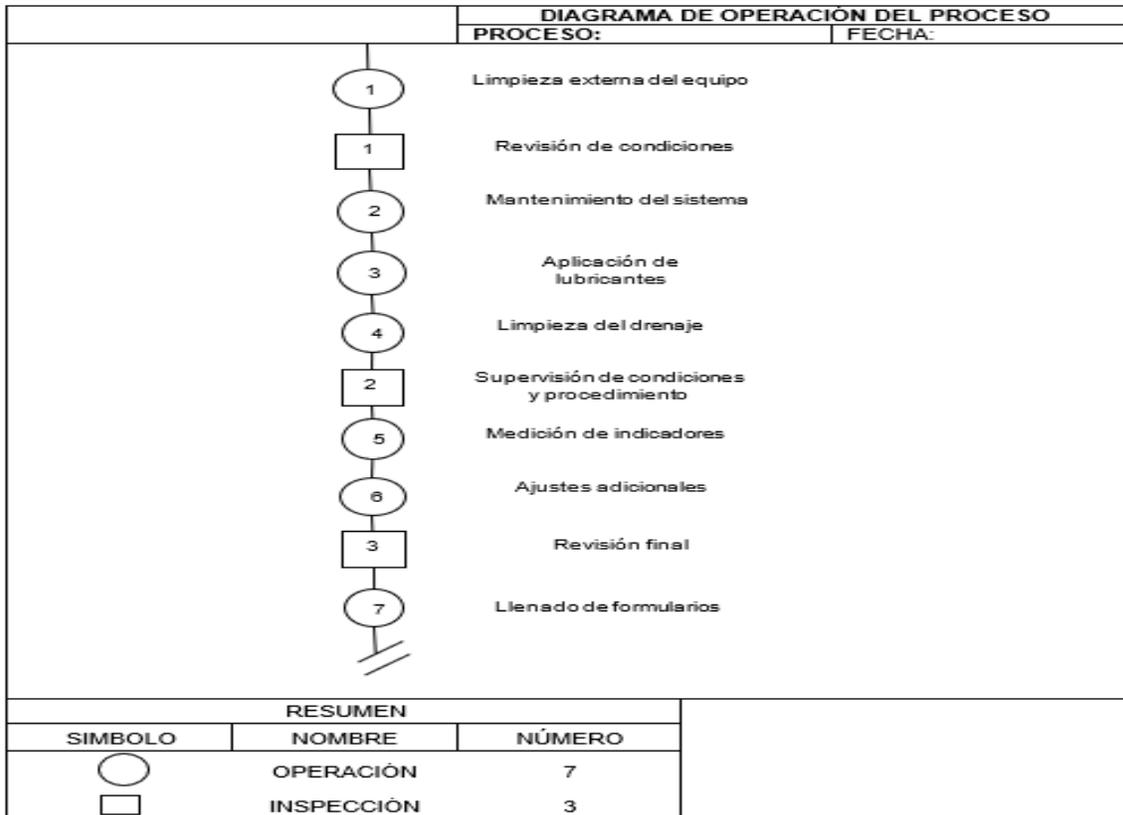


Figura 16. Procedimiento de mantenimiento preventivo



Figura 17. Mantenimiento de enzunchadoras



Figura 18. *Inspección sobre funcionamiento y operatividad de enzunchadoras*
Asimismo, se utilizó el carrito porta zuncho en el cual se coloca el rollo y se jala la punta del zuncho, a fin de utilizarlo solo cuando se requiere.



Figura 19. *Utilización de carro porta zuncho*
Cabe precisar que el mantenimiento preventivo fue desarrollado para 10 máquinas enzunchadoras de la empresa.

Tabla 22. Lista de equipos a los que se aplicó mantenimiento preventivo

		HOJA DE REGISTRO DE CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ENZUNCHADORAS
ÍTEM	CÓDIGO DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS
1	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100444	Enzunchadora neumática para zuncho de 25 / 1.27
2	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100445	Enzunchadora neumática
3	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100501	Enzunchadora neumática
4	P359 CODIGO 49.0514 SERIE 100512	Enzunchadora neumática
5	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105308	Enzunchadora eléctrica
6	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 105309	Enzunchadora Eléctrica
7	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104280	Enzunchadora Eléctrica
8	P331 CODIGO 43.0286 SERIE 104281	Enzunchadora Eléctrica
9	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124146	Enzunchadora Eléctrica
10	P329 CODIGO 43.2532 SERIE 124147	Enzunchadora Eléctrica

Fuente. Fromm Perú

En esa línea, desde la limpieza exterior de los equipos, pasando por la comprobación del estado y el mantenimiento de los sistemas, hasta la comprobación final y la cumplimentación de formularios, se realiza un total de diez pasos implicados en el proceso de mantenimiento, por lo cual se incluye descripciones de siete tareas funcionales y tres inspecciones.

Fichas de inspección de máquinas y/o equipos

En la ficha de inspección de máquinas y/o equipos se especifica el proceso a inspeccionar y la fecha de realización. En primer lugar, se describe la tarea y se evalúa la condición del área y equipos, verificando si los elementos eléctricos se encuentran protegidos y aislados, o si la caja de paso se encuentra en buen estado; de manera similar, se verifica que los pisos y paredes se encuentren en buen estado, registrando los resultados pertenecientes a cada ítem. También, se deja constancia si los espacios de trabajo poseen o no suficiente espacio para la movilización de personas, objetivos y materiales; además, se verifica que las condiciones de higiene y limpieza sean las óptimas. Cada cierto conjunto de ítems se registran las acciones recomendadas que pretenden mejorar los resultados.

Tabla 23. Ficha de inspección de máquinas y/o equipos

		REGISTRO DE INSPECCIÓN DE MÁQUINAS/QUIPOS			Código:	F OT CP 01
					Versión:	1
					Fecha de emisión:	6/12/2022
					Página:	1 de 1
Estado:	B: Buen estado I: Inoperativo NA: No aplica					
Ítem	Descripción	B	I	NA	Repuestos	
	Máquina enzunchadora					
1	Botón de tensión	x				
2	Botón de soldadura	x				
3	Soldadura de fricción en sellado y corte	x				
4	Guarda de seguridad	x				
5	Tensión de fleje	x				
6	Sistema antiligazo	x				
7	Máquina sin residuos	x				
8	Guardado de máquina adecuado	x				
9	Contactos eléctricos					
10	Guía de cinta en la cual ingresa el zuncho					
11	Batería					
Ítem	Mantenimiento	B	I	NA	Observación	
13	Unidad de mantenimiento	x				
14	Filtro de agua y lubricación					
15	Presión de aire entre 90PSI y 100 PSI	x				
16	Conexión de máquina a la línea de aire comprimido	x				
17	Mangueras a presión y válvula	x				
18	Manguera neumática	x				
19	Uniones y acoples					
Ocurrencias:						
Recomendaciones	No proyectar la salida de aire directamente hacia su persona. No realizar empalmes con reparaciones de alambres u otros, evitar limpiar la ropa con el aire comprimido					

Fuente. Fromm Perú



Figura 20. Inspección de área de trabajo

Formato de orden de trabajo

El formato de orden de trabajo se entrega al personal de mantenimiento semanalmente para registrar y llevar el control de los repuestos que se utilizó para los mantenimientos de las máquinas.

Tabla 24. *Formato de orden de trabajo*

 HOJAS DE REGISTRO DE ORDENES DE TRABAJO				Código:	
				F OT CP 01	
				Versión:	
				1	
				Fecha de emisión:	
				6/12/2022	
				Página:	
				1 de 1	
Fecha	Equipo: Descripción	Código	Área	Repuestos	

Fuente: Fromm Perú

Registro de fallas y averías

La finalidad del formato de registro de fallas y averías es llevar un control de las reparaciones y poder detectar fallas; esto puede ser importante para tomar decisiones en qué momento se debería realizar los mantenimientos.

Tabla 25. *Formato de registro de fallas y averías*

 HOJA DE REGISTRO DE FALLAS Y AVERÍAS				Código:	
				F RFA CP 01	
				Versión:	
				1	
				Fecha de emisión:	
				6/12/2022	
				Página:	
				1 de 1	
		Parada		Arranque	
Código	Equipo: Descripción	Fecha	Hora	Fecha	Hora

Fuente: Fromm Perú

Hoja de registro de daños

Con las hojas de registro de daños se acumulará en la empresa información importante para desarrollar un historial de daños de las máquinas y tomar

decisiones certeras en referencia a mantenimiento preventivo; en esto se podrá visualizar el trabajo realizado para la parte específica de la máquina donde se tuvo la falla, además de conocer el tiempo de inicio y fin del trabajo ha realizado.

Tabla 26. *Formato de control de daños de la máquina*

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE CONTROL DE DAÑOS DE MÁQUINA				Código:	F CDM CP 01
						Versión:	1
						Fecha de emisión:	6/12/2022
						Página:	1 de 1
Fecha	Código	Parte revisada del equipo	Hora		Trabajo realizado	Observaciones	Responsable
			Inicio	Fin			

Fuente: Fromm Perú

Limpieza general en el área de trabajo

Al finalizar el turno de la actividad del enflejado, el personal encargado realizó el reporte de los lotes de enflejado, reportado en el formato “Control de Enflejado”, (F-CE-OP-01). En tal sentido, el Supervisor de Operaciones de turno validó el reporte realizado y realizó verificación de limpieza de área de trabajo.



Figura 21. *Limpieza de área de trabajo*



Figura 22. Segregación de residuos después de limpieza de área de trabajo

En la figura 22 se muestra la clasificación de desechos separando las cosas que de otro modo se desecharían para reutilizarlas o reciclarlas.

Tabla 27. Formato de control de enflejado

		CONTROL DE ENFLEJADO				Código:	F CE CP 01		
						Versión:	1		
		RESUMEN DIARIO				Fecha de emisión:	6/12/2022		
						Área:	Almacenamiento y depósito		
						Página:	1 de 1		
Fecha:		Responsable:							
ítem	Máquina	Fecha		Lote	Desde	Hasta	Total	Observaciones	
		Inicio	Fin						
Ocurrencias:									
REPORTE DE ACTIVIDAD		Reporte de enflejado y limpieza del área						Sí	No
		El personal realizó el orden y limpieza en el área de trabajo al inicio y termino de las actividades.							
		Los residuos sólidos se segregaron en el punto de acopio de Líneas férreas.							
		Los operarios comunicaron al supervisor de operaciones del término de la actividad y reportaron si hubo alguna observación encontrada en el área de trabajo a fin de elaborar planes de acción							

Fuente: Fromm Perú

Elaboración de inventario de los repuestos

La empresa carece de un registro de las herramientas que cuenta en stock, razón por la que cuando se necesitan repuestos en algunas ocasiones no se encuentran y esto genera una baja productividad. Para evitar lo mencionado se planteó realizar un inventario de los repuestos existentes para llevar el control y saber en qué momento es adecuado realizar nuevos pedidos de repuestos.

Tabla 28. Stock de repuestos para las máquinas enzunchadoras

Fecha	Repuestos para las máquinas enzunchadoras	Stock			
		Stock inicial	Entrada	Salida	Stock final
05/01/2023	Rueda tensora	10	-	5	5
05/01/2023	Mordazas de sujeción 1	15	-	10	5
05/01/2023	Mordazas de sujeción 2	15	-	6	9
05/01/2023	Mordazas de sujeción 3	15	-	6	9
05/01/2023	Plancha de cojinete	5	-	2	3
05/01/2023	Cuchilla de corte	20	-	15	5
05/01/2023	Pin pasante	10	-	3	7
05/01/2023	Baliza de soldadura fija	8	-	2	6
05/01/2023	Baliza de soldadura móvil	8	-	1	7
05/01/2023	Piñon	10	-	8	2
05/01/2023	Eje excéntrico	10	-	3	7
05/01/2023	Rodamiento de bolas 1	20	-	16	4
05/01/2023	Rodamiento de bolas 2	15	-	5	10
05/01/2023	Rueda dentada	20	-	3	17
05/01/2023	Rueda dentada posterior	10	-	1	9
05/01/2023	Rodamiento de aguja	20	-	18	2
05/01/2023	Rueda dentada principal	15	-	5	10
05/01/2023	Rueda dentad secundaria	15	-	5	10
05/01/2023	Piñones	20	-	9	11
05/01/2023	Resorte	20	-	5	15
05/01/2023	Asidero	20	-	5	15
05/01/2023	Oring	10	-	9	1
05/01/2023	Oring 2	10	-	9	1
05/01/2023	Oring 3	10	-	9	1
05/01/2023	Oring 4	10	-	9	1
05/01/2023	Separador	8	-	3	5
05/01/2023	Anillo de soporte	5	-	5	0
05/01/2023	Anillo de válvula	5	-	5	0
05/01/2023	Rotor	10	-	10	0
05/01/2023	Camisa	4	-	1	3
05/01/2023	Piñon 2	5	-	3	2
05/01/2023	Piñon 3	5	-	3	2

Fuente: Elaborado según información de Fromm Perú

Procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro

El procedimiento a seguir para la realización de actividades de mantenimiento respecto al proceso de enflejado en Zinc, se documentó en base a 6 ítems en los que se consideró al personal, equipos, herramientas, materiales, diagrama de flujo de procedimiento, y acciones inmediatas para corrección de anomalías.

En el ítem 1 respecto a personal, se tuvo en cuenta al operario industrial, supervisor de operaciones, ingeniera de SSMA, ejecutivo comercial, gerencia.

En el ítem 2 respecto a condiciones necesarias, se consideró los EPPS necesarios y riesgos críticos a considerar para el desarrollo de actividad.

En el ítem 3 respecto a equipos, herramientas y materiales se consideró una lista de los elementos necesarios.

Tabla 29. Elementos necesarios para la realización de actividades de mantenimiento en el proceso de enflejado de Zinc

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> • Maquina flejadora eléctrica para fleje de poliéster • Máquinas flejadora neumática para fleje de poliéster • Maquina flejadora neumática para fleje de acero • Unidades de mantenimiento (manómetro, filtro para agua y lubricación). • Termómetro infrarrojo (medir temperatura de barras de zinc). 	<ul style="list-style-type: none"> • Combas • Cizalla • Kit de herramientas • Pistola (limpieza de máquinas flejadoras). • Caja de herramientas • Cable eléctrico • Escalera tipo plataforma de fibra de vidrio de 3 pasos • Carrito porta fleje • Caseta de almacén temporal • Locker 	<ul style="list-style-type: none"> • Flejes De Polyester • Flejes de acero • Mangueras de presión de aire (para el funcionamiento de las maquinas flejadoras neumáticas). <p>Materiales de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conos • Barras retractiles • Señalización de pare y siga

Fuente: Fromm Perú

En el ítem 4 respecto a diagrama de flujo se consideró como actividades la realización de charlas, inspección de equipos, medición de temperaturas, volteo de Zinc, alineado de barras de Zinc, enflejado de barras de zinc, reporte de enflejado y orden del área.



Figura 23. Flujograma de procedimiento

Fuente: Fromm Perú

En el ítem 5 respecto a restricciones se tuvo en cuenta las acciones a no realizar en el proceso.

En el ítem 6 respecto a las acciones inmediatas de anomalías de proceso se tuvo en cuenta las posibles causas y las acciones a realizar.

Tabla 30. Acciones inmediatas para corrección de anomalías

ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes con flejes flojos 	<ul style="list-style-type: none"> • Falla mecánica de las maquinas flejadoras • Baja presión de aire industrial • Incumplimiento del procedimiento por parte de personal de Operaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar presión de aire con la unidad de mantenimiento. Si está en 6.5 bar(90PSI) a 100 PSI, reportar a jefe de guardia de Nexa. • Mientras el problema es solucionado, utilizar maquinas eléctricas con previa autorización del supervisor • Cambio de la maquina enflejadora. • Retroalimentación del procedimiento.
<ul style="list-style-type: none"> • Máquina flejadora no realiza corte 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento • Mala manipulación 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar máquina flejadora de la línea de aire. • Cortar fleje con una cizalla previamente inspeccionada. • Reportar máquina flejadora para evaluación por el área de mantenimiento. • Utilizar máquina flejadora (backup). • Constante capacitación al personal
<ul style="list-style-type: none"> • Retiro de Fleje Metálico Atascado en la maquina neumática 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento de maquina Flejadora • Baja presión de aire industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar automáticamente la maquina flejadora de la manguera de aire. • Cortar el fleje atascado con una cizalla. • Levantar la palanca que protege al fleje metálico. • Tratar de retirar el fleje en forma horizontal de izquierda a derecha. • En caso el fleje siga atascado, el Supervisor deberá coordinar el retiro de la máquina para que pueda ser reparada en la empresa
<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes enflejados con observaciones de no conformidad en SAP y/o físicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales contaminados por químicos • Materiales bloqueados por aspecto físico. 	<ul style="list-style-type: none"> • El Supervisor de Fromm y Harsco coordinaran para no tender material no conforme. • Trasladar paquetes observados a la zona de Producto No Conforme • El supervisor de despacho de Fromm, actualiza el reporte de Inventario Físico con las observaciones encontradas

Fuente. Fromm Perú

Al respecto, en la figura 23 se presenta una imagen referencial del procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro.

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO				Código:	PETS-SGS-001								
		ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC				Revisión:	5								
						Fecha:	15-01-23								
						Área:	Almacenamiento y depósito								
1. PERSONAL															
1.1. Operario industrial, Supervisor de Operaciones, Ingeniera de SSMA, Ejecutivo comercial, Gerencia.															
2. CONDICIONES NECESARIAS															
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD						RIESGOS CRÍTICOS									
						Cuidado Especial:									
Casco y barbijo	Botas de seguridad tipo botas Altivar MSA	Zapatos de seguridad con Puntos de acero	Protectores auditivos	Casaca de Corro protectora	Casaca protectora/almohada 338	Casaca protectora con Puntos de acero	Uniformar con cinta reflectiva	Respirador o carabina	Uso de mascarilla KN95						
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES															
EQUIPOS			HERRAMIENTAS			MATERIALES									
<ul style="list-style-type: none"> • MAQUINA FLEJADORA ELECTRICA PARA FLEJE DE POLIESTER • MAQUINAS FLEJADORA NEUMATICA PARA FLEJE DE POLIESTER • MAQUINA FLEJADORA NEUMATICA PARA FLEJE DE ACERO • UNIDADES DE MANTENIMIENTO (manómetro, filtro para agua y lubricación). • TERMOMETRO INFRAROJO (Medir temperatura de barra de Zinc). 			<ul style="list-style-type: none"> • COMBAS • CIZALLA • KIT DE HERRAMIENTAS • PISTOLA (Limpieza de maquina flejadora). • CAJA DE HERRAMIENTAS • CABLE ELÉCTRICO • ESCALERA TIPO PLATAFORMA DE FIBRA DE VIDRIO DE 3 FASOS • CARRITO PORTA FLEJE • CASETA DE ALMACÉN TEMPORAL 			<ul style="list-style-type: none"> • FLEJES DE POLYESTER • FLEJES DE ACERO • MANGUERAS DE PRESIÓN DE AIRE (Para el funcionamiento de las Maquinas flejadoras neumáticas). MATERIALES DE SEGURIDAD <ul style="list-style-type: none"> • CONOS • BARRAS RETRACTILES • SERIALIZACIÓN DE PAREY SIGA 									
4. PROCEDIMIENTO															
FLUJOGRAMA															
4.1. CHARLA 5 MINUTOS, REALIZAR EL LLENADO DE FOMATOS DE SEGURIDAD (ATS, APR CHECK LITS)		4.2. INSPECCION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		4.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE BARRAS DE ZINC		4.4. VOLTEO DE BARRAS DE ZINC.		4.5. ALINEADO DE BARRAS DE ZINC.		4.6. ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		4.7. REPORTE DE ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		4.8. ORDEN Y LIMPIEZA FINALIZACIÓN DE TRABAJO	
		4.1. Realizar el llenado APR (F-SGS-011), ATS, Realizar NDD, Check list de Maquina Flejadora F-SGS-022, check list control de temperatura de las barras de zinc, F-SGS-020 Check list de Escalera plataforma (Si se utilizara en el turno), Declaración jurada de estado de Salud.													
		CONTROLES													
		Verificar que el personal cuente con su APR, ATS y PETS (procedimiento de trabajo), para la actividad asignada. El Supervisor de operaciones de FROMM firmará dando la conformidad de los APR, check list, ATS, Declaración jurada de estado de Salud.													
		4.2. Inspección de maquinas, equipos y herramientas.													
		- Antes de usar las herramientas manuales se realizará una inspección visual y asegurarse que se encuentre en un buen estado de operatividad, deben contar con la cinta de inspección del mes que corresponda.													
		- Inspección de las maquinas flejadoras, mangueras neumáticas y unidad de mantenimiento se realiza con el check list.F-SGS-022. Antes de iniciar la actividad de enflejado.													
		- De encontrar alguna anomalía en las herramientas y/o maquinas, equipos, el operario industrial debe registrar la observación en el check list y reportar de inmediato a su Supervisor, para la sustitución de la maquina.													
		- El Supervisor de operaciones de FROMM firmará dando la conformidad el check list de las maquinas flejadoras (mangueras neumáticas, unidades de mantenimiento), y equipos herramientas.													
		- Tener los manuales de operatividad de cada equipo en el frente de trabajo en español.													

Figura 24. Procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro.

Fuente. Procedimiento completo de trabajo (Ver anexo 7)

3.5.6. Datos y resultados de la variable independiente

Variable independiente: Mantenimiento preventivo – postest

En lo que respecta a la evaluación de mantenimiento preventivo se procedió a analizar los datos en base a datos históricos, en este caso se consideró como meses de estudio; febrero, marzo y abril del año 2023. Cabe precisar que, solo se consideró el primer turno, es decir 8 horas laborables. Además, solo se evaluó a 10 máquinas enzunchadoras.

Además, se observó en la tabla 31 que en el mes de febrero del 2023; el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 21,47 horas, de la misma manera se evidenció que el tiempo medio de reparación es de 1,04 horas en promedio. Además, se visualizó que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) fue de 85,69%, es decir se encuentra en un nivel bueno.

Tabla 31. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de febrero)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Mes: Febrero		Área: Almacén				Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo Jan							
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)					
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos					
		tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por roturas en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O / T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos) / prod. Programada)		OEE	
								Prod. Defectuosa	CALIDAD				
1	1/02/2023	74,8	5	14,96	5,2	5	1,04	93,50%	91,50%	5	89,00%	76,14%	
2	2/02/2023	75,6	4	18,90	4,4	4	1,10	94,50%	94,50%	6	91,50%	81,71%	
3	3/02/2023	76,2	3	25,40	3,8	3	1,27	95,25%	97,50%	4	95,50%	88,69%	
4	4/02/2023	76,5	4	19,13	3,5	4	0,88	95,63%	97,00%	5	94,50%	87,65%	
5	6/02/2023	75,7	5	15,14	4,3	5	0,86	94,63%	92,50%	6	89,50%	78,34%	
6	7/02/2023	75,3	5	15,06	4,7	5	0,94	94,13%	95,00%	3	93,50%	83,61%	
7	8/02/2023	75,2	5	15,04	4,8	5	0,96	94,00%	96,00%	4	94,00%	84,83%	
8	9/02/2023	76,3	4	19,08	3,7	4	0,93	95,38%	97,50%	5	95,00%	88,34%	
9	10/02/2023	77,4	2	38,70	2,6	2	1,30	96,75%	90,00%	6	87,00%	75,76%	
10	11/02/2023	78,3	2	39,15	1,7	2	0,85	97,88%	96,50%	4	94,50%	89,25%	
11	13/02/2023	76	5	15,20	4	5	0,80	95,00%	94,00%	10	89,00%	79,48%	
12	14/02/2023	75,4	6	12,57	4,6	6	0,77	94,25%	96,00%	8	92,00%	83,24%	
13	15/02/2023	75,7	4	18,93	4,3	4	1,08	94,63%	99,00%	4	97,00%	90,87%	
14	16/02/2023	77,2	2	38,60	2,8	2	1,40	96,50%	97,00%	5	94,50%	88,46%	
15	17/02/2023	76,8	4	19,20	3,2	4	0,80	96,00%	97,50%	6	94,50%	88,45%	
16	18/02/2023	76,4	4	19,10	3,6	4	0,90	95,50%	97,00%	8	93,00%	86,15%	
17	20/02/2023	75,8	3	25,27	4,2	3	1,40	94,75%	98,50%	4	96,50%	90,06%	
18	21/02/2023	76,2	4	19,05	3,8	4	0,95	95,25%	98,00%	3	96,50%	90,08%	
19	22/02/2023	75,6	5	15,12	4,4	5	0,88	94,50%	94,50%	4	92,50%	82,60%	
20	23/02/2023	77	2	38,50	3	2	1,50	96,25%	97,00%	5	94,50%	88,23%	
21	24/02/2023	74	6	12,33	6	6	1,00	92,50%	95,00%	3	93,50%	82,16%	
22	25/02/2023	76,3	3	25,43	3,7	3	1,23	95,38%	99,00%	3	97,50%	92,06%	
23	26/02/2023	75,5	4	18,88	4,5	4	1,13	94,38%	98,00%	5	95,50%	88,33%	
24	27/02/2023	76,5	3	25,50	3,5	3	1,17	95,63%	99,00%	6	96,00%	90,88%	
25	28/02/2023	74,6	6	12,43	5,4	6	0,90	93,25%	97,50%	4	95,50%	86,83%	
PROMEDIO				21,47			1,04					85,69%	

Fuente: Datos de la empresa Fromm Perú S.A.C, 2023

Al respecto, se evidenció en la tabla 32 que en el mes de marzo del 2023; el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 19,32 horas, de la misma manera se observó que el tiempo medio de reparación es de 1,01 horas en promedio. Asimismo, se evidenció que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) de 85,50%, es decir se encuentra en un nivel bueno.

Tabla 32. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de marzo)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
Mes: Marzo		Área: Almacén			Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo Jan							
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)				
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos				
		tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O /T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos) /prod. Programada)		OEE
								Prod. Defectuosa	CALIDAD			
1	1/03/2023	75,85	4	18,96	4,15	4	1,04	94,81%	97,00%	5	94,00%	86,00%
2	2/03/2023	76,1	4	19,03	3,9	4	0,98	95,13%	96,50%	4	96,00%	89,49%
3	3/03/2023	76,3	3	25,43	3,7	3	1,23	95,38%	98,00%	6	93,50%	86,05%
4	4/03/2023	74,8	5	14,96	5,2	5	1,04	93,50%	96,50%	5	93,50%	83,93%
5	6/03/2023	77,2	3	25,73	2,8	3	0,93	96,50%	96,00%	6	93,00%	86,16%
6	7/03/2023	75,75	4	18,94	4,25	4	1,06	94,69%	96,00%	5	96,00%	89,54%
7	8/03/2023	76,05	4	19,01	3,95	4	0,99	95,06%	98,50%	2	96,00%	88,52%
8	9/03/2023	75,25	5	15,05	4,75	5	0,95	94,06%	97,00%	3	93,50%	83,55%
9	10/03/2023	76,25	3	25,42	3,75	3	1,25	95,31%	95,00%	5	95,00%	88,28%
10	11/03/2023	73,25	6	12,21	6,75	6	1,13	91,56%	97,50%	12	92,50%	83,42%
11	13/03/2023	76,2	3	25,40	3,8	3	1,27	95,25%	98,50%	4	95,50%	88,69%
12	14/03/2023	75,55	4	18,89	4,45	4	1,11	94,44%	97,50%	5	93,50%	84,77%
13	15/03/2023	76,3	3	25,43	3,7	3	1,23	95,38%	96,00%	6	94,50%	87,88%
14	16/03/2023	75,25	4	18,81	4,75	4	1,19	94,06%	97,50%	4	92,50%	82,22%
15	17/03/2023	76,9	2	38,45	3,1	2	1,55	96,13%	94,50%	7	94,50%	89,02%
16	18/03/2023	75,75	5	15,15	4,25	5	0,85	94,69%	98,00%	8	94,50%	88,14%
17	20/03/2023	76,2	3	25,40	3,8	3	1,27	95,25%	98,50%	2	95,50%	87,78%
18	21/03/2023	74,75	6	12,46	5,25	6	0,88	93,44%	96,50%	3	93,50%	83,00%
19	22/03/2023	78,3	4	19,58	1,7	4	0,43	97,88%	95,00%	4	92,50%	85,55%
20	23/03/2023	74,75	6	12,46	5,25	6	0,88	93,44%	94,50%	4	93,50%	83,43%
21	24/03/2023	76,75	4	19,19	3,25	4	0,81	95,94%	95,50%	5	93,50%	86,11%
22	25/03/2023	75,25	5	15,05	4,75	5	0,61	94,06%	96,00%	3	97,00%	89,87%
23	27/03/2023	75,2	6	12,53	4,8	6	0,67	94,00%	98,50%	5	96,50%	89,80%
24	28/03/2023	76,1	4	19,03	3,9	4	0,98	95,13%	99,00%	4	96,50%	90,42%
25	29/03/2023	76,2	4	19,05	3,8	4	0,95	95,25%	98,50%	3	88,00%	75,02%
26	30/03/2023	74,9	5	14,98	5,1	5	1,02	93,63%	89,50%	4	91,00%	79,23%
27	31/03/2023	75,6	5	15,12	4,4	5	0,88	94,50%	89,50%	7	86,00%	72,74%
PROMEDIO				19,32			1,01					85,50%

Fuente: Datos de la empresa Fromm Perú S.A.C, 2023

Adicionalmente, se evidenció en la tabla 33 que, en el mes de abril del 2023, el tiempo medio entre fallas fue de un promedio de 20,68 horas, de la misma manera se visualizó que el tiempo medio de reparación es de 1,24 horas en promedio. De tal manera, se observó que el nivel de eficacia de los equipos (OEE) fue de 85,91%, es decir se encuentra en un nivel bueno.

Tabla 33. Evaluación del Mantenimiento preventivo – Postest (mes de abril)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
Mes: Marzo		Área: Almacén			Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo Jan							
ITEM	FECHA	DIMENSIÓN 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)						DIMENSIÓN 2: OEE (Indicador del nivel de eficacia de los equipos)				
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparación			Indicador del nivel de eficacia de los equipos				
		tiempos de operación de los equipos analizados en un período (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un período	Tiempo medio entre fallas (Horas)	Suma de tiempos utilizados en reparaciones por roturas en un período (Horas)	Cantidad de fallas de los equipos analizados en un período	Tiempo medio para reparación (horas)	DISPONIBILIDAD (T.O / T. D)	RENDIMIENTO (Prod. Real/ prod. Programada)	CALIDAD ((Prod. Real - defectuosos) / prod. Programada)		OEE
								Prod. Defectuosa	CALIDAD			
1	1/04/2023	74,75	5,00	14,95	5,25	5,00	1,05	0,93	0,99	8,00	0,95	87,88 %
2	3/04/2023	75,45	4,00	18,86	4,55	4,00	1,14	0,94	0,97	9,00	0,92	83,73 %
3	4/04/2023	75,30	5,00	15,06	4,70	5,00	0,94	0,94	0,97	12,00	0,91	83,08 %
4	5/04/2023	75,30	4,00	18,83	4,70	4,00	1,18	0,94	1,00	6,00	0,97	90,38 %
5	6/04/2023	76,95	2,00	38,48	3,05	2,00	1,53	0,96	0,98	8,00	0,94	87,69 %
6	7/04/2023	76,00	4,00	19,00	4,00	4,00	1,00	0,95	0,99	5,00	0,97	90,76 %
7	8/04/2023	75,65	5,00	15,13	4,35	5,00	0,87	0,95	0,97	9,00	0,93	84,85 %
8	10/04/2023	75,30	5,00	15,06		4,70	5,00	0,94	0,94	0,97	10,00	0,92
9	11/04/2023	74,35	2,00	37,18	5,65	2,00	2,83	0,93	0,98	12,00	0,92	82,91 %
10	12/04/2023	76,25	4,00	19,06	3,75	4,00	0,94	0,95	0,99	6,00	0,96	90,59 %
11	13/04/2023	77,00	3,00	25,67	3,00	3,00	1,00	0,96	0,99	7,00	0,95	90,07 %
12	14/04/2023	75,35	6,00	12,56	4,65	6,00	0,78	0,94	0,97	5,00	0,95	86,34 %
13	15/04/2023	76,20	6,00	12,70	3,80	6,00	0,63	0,95	0,95	8,00	0,91	82,34 %
14	17/04/2023	75,85	4,00	18,96	4,15	4,00	1,04	0,95	0,98	9,00	0,93	85,97 %
15	18/04/2023	75,25	5,00	15,05	4,75	5,00	0,95	0,94	0,97	3,00	0,96	87,13 %
16	19/04/2023	74,75	5,00	14,95	5,25	5,00	1,05	0,93	0,99	11,00	0,93	85,59 %
17	20/04/2023	76,25	4,00	19,06	3,75	4,00	0,94	0,95	0,99	15,00	0,91	85,43 %
18	21/04/2023	75,55	4,00	18,89	4,45	4,00	1,11	0,94	0,98	8,00	0,94	86,09 %
19	22/04/2023	75,70	2,00	37,85	4,30	2,00	2,15	0,95	0,98	6,00	0,95	87,19 %
20	24/04/2023	73,90	5,00	14,78	6,10	5,00	1,22	0,92	0,99	10,00	0,94	85,08 %
21	25/04/2023	74,70	2,00	37,35	5,30	2,00	2,65	0,93	0,99	8,00	0,95	86,92 %
22	26/04/2023	74,00	3,00	24,67	6,00	3,00	2,00	0,93	0,97	12,00	0,91	81,65 %
23	27/04/2023	75,05	4,00	18,76	4,95	4,00	1,24	0,94	0,95	9,00	0,91	80,66 %
24	28/04/2023	76,10	4,00	19,03	3,90	4,00	0,98	0,95	0,98	8,00	0,94	86,72 %
25	29/04/2023	75,70	5,00	15,14	4,30	5,00	0,86	0,95	0,99	11,00	0,93	86,68 %
PROMEDIO				20,68			1,24					85,91 %

Fuente: Datos recopilados en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C, 2023

3.5.7. Datos y resultados de la variable dependiente

Variable dependiente: Productividad – postest

A fin de evaluar los datos de productividad se procedió a analizar los datos para el pretest en base a datos históricos, por lo cual se consideró como periodo de análisis los meses de febrero, marzo y abril del año 2023.

Tabla 34. Registro de productividad – Postest (mes de febrero)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Febrero		Área: Almacén		Elaborado por: Cieza Cesar y Espillo Jan				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	1/02/2023	74,80	80,00	93,50%	183,00	200,00	91,50%	85,55%
2	2/02/2023	75,60	80,00	94,50%	189,00	200,00	94,50%	89,30%
3	3/02/2023	76,20	80,00	95,25%	195,00	200,00	97,50%	92,87%
4	4/02/2023	76,50	80,00	95,63%	194,00	200,00	97,00%	92,76%
5	6/02/2023	75,70	80,00	94,63%	185,00	200,00	92,50%	87,53%
6	7/02/2023	75,30	80,00	94,13%	190,00	200,00	95,00%	89,42%
7	8/02/2023	75,20	80,00	94,00%	192,00	200,00	96,00%	90,24%
8	9/02/2023	76,30	80,00	95,38%	195,00	200,00	97,50%	92,99%
9	10/02/2023	77,40	80,00	96,75%	180,00	200,00	90,00%	87,08%
10	11/02/2023	78,30	80,00	97,88%	193,00	200,00	96,50%	94,45%
11	13/02/2023	76,00	80,00	95,00%	188,00	200,00	94,00%	89,30%
12	14/02/2023	75,40	80,00	94,25%	192,00	200,00	96,00%	90,48%
13	15/02/2023	75,70	80,00	94,63%	198,00	200,00	99,00%	93,68%
14	16/02/2023	77,20	80,00	96,50%	194,00	200,00	97,00%	93,61%
15	17/02/2023	76,80	80,00	96,00%	195,00	200,00	97,50%	93,60%
16	18/02/2023	76,40	80,00	95,50%	194,00	200,00	97,00%	92,64%
17	20/02/2023	75,80	80,00	94,75%	197,00	200,00	98,50%	93,33%
18	21/02/2023	76,20	80,00	95,25%	196,00	200,00	98,00%	93,35%
19	22/02/2023	75,60	80,00	94,50%	189,00	200,00	94,50%	89,30%
20	23/02/2023	77,00	80,00	96,25%	194,00	200,00	97,00%	93,36%
21	24/02/2023	74,00	80,00	92,50%	190,00	200,00	95,00%	87,88%
22	25/02/2023	76,30	80,00	95,38%	198,00	200,00	99,00%	94,42%
23	26/02/2023	75,50	80,00	94,38%	196,00	200,00	98,00%	92,49%
24	27/02/2023	76,50	80,00	95,63%	198,00	200,00	99,00%	94,67%
25	28/02/2023	74,60	80,00	93,25%	195,00	200,00	97,50%	90,92%
PROMEDIO DEL MES				95,02%			96,20%	91,40%

Fuente: Datos recopilados en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C, 2023

En la tabla 34, se evidenció que el cálculo de la eficiencia en el mes de febrero del 2023 fue de 95,02%; la eficacia fue de 96,20%; por lo cual al multiplicar la eficiencia

por la eficacia se obtuvo una productividad promedio de 91,40%, es decir se encuentra en un nivel excelente.

Tabla 35. Registro de productividad – Postest (mes de marzo)

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Marzo		Área: Almacén		Elaborado por: Cieza Cesar y Espilco Jan				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	1/03/2023	75,85	80	94,81%	194	200	97,00%	91,97%
2	2/03/2023	76,10	80	95,13%	193	200	96,50%	91,80%
3	3/03/2023	76,30	80	95,38%	196	200	98,00%	93,47%
4	4/03/2023	74,80	80	93,50%	193	200	96,50%	90,23%
5	6/03/2023	77,20	80	96,50%	192	200	96,00%	92,64%
6	7/03/2023	75,75	80	94,69%	192	200	96,00%	90,90%
7	8/03/2023	76,05	80	95,06%	197	200	98,50%	93,64%
8	9/03/2023	75,25	80	94,06%	194	200	97,00%	91,24%
9	10/03/2023	76,25	80	95,31%	190	200	95,00%	90,55%
10	11/03/2023	73,25	80	91,56%	195	200	97,50%	89,27%
11	13/03/2023	76,20	80	95,25%	197	200	98,50%	93,82%
12	14/03/2023	75,55	80	94,44%	195	200	97,50%	92,08%
13	15/03/2023	76,30	80	95,38%	192	200	96,00%	91,56%
14	16/03/2023	75,25	80	94,06%	195	200	97,50%	91,71%
15	17/03/2023	76,90	80	96,13%	189	200	94,50%	90,84%
16	18/03/2023	75,75	80	94,69%	196	200	98,00%	92,79%
17	20/03/2023	76,20	80	95,25%	197	200	98,50%	93,82%
18	21/03/2023	74,75	80	93,44%	193	200	96,50%	90,17%
19	22/03/2023	78,30	80	97,88%	190	200	95,00%	92,98%
20	23/03/2023	74,75	80	93,44%	189	200	94,50%	88,30%
21	24/03/2023	76,75	80	95,94%	191	200	95,50%	91,62%
22	25/03/2023	75,25	80	94,06%	192	200	96,00%	90,30%
23	27/03/2023	75,20	80	94,00%	197	200	98,50%	92,59%
24	28/03/2023	76,10	80	95,13%	198	200	99,00%	94,17%
25	29/03/2023	76,20	80	95,25%	197	200	98,50%	93,82%
26	30/03/2023	74,90	80	93,63%	179	200	89,50%	83,79%
27	31/03/2023	75,60	80	94,50%	186	200	93,00%	87,89%
PROMEDIO DEL MES				94,77%			96,60%	91,54%

Fuente: Datos recopilados en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C, 2023

En la tabla 35, el cálculo de la eficiencia en el mes de marzo del 2023 fue de 94,77%; de la eficacia fue de 96,60%; por lo cual la productividad mensual fue de 91,54%, es decir se encuentra en un nivel excelente.

Tabla 36. Registro de productividad – Posttest (mes de abril)

		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes: Abril		Área: Almacén		Elaborado por: Cieza Cesar y Espilco Jan				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
1	1/04/2023	74,75	80	93,44%	198	200	99,00%	92,50%
2	3/04/2023	75,45	80	94,31%	193	200	96,50%	91,01%
3	4/04/2023	75,3	80	94,13%	194	200	97,00%	91,30%
4	5/04/2023	75,3	80	94,13%	199	200	99,50%	93,65%
5	6/04/2023	76,95	80	96,19%	195	200	97,50%	93,78%
6	7/04/2023	76	80	95,00%	198	200	99,00%	94,05%
7	8/04/2023	75,65	80	94,56%	194	200	97,00%	91,73%
8	10/04/2023	75,3	80	94,13%	193	200	96,50%	90,83%
9	11/04/2023	74,35	80	92,94%	195	200	97,50%	90,61%
10	12/04/2023	76,25	80	95,31%	198	200	99,00%	94,36%
11	13/04/2023	77	80	96,25%	197	200	98,50%	94,81%
12	14/04/2023	75,35	80	94,19%	194	200	97,00%	91,36%
13	15/04/2023	76,2	80	95,25%	190	200	95,00%	90,49%
14	17/04/2023	75,85	80	94,81%	195	200	97,50%	92,44%
15	18/04/2023	75,25	80	94,06%	194	200	97,00%	91,24%
16	19/04/2023	74,75	80	93,44%	197	200	98,50%	92,04%
17	20/04/2023	76,25	80	95,31%	197	200	98,50%	93,88%
18	21/04/2023	75,55	80	94,44%	195	200	97,50%	92,08%
19	22/04/2023	75,7	80	94,63%	195	200	97,50%	92,26%
20	24/04/2023	73,9	80	92,38%	197	200	98,50%	90,99%
21	25/04/2023	74,7	80	93,38%	197	200	98,50%	91,97%
22	26/04/2023	74	80	92,50%	194	200	97,00%	89,73%
23	27/04/2023	75,05	80	93,81%	190	200	95,00%	89,12%
24	28/04/2023	76,1	80	95,13%	195	200	97,50%	92,75%
25	29/04/2023	75,7	80	94,63%	197	200	98,50%	93,21%
PROMEDIO DEL MES				94,33%			97,56%	92,03%

Fuente: Datos recopilados en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C, 2023

En la tabla 36, el cálculo de la eficiencia en el mes de abril del 2023 fue de 94,33%; de la eficacia fue de 97,56%; por lo cual la productividad mensual fue de 92,03%, es decir se encuentra en un nivel excelente.

Resumen de los resultados de las variables en el pretest y postest

Para evidenciar mejor los resultados alcanzados, se realizó un cuadro comparativo en el que se pueda evidenciar en cuanto ha mejorado las variables tras la implementación de las mejoras.

Tabla 37. Resumen de la variable mantenimiento preventivo en el pretest y postest

MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
PRE - TEST			
Mes - Año	DIMENSIÓN: 1 Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)		DIMENSIÓN 2: OEE
	Tiempo medio entre fallas	Tiempo medio para reparación	Nivel de eficiencia global de equipo
ago-22	7,35	1,52	57,06%
sep-22	8,09	1,36	59,58%
oct-22	9,11	2,06	56,28%
PROMEDIO PRE TEST	8,18	1,64	57,64%
POST - TEST			
feb-23	21,47	1,04	85,69%
mar-23	19,32	1,01	85,50%
abr-23	20,68	1,24	85,95%
PROMEDIO POS TEST	20,49	1,10	85,72%

Fuente. Elaborado en función de los datos recopilados en el pretest y postest. En la tabla 37 se observa el resumen de la variable mantenimiento preventivo, tanto para el pretest como para el postest, apreciándose una diferencia significativa después de la aplicación del mantenimiento preventivo.

Tabla 38. Resumen de la variable productividad en el pretest y postest

PRODUCTIVIDAD			
PRE - TEST			
Mes - Año	Eficiencia	Eficacia	Productividad
ago-22	82,25%	84,52%	69,62%
sep-22	85,18%	85,38%	72,77%
oct-22	80,69%	85,37%	68,96%
PROMEDIO PRE TEST	82,71%	85,09%	70,45%
POST - TEST			
feb-23	95,02%	96,20%	91,41%
mar-23	94,77%	96,60%	91,54%
abr-23	94,33%	97,62%	92,09%
PROMEDIO POS TEST	94,70%	96,81%	91,68%

Fuente. Elaborado en función de los datos recopilados en el pretest y postest. En la tabla 38, se visualiza el resumen de la variable mantenimiento preventivo, tanto para el pre test como para el post test, evidenciándose una variación significativa de la productividad.

Análisis económico financiero

El análisis económico es fundamental para evaluar el impacto de la aplicación, ya que debe reflejar un uso adecuado de los recursos productivos a fin de una mayor disponibilidad de equipos.

Gasto de implementación

Al respecto, para comparar los cambios a lo largo de un determinado periodo de tiempo, es útil tener un desglose de los costes asociados al proceso, así como a la aplicación real. En esa línea, en la siguiente tabla se presenta los datos específicos sobre costes y ventajas.

Costos tangibles

Lista de costos de herramientas para la implementación.

Tabla 39. *Lista de costos de herramientas para la implementación*

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
1	Rueda tensora	1	320	320
2	Mordazas de sujeción 1	1	120	120
3	Mordazas de sujeción 2	1	120	120
4	Mordazas de sujeción 3	1	120	120
5	Plancha de cojinete	1	230	230
6	Cuchilla de corte	1	118	118
7	Pin pasante	4	10	40
8	Baliza de soldura fija	1	140	140
9	Baliza de soldura móvil	2	160	320
10	Piñon	1	42	42
11	Eje excentrico	1	62	62
12	Rodamiento de bolas 1	1	20	20
13	Rodamiento de bolas 2	1	20	20
14	Rueda dentada	1	54	54
15	Rueda dentada posterior	1	84	84
16	Rodamiento de aguja	1	72	72
17	Rueda dentada principal	1	240	240
18	Rueda dentada secundaria	1	140	140
19	Piñones	1	40	40
20	Resorte	1	14	14
21	Asidero	1	80	80
22	Oring	1	1	1
23	Oring 2	1	1	1
24	Oring 3	1	1	1
25	Oring 4	1	1	1
26	Separador	1	10	10
27	Anillo de soporte	1	15	15
28	Anillo de valvula	1	15	15
29	Rotor	1	300	300
30	Camisa	1	300	300
31	Piñon 2	1	110	110
32	Piñon 3	1	118	118
Total				3268

Fuente: Datos recopilados en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C, 2023

Listado de costos de actividades para la implementación

Al respecto, para el cálculo de costos de actividades para la implementación, se consideró una remuneración por servicios profesionales a fin de calcular el monto por el tiempo invertido en la implementación.

Tabla 40. Remuneración por servicios profesionales

Concepto	Monto (S/)	Observación
Remuneración	1.800,00	Pago por mes de trabajo de L a V
Seguro	135,00	Equivalente al 9% de la remuneración
Total	1.962,00	-

Fuente: Elaborado según información proporcionada de Fromm Perú S.A.C, 2023

Al respecto, se tuvo en cuenta de lunes a viernes como días laborables y ocho horas de trabajo al día para la realización del cálculo de pago por hora de trabajo.

Tabla 41. Costo por hora de trabajo

Tiempo	Cantidad	Unidad
Tiempo disponible de trabajo/ semana	48	h
Tiempo disponible de trabajo/ mes	192	h
Costo	S/ 10,22	Soles/H-H

Fuente: Elaborado según información proporcionada de Fromm Perú S.A.C, 2023

En tal sentido, se obtuvo que el costo por hora laborada es de 10,22 soles. De tal manera, se calculó la inversión actividades de aplicación de mantenimiento preventivo.

Tabla 42. *Lista de costos de actividades operativas para la aplicación de mantenimiento preventivo*

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo/unidad	Total
1	Análisis de la situación actual del área de almacenamiento y depósito	4	Horas	S/10,22	S/40,88
2	Inventario de repuestos	6	Horas	S/10,22	S/61,32
3	Plan de mantenimiento preventivo	8	Horas	S/10,22	S/81,76
4	Registro de los mantenimientos	10	Horas	S/10,22	S/102,20
5	Realizar la limpieza del área de trabajo	8	Horas	S/10,22	S/81,76
6	Actividades de mantenimiento y verificación	8	Horas	S/10,22	S/81,76
7	Elaboración de procedimiento de mantenimiento	4	Horas	S/10,22	S/40,88
Total					S/490,56

Fuente: Datos recopilados según mantenimiento preventivo aplicado en enzunchadoras ubicadas en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C.

Tabla 43. *Lista de costos de capacitaciones*

Descripción	N° personas	N° de horas de capacitación	Horas totales de capacitación	Costo/hora	Total (S/)
Personal operario	21	8	168	10,22	1693,44
Personal de mantenimiento	6	8	48	10,22	483,84
TOTAL					2207,52

Fuente: Datos recopilados según mantenimiento preventivo aplicado en enzunchadoras ubicadas en el área de almacenamiento y depósito de Fromm Perú S.A.C.

En la tabla se observa la lista de gastos que se empleó para las capacitaciones en el cuál fue necesario el uso de material, además de contar con un experto en temas de mantenimiento preventivo, siendo el costo total de capacitación s/. 2207,52. De tal manera, se procedió a calcular el total de inversión.

Tabla 44. Inversión total

Tipo de inversión	Cantidad
Costos de herramientas para la implementación	S/. 3268,00
Costos de actividades para la aplicación de mantenimiento preventivo	S/. 490,56
Costos de capacitaciones	S/. 2207,52
Total	S/5966,08

Fuente: Elaborado en base a las tablas 39,40,41,42 y 43

Al respecto, en base a la inversión total de 5966,08 se realizó una simulación en comparabien.com.pe. a fin de calcular la tasa de interés por ahorro fijo.

Costo de oportunidad

Tabla 45. Tasa de interés

Banco Pichincha	6,50%
Mi Banco	4,30%
Banco Falabella	3,50%
Scotiabank	2,50%
BBVA	2,20%
Interbank	3,00%
BCP	2,50%
Promedio	3,50%

Fuente: Elaborado en base a datos simulados en Comparabien

En relación al tipo de interés se obtuvo una tasa de 3,50% anual mediante la simulación del tipo de interés de ahorro fijo que diferentes bancos pagarían por el importe de la inversión. Adicionalmente, para la conversión del interés anual de 3,50% se empleó una herramienta de simulación, a fin de convertir 3,5% de interés anual en un tipo de interés mensual obteniendo 0,287%. Cabe detallar que se calculó, la tasa de interés a fin de evaluar el costo de oportunidad de capital (COK), también denominado como “Tasa de Descuento” o “Tasa mínima de Retorno o Interés”, que representa la rentabilidad que se estima por un monto de inversión.

Beneficio de aplicación de mantenimiento preventivo

Tabla 46. Comparación fallas antes y después de mantenimiento preventivo

Número de fallas sin aplicación de mantenimiento preventivo	Número de fallas con aplicación de mantenimiento preventivo	Diferencia	Variación
242	107	135	55,79%

Fuente: Datos en base a la comparación antes y después de aplicación de mantenimiento preventivo.

En la tabla se visualiza que en base al número de fallas se obtuvo una variación de 55,79% de reducción.

Tabla 47. *Beneficio de aplicación de plan de mantenimiento*

Beneficio	Cantidad	Unidad
Ahorro en base a las fallas	135	Fallas
Costo/falla	60	Soles
Beneficio de plan de mantenimiento	S/.8100	Soles

Fuente: Elaborado en base de la tabla 46

En la tabla se observa que se obtiene un beneficio de 8100 soles de ahorro después la aplicación de mantenimiento preventivo.

Al respecto, para el mantenimiento de mejora es necesario realizar las siguientes actividades.

Tabla 48. *Mantenimiento de mejora*

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo/unidad	Total
1	Registro de los mantenimientos	6	Horas	S/10,22	S/61,32
2	Actualización de inventario de repuestos	8	Horas	S/10,22	S/81,76
3	Registro de los mantenimientos	9	Horas	S/10,22	S/91,98
4	Realizar la limpieza del área de trabajo	7	Horas	S/10,22	S/71,54
5	Capacitaciones	8	Horas	S/10,22	S/81,76
Total					S/388,36

Fuente: Elaborado en base a requerimientos básicos para mantenimiento preventivo de enzunchadoras

En tal sentido, en base a los datos obtenidos se procedió a realizar el flujo de caja.

En el flujo de caja se visualiza que en mes 4 el flujo neto acumulado asciende a 580,48 soles.

Tabla 49. Flujo de caja proyectado de mantenimiento preventivo

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS/BENEFICIO													
Ahorro por fallas	0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0	S/ 2,025.0
Total ingresos	0	2025.0 0	2025.00	2025.0 0	2025.0 0	2025.0 0	2025.0 0	2025.0 0	2025.00	2025.00	2025.00	2025.00	2025.00
EGRESOS													
Inversión	S/5,966.0 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento de la mejora	0	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36
Total egresos	S/5,966.0 8	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36	388.36
FLUJO EFECTIVO NETO	-5966.08	1636.6 4	1636.64	1636.6 4	1636.6 4	1636.6 4	1636.6 4	1636.6 4	1636.64	1636.64	1636.64	1636.64	1636.64
FLUJO NETO ACUMULADO	-5966.08	- 4329.4 4	-2692.80	- 1056.1 6	580.48	2217.1 2	3853.7 6	5490.4 0	7127.04	8763.68	10400.3 2	12036.9 6	13673.60

Tabla 50. Indicadores económicos

TASA DE INTERES	0,29%	BENEFICIO	S/ 23.845,52
VAN	13459,69	COSTO	S/ 10.539,24
TIR	26,31%	B/C	S/ 2,26

Además, se obtuvo un VAN de 13459,69 soles, lo que evidencia que la aplicación de mantenimiento es más rentable que la opción de ahorro en depósitos a plazo fijo. Adicionalmente, la TIR fue de 26,31%, lo cual indica que el proyecto es rentable, ya que la TIR es mayor que la tasa de interés (tasa de descuento).

3.6 Método de análisis de datos.

Al respecto, se analizó los datos en base a la estadística descriptiva e inferencial para examinar los resultados dependiendo de los factores y dimensiones. De tal manera, se registró los datos en Microsoft Excel 2018 para la obtención de gráficos y tablas para la estadística descriptiva. Por otra parte, respecto a la estadística inferencial se tuvo en cuenta los enfoques y procesos utilizados para deducir generalizaciones sobre los patrones de comportamiento de los datos recopilados a partir de las técnicas e instrumentos. En tal sentido, los datos recopilados se evaluaron estadísticamente para determinar si la hipótesis planteada en el proceso se sostiene o no. De tal manera, se utilizó el programa SPSS 25 para el análisis de datos, incluida la comprobación de hipótesis y el cálculo del valor p para la prueba t de Student. Cabe detallar que como se tuvo 77 datos, para la prueba de normalidad se empleó la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

3.7 Aspectos éticos.

En este estudio se utilizó la Guía de Desarrollo de Productos Observables de la Universidad César Vallejo. También se tuvieron en cuenta los valores y consideraciones éticas señaladas en el reglamento del Código de Ética en Investigación 2020 de la Universidad César Vallejo; por ejemplo, en el artículo N°1 se especifica que este trabajo se desarrolló de acuerdo con la integridad científica y de manera coherente con las normas de rigor científico, responsabilidad y honestidad; también se tuvo en cuenta el artículo N°3, que se fundamenta en la ética de la investigación. Por otra parte, como evidencia de transparencia de información se solicitó permiso de uso de información de la empresa mediante una carta de autorización (Ver anexo 8).

IV. RESULTADOS

Análisis descriptivo

En esta sección, se muestra los resultados obtenidos de productividad antes y después de la aplicación de mantenimiento preventivo.

Análisis descriptivo de la variable independiente- Mantenimiento preventivo.

Dimensión 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)

Indicador: Tiempo medio entre fallas

En lo que respecta al tiempo medio entre fallas en la evaluación para el pretest y postest, permitió medir el tiempo que transcurre para la aparición de fallas.

Tabla 51. *Tiempo medio entre fallas de pretest y postest*

	FÓRMULA	PRE-TEST (H)	POST-TEST (H)	VARIACIÓN
Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$	8,18	20,49	60,06%

Fuente: Elaborado en base a las tablas

En la tabla se observa que el tiempo medio entre fallas en el pretest fue de 8,18 h, y en el postest de 20,49 h, por lo cual teniendo una variación de 60,06%, se evidencia que siendo mayor el intervalo de tiempos entre fallos, después de la aplicación del mantenimiento preventivo, se tiene una mayor fiabilidad en el funcionamiento de las enzunchadoras.

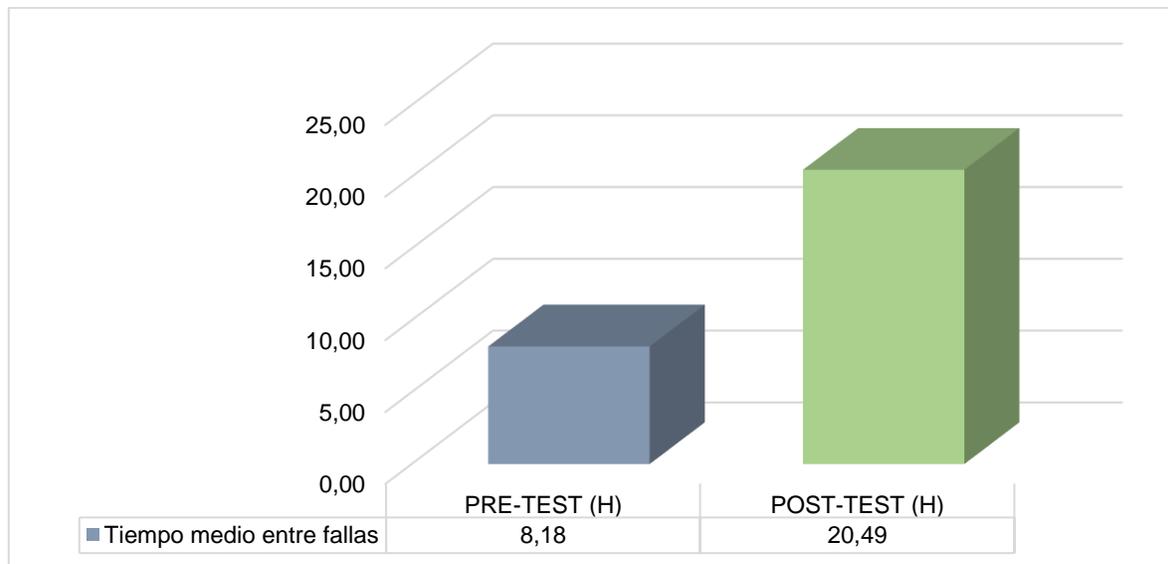


Figura 25. *Tiempo medio entre fallas de pretest y postest*

Indicador: Tiempo medio para la reparación

En lo que respecta al tiempo medio para la reparación en la evaluación para el pretest y postest, permitió medir el tiempo utilizado en las reparaciones realizadas en el periodo de estudio.

Tabla 52. *Tiempo medio para la reparación de pretest y postest*

	FÓRMULA	PRE-TEST (H)	POST-TEST (H)	VARIACIÓN
Tiempo medio para la reparación	$MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$	1,64	1,10	33,22%

En la tabla se observa que el tiempo medio para la reparación en el pretest fue de 1,64 h, y en el postest de 1,10 h, por lo cual teniendo una variación de 33,22%, se evidencia un menor intervalo de tiempo para la reparación, después de la aplicación del mantenimiento preventivo.

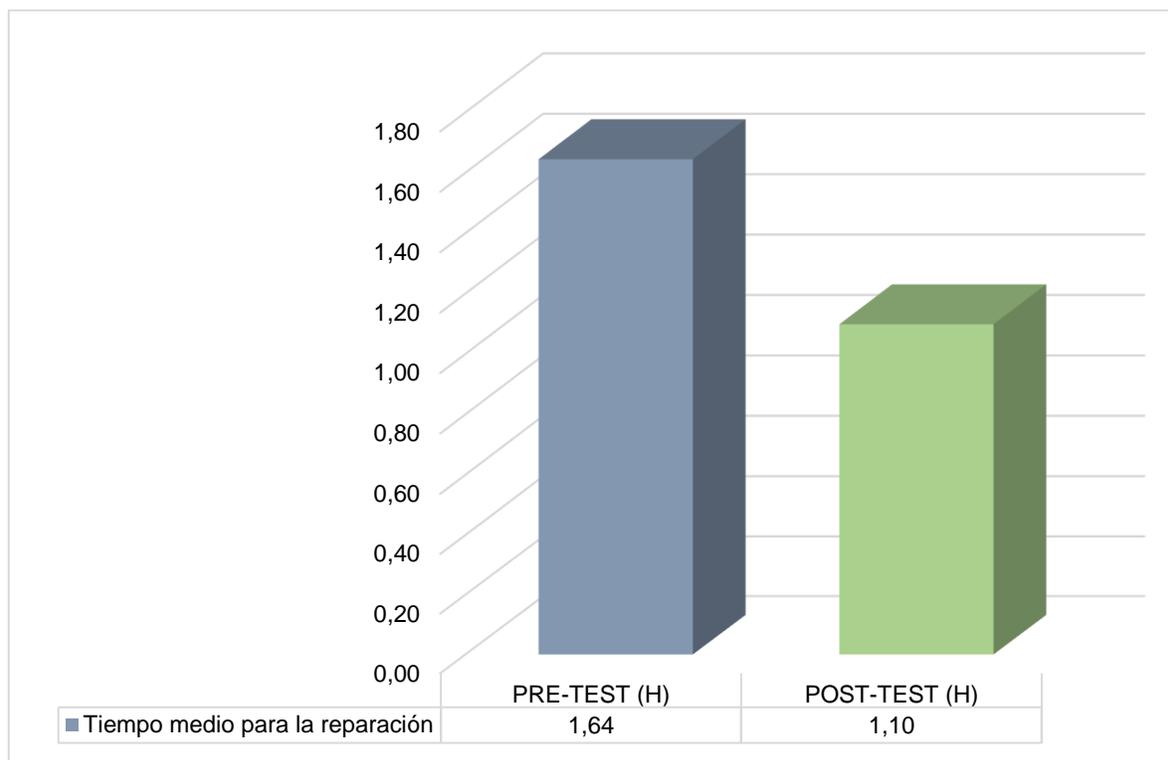


Figura 26. *Tiempo medio para la reparación de pretest y postest*

Dimensión 2: Efectividad General del equipo (OEE)

Indicador: Nivel de eficacia de los equipos (OEE)

Respecto al nivel de eficacia de los equipos, este indicador permite medir la utilización efectiva de la capacidad de las enzunchadoras.

Tabla 53. Nivel de efectividad general del equipo pretest y postest

	FÓRMULA	PRE-TEST (%)	POST-TEST (%)	VARIACIÓN
Nivel de efectividad general del equipo	OEE=DXRXC	57,64	85,72	32,76%

En la tabla se observa que nivel de efectividad general del equipo en el pretest fue de 57,62%, y en el postest de 58,97%, por lo cual teniendo una variación de 32,98%, se evidencia una mejor utilización de las máquinas enzunchadoras, después de la aplicación del mantenimiento preventivo.

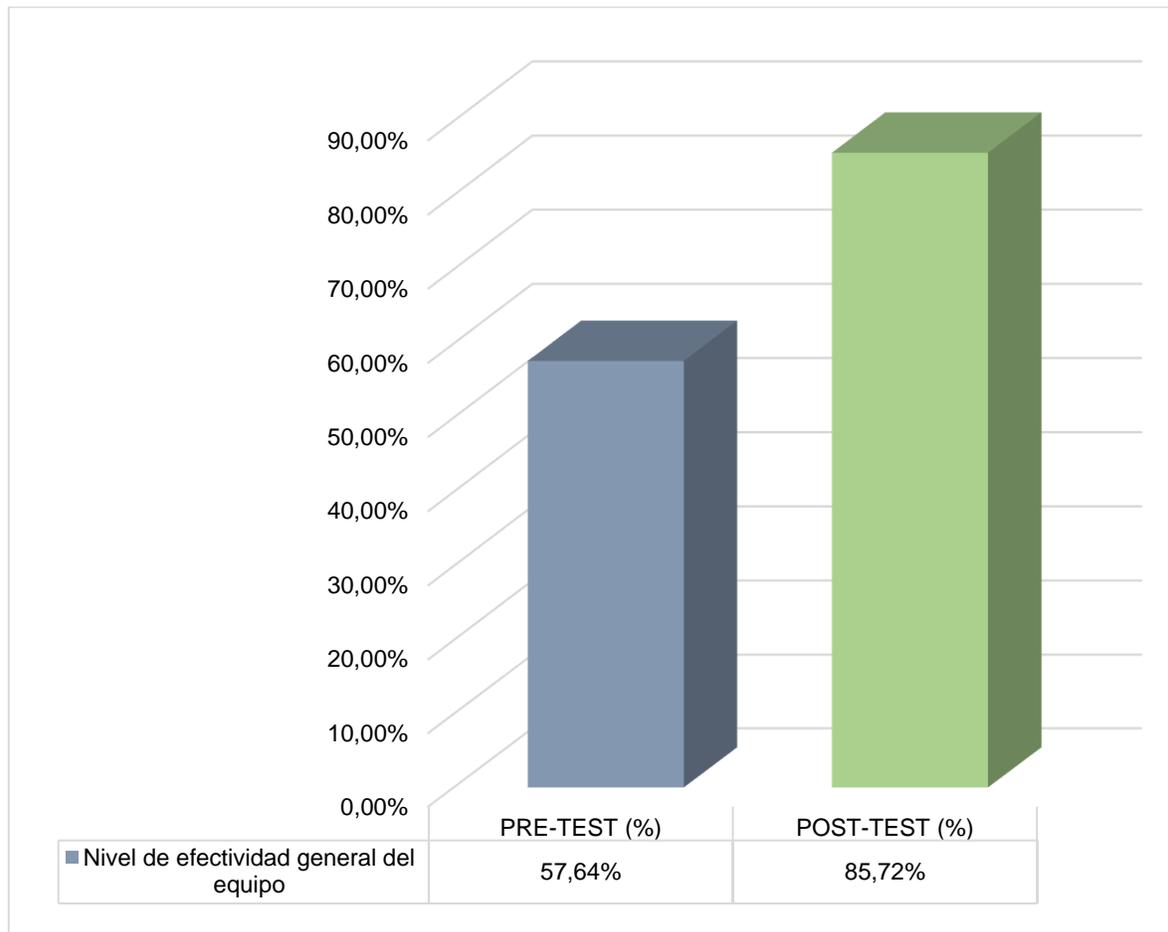


Figura 27. Nivel de efectividad general del equipo pretest y postest

4.1.1 Análisis descriptivo de la variable dependiente- Productividad

Tabla 54. Productividad en el pretest y postest

Ítem	PRETEST	POSTEST
Promedio	70,45%	91,68%

Fuente: Elaborado en base a los registros de las tablas 10,11,12,34,35 y 36

En la tabla se observa que la productividad promedio pretest es de 70,45% y la productividad promedio postest es de 91,68%.

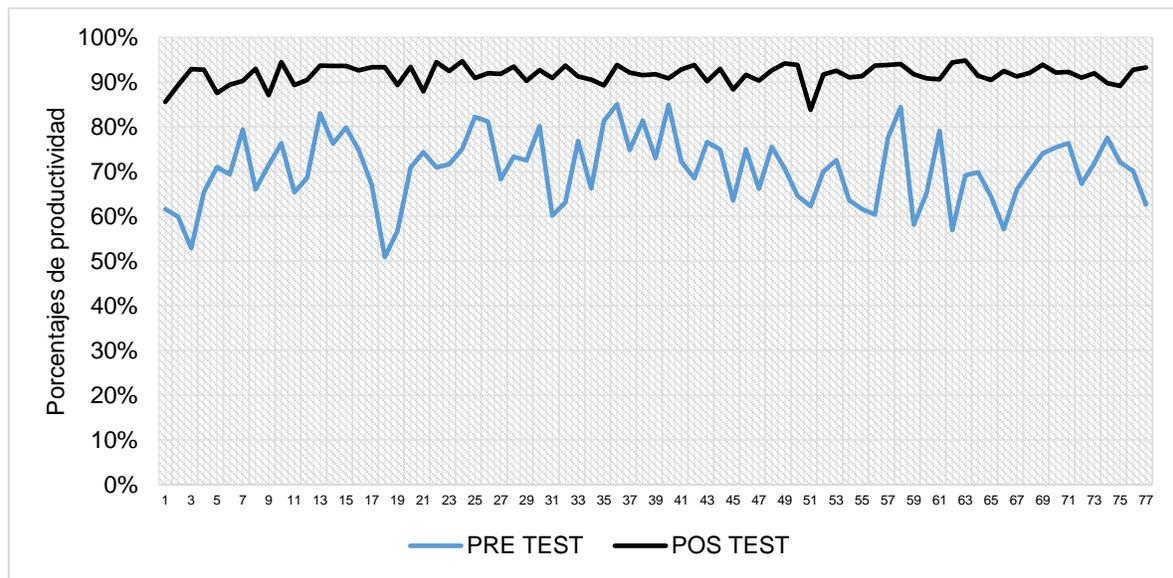


Figura 28. Productividad en el pretest y postest

En la figura se observa la tendencia de la productividad pretest y postest, evidenciándose que los valores de postest en todos los casos son mayores que en el pretest.

Tabla 55. Análisis descriptivo de productividad en el pretest y postest

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Productividad pretest	,7045	77	,07717	,00879
	Productividad postest	,9168	77	,02124	,00242

Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 54 que fueron procesados en SPSS

En la tabla se observa que se procesaron 77 datos, teniendo una productividad media pretest de 70,45% y una productividad media de 91,68 en el postest.

Tabla 56. Estadísticos descriptivos de la productividad del pretest y postest

		Estadístico	Error estándar	
Productividad pretest	Media	,7045	,00879	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6869	
		Límite superior	,7220	
	Media recortada al 5%	,7057		
	Mediana	,7093		
	Varianza	,006		
	Desviación estándar	,07717		
	Mínimo	,51		
	Máximo	,85		
	Rango	,34		
	Rango intercuartil	,11		
	Asimetría	-,250	,274	
	Curtosis	-,333	,541	
Productividad postest	Media	,9168	,00242	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9120	
		Límite superior	,9216	
	Media recortada al 5%	,9183		
	Mediana	,9197		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,02124		
	Mínimo	,84		
	Máximo	,95		
	Rango	,11		
	Rango intercuartil	,03		
	Asimetría	-1,156	,274	
	Curtosis	1,945	,541	

Fuente. Datos procesados en SPSS-V25

En la tabla se aprecia que los índices de la productividad media son de 70,45% en el escenario pretest a comparación de 91,68% de productividad media en el

escenario postest, lo mismo que demuestra un nivel de mejora. Por otra parte, se observa que la desviación típica aumentará de 0,77 a 0,21. Adicionalmente, el valor medio de los datos (mediana) en la productividad con el método pretest es de 70,93% y de en la productividad con el método postest de 91,97%.

Dimensión 1: Eficiencia

Tabla 57. Eficiencia en el pretest y postest

ÍTEM	PRETEST	POSTEST
Promedio	82,71%	94,70%

Fuente: Elaborado en base a los registros de las tablas 10,11,12,34,35 y 36

En la tabla se observa que la eficiencia promedio pretest es de 82,71% y la eficiencia promedio postest es de 94,60%.

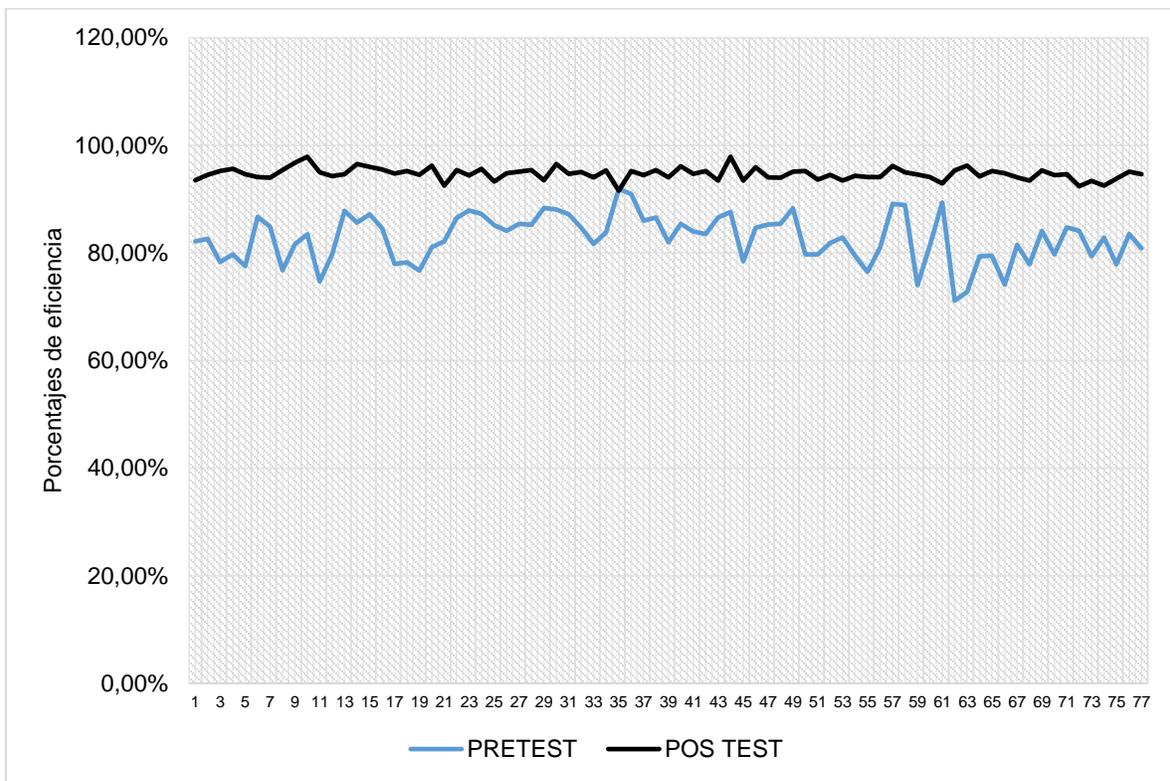


Figura 29. Eficiencia en el pretest y postest

En la figura se observa la tendencia de la eficiencia pretest y postest, evidenciándose que los valores de postest en todos los casos son mayores que en el pretest.

Tabla 58. Análisis descriptivo de eficiencia en el pretest y postest

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Eficiencia pretest	,8271	77	,04397	,00501
	Eficiencia postest	,9470	77	,01143	,00130

Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 57 que fueron procesados en SPSS V25

En la tabla se observa que se procesaron 77 datos, teniendo una eficiencia media pretest de 82,71% y una eficiencia media de 94,70 en el postest.

Tabla 59. Estadísticos descriptivos de la eficiencia del pretest y postest

			Estadístico	Error estándar
Eficiencia pretest	Media		,8271	,00501
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8172	
		Límite superior	,8371	
	Media recortada al 5%		,8283	
	Mediana		,8344	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,04397	
	Mínimo		,71	
	Máximo		,92	
	Rango		,21	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		-,366	,274
	Curtosis		-,235	,541
Eficiencia postest	Media		,9470	,00130
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9445	
		Límite superior	,9496	
	Media recortada al 5%		,9470	
	Mediana		,9463	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,01143	
	Mínimo		,92	
	Máximo		,98	
	Rango		,06	
	Rango intercuartil		,01	
	Asimetría		,133	,274
	Curtosis		,894	,541

Fuente. Datos procesados en SPSS-V25

En la tabla se aprecia que los índices de la eficiencia media son de 82,71% en el escenario pretest a comparación de 94,70% de eficiencia media en el escenario posttest, lo mismo que demuestra un nivel de mejora. Por otra parte, se observa que la desviación típica aumentará de 0,43 a 0,11. Además, el valor medio de los datos (mediana) en la eficiencia con el método pretest es de 83,44% y de en la eficiencia con el método posttest de 94,63%.

Dimensión 1: Eficacia

Tabla 60. *Eficacia en el pretest y posttest*

ítem	PRETEST	POSTEST
Promedio	85,09%	96,81%

Fuente: Elaborado en base a los registros de las tablas 10,11,12,34,35 y 36

En la tabla se observa que la eficacia promedio pretest es de 85,09% y la eficacia promedio posttest es de 96,81%.

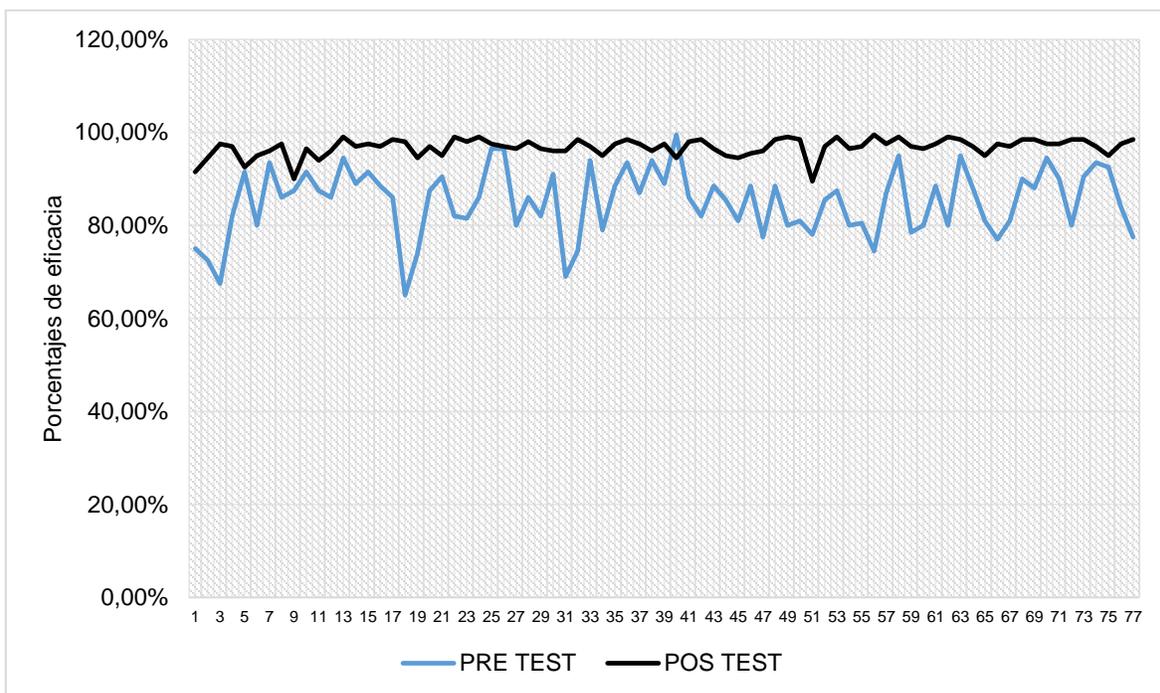


Figura 30. *Eficacia en el pretest y posttest*

En la figura se observa la tendencia de la eficacia pretest y posttest, evidenciándose que un valor de pretest en un caso es mayor que el posttest.

Tabla 61. Análisis descriptivo de eficacia en el pretest y postest

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Eficacia pretest	,8509	77	,07185	,00819
	Eficacia postest	,9681	77	,01950	,00222

Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 60 que fueron procesados en SPSS V25

En la tabla se observa que se procesaron 77 datos, teniendo una eficacia media pretest de 85,09% y una eficacia media de 96,81 en el postest.

Tabla 62. Estadísticos descriptivos de la eficacia del pretest y postest

		Estadístico	Error estándar	
Eficacia pretest	Media	,8509	,00819	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8345	
		Límite superior	,8671	
	Media recortada al 5%	,8535		
	Mediana	,8600		
	Varianza	,005		
	Desviación estándar	,07185		
	Mínimo	,65		
	Máximo	1,00		
	Rango	,35		
	Rango intercuartil	,10		
	Asimetría	-,480	,274	
Curtosis	-,016	,541		
Eficacia postest	Media	,9681	,00222	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9636	
		Límite superior	,9725	
	Media recortada al 5%	,9701		
	Mediana	,9700		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,01950		
	Mínimo	,90		
	Máximo	1,00		
	Rango	,10		
	Rango intercuartil	,03		
	Asimetría	-1,607	,274	
Curtosis	3,470	,541		

Fuente. Datos procesados en SPSS-V25

En la tabla se aprecia que los índices de la eficacia media son de 85,09% en el escenario pretest a comparación de 96,81% de eficacia media en el escenario posttest, lo mismo que demuestra un nivel de mejora. Por otra parte, se observa que la desviación típica aumentará de 0,71 a 0,19. Además, el valor medio de los datos (mediana) en la eficacia con el método pretest es de 86,00% y de en la eficacia con el método posttest de 97,00%.

Análisis inferencial

Comprobación de hipótesis general

Ho: La productividad pretest presenta distribución normal.

Ha: La productividad pretest no presenta distribución normal.

Ho: La productividad posttest presenta distribución normal.

Ha: La productividad posttest no presenta distribución normal.

Sig:0,05

Si P valor <0,05; se rechaza Ho.

Si P valor >0,05; no se rechaza Ho.

Tabla 63. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para productividad

	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad pretest	,929	77	,232
Productividad posttest	,968	77	,806

Fuente. Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla según los hallazgos, muestran un valor de significancia de 0,232 para la productividad del método pretest, por lo cual no se rechaza Ho. Además, se observa una significancia de 0,806 para la muestra de productividad con método posttest, por lo que también no se rechaza Ho. En tal sentido, como los datos procesados presentan distribución normal en ambos casos, es decir se tiene que usar una prueba paramétrica.

Hipótesis general

H0: La aplicación del mantenimiento preventivo no mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Al respecto, se compara la productividad del método pretest con la productividad del método posttest a través de la prueba T - Student, para muestras emparejadas.

$\mu_{P_{pre}} \geq \mu_{P_{pos}}$: Se acepta la hipótesis nula (Ho)

$\mu_{P_{pre}} < \mu_{P_{pos}}$: Se acepta la hipótesis alterna (Ha)

Sig.: 0,05

Si P-valor < 0,05; se rechaza Ho

Si P-valor >0,05; no se rechaza Ho

Tabla 64. Prueba estadística T-Student para productividad

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Productividad pretest Productividad posttest	-,21232	,01181	,00295	-,25692	-,24433	-84,853	76	,000

Fuente: Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla se evidencia como resultados que la diferencia de medias de la productividad del método pretest y la productividad del método posttest es de 25,06%, por lo cual se acepta Ha. Además, como el P-valor (0,00) es menor que Sig (0,05), en la que se rechaza Ho. De tal manera, existe evidencia estadística para afirmar que la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Comprobación de hipótesis específica 1

Ho: La eficiencia pretest presenta distribución normal.

Ha: La eficiencia pretest no presenta distribución normal.

Ho: La eficiencia postest presenta distribución normal.

Ha: La eficiencia postest no presenta distribución normal.

Sig:0,05

Si P valor <0,05; se rechaza Ho.

Si P valor >0,05; no se rechaza Ho.

Tabla 65. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para eficiencia

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia pretest	,929	77	,108
Eficiencia postest	,968	77	,142

Fuente: Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla según los hallazgos, muestran un valor de significancia de 0,108 para la eficiencia del método pretest, por lo cual no se rechaza Ho. Además, se observa una significancia de 0,142 para la muestra de eficiencia con método postest, por lo que también no se rechaza Ho. En tal sentido, como los datos procesados presentan distribución normal en ambos casos, es decir se tiene que usar una prueba paramétrica.

Hipótesis específica 1

H0: La aplicación del mantenimiento preventivo no mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

En tal sentido, se compara la eficiencia del método pretest con la eficiencia del método postest a través de la prueba T - Student, para muestras emparejadas.

$\mu_{EF_{pre}} \geq \mu_{EF_{pos}}$: Se acepta la hipótesis nula (Ho)

$\mu_{EF} < \mu_{EF_{pos}}$: Se acepta la hipótesis alterna (Ha)

Sig.: 0,05

Si P-valor < 0,05; se rechaza Ho

Si P-valor >0,05; no se rechaza Ho

Tabla 66. Prueba estadística T-Student para eficiencia

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficacia pretest - Eficiencia postest	- ,11991	,00512	,00128	-,06711	-,06164	- 50,259	76	,000

Fuente: Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla se evidencia como resultados que la diferencia de medias de la eficiencia del método pretest y la eficiencia del método postest es de 64,38%, por lo cual se acepta H_a . Además, como el P-valor (0,00) es menor que Sig (0,05), en la que se rechaza H_0 . De tal manera, existe evidencia estadística para afirmar que la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Comprobación de hipótesis específica 2

H_0 : La eficacia pretest presenta distribución normal.

H_a : La eficacia pretest no presenta distribución normal.

H_0 : La eficacia postest presenta distribución normal.

H_a : La eficacia postest no presenta distribución normal.

Sig:0,05

Si P valor <0,05; se rechaza H_0 .

Si P valor >0,05; no se rechaza H_0 .

Tabla 67. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para eficacia

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia pretest	,899	77	,077
Eficacia postest	,915	77	,142

Fuente. Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla según los hallazgos, muestran un valor de significancia de 0,077 para la eficacia del método pretest, por lo cual no se rechaza H_0 . Además, se observa una significancia de 0,142 para la muestra de eficacia con método postest, por lo que

también no se rechaza Ho. En tal sentido, como los datos procesados presentan distribución normal en ambos casos, es decir se tiene que usar una prueba paramétrica.

Hipótesis específica 2

H0: La aplicación del mantenimiento preventivo no mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

Al respecto, se compara la eficacia del método pretest con la eficacia del método posttest a través de la prueba T - Student, para muestras emparejadas.

$\mu_{EFA_{pre}} \geq \mu_{EFA_{pos}}$: Se acepta la hipótesis nula (Ho)

$\mu_{EFA} < \mu_{EF_{Apos}}$: Se acepta la hipótesis alterna (Ha)

Sig.: 0,05

Si P-valor < 0,05; se rechaza Ho

Si P-valor >0,05; no se rechaza Ho

Tabla 68. Prueba estadística T-Student para eficacia

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficacia pretest - Eficacia posttest	- ,011727	,00512	,00128	-,03711	-,03164	- 26,837	76	,000

Fuente: Métricas procesadas en SPSS-V25

En la tabla se evidencia como resultados que la diferencia de medias de la eficacia del método pretest y la eficacia del método posttest es de 34,38%, por lo cual se acepta Ha. Además, como el P-valor (0,00) es menor que Sig (0,05), en la que se rechaza H0. De tal manera, existe evidencia estadística para afirmar que la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.

V. DISCUSIÓN

En lo que respecta a la hipótesis general, en base al procesamiento de datos con el software SPSS-V25, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Al respecto, en el análisis descriptivo se obtuvo índices de la productividad media equivalentes a 70,45% en el escenario pretest y de 91,68% en el escenario posttest, esenciándose una mejora de 23,16%. En esa línea, la implementación de mantenimiento preventivo se realizó en base a Gallará y Pontelli (2020) por lo cual considerando el contexto y sector de la empresa se tuvo en cuenta 4 fases para la aplicación de la mejora. De tal forma, en la fase 1 de relevamiento y evaluación inicial se elaboró la lista de inventario, puesto que es fundamental para la programación del mantenimiento. Además, se realizó la clasificación de equipos en base a la prioridad de sus fallas para lo cual se utilizó criterios de probabilidad y gravedad. Adicionalmente, en la fase 2 después de evaluar la magnitud del fallo para cada equipo, se estableció el efecto sobre la empresa en su conjunto y se elaboró la programación del mantenimiento, para lo cual se tuvo en cuenta como técnica las instrucciones de fabricante, protocolos genéricos en base a ANSI TAPPI TIP 0305-34 y el estudio de fallos en relación a la criticidad. En esa línea, se adoptó medidas preventivas para mantener el adecuado funcionamiento de las enzunchadoras de modelos P331, P359 y P329; puesto que, considerando la prioridad de las fallas, el 80% de estos modelos requieren atención de emergencia y urgente. Adicionalmente, en la fase 3 de eliminación del deterioro para que el mantenimiento preventivo progrese en su aplicación, se adoptó medidas de contención y correctivas para evitar los inevitables fallos que conducen al mantenimiento. Además, en la fase 4 de implementación del TBM se realizó actividades de mantenimiento, verificación y un procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro, en el cual se documentó en base a 6 ítems en los que se consideró al personal, equipos, herramientas, materiales, diagrama de flujo de procedimiento, y acciones inmediatas para corrección de anomalías. De manera similar, Arroyo y Obando (2022) en su análisis acerca de la importancia de implementar el

mantenimiento preventivo en las plantas de producción obtuvo que el mantenimiento preventivo logra una mejora en la productividad hasta de 25%, además de ello reduce los costos de mantenimiento hasta en 30% y alarga hasta un 50% de tiempo de vida útil de los equipos y maquinarias. Adicionalmente, Landeros et al. (2019) mediante la utilización de instrumentos de fichas de recolección, obtuvieron que como resultados de aplicación de mantenimiento preventivo se obtuvo un nivel de productividad de 77,9% antes de la mejora y después de la mejora se incrementó a 82,0%. Desde otra perspectiva, Guerra y Montes (2019) en su investigación de casos prácticos obtuvo que la productividad del parque de maquinaria osciló entre el 44% y el 51%, debido a la falta de disponibilidad técnica y el incumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo. Al respecto, se identificó que estas características influían directamente en el índice de productividad del parque de máquinas, que estaba estrechamente relacionado con el método de adquisición empleado para cada equipo y la elección de su sustitución. En esa línea, Guimarey et al. (2021) enfocándose en el proceso operativo por ser el más crítico, obtuvieron que el plan de mantenimiento preventivo y plan de capacitaciones incremento la productividad de 1.93 unid/h-h a 2.17 unid/h-h; concluyéndose que los resultados mostraron que la productividad de la empresa por hora de trabajo aumentó un 12%, mientras que los costes de los insumos disminuyeron un 25%. Asimismo, León et al. (2020) teniendo una muestra constituida por los registros de la productividad de la empresa de los últimos años y empleando hojas de registro de productividad; como resultado de evaluación de la productividad se alcanzó una productividad antes de la mejora de 34.8%; para lo cual mediante la gestión de mantenimiento se incrementó la productividad a 85.4%; concluyendo que las herramientas de la mejora continua, como la gestión de mantenimiento, logra incrementar notoriamente la productividad de las empresas. Además, Martínez et al. (2019) observó que era posible adaptarse a la capacidad restringida y mejorarla mediante la modelización matemática de las cargas de trabajo y la identificación de las capacidades instaladas tras aplicar el enfoque planteado; por lo cual la aplicación del procedimiento integral mediante el mantenimiento logró un incremento a casi al 100% en la productividad. Así también,

García et al. (2019) en base a una reestructuración del método de mantenimiento obtuvieron que el mantenimiento aumenta la productividad a un 78% asegurando el funcionamiento de las máquinas durante la producción. Finalmente, López et al. (2022) lograron como resultado que el mantenimiento preventivo permitió verificar el aumento de la productividad a un 61.84%.

En lo que respecta a la hipótesis específica 1, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. De tal manera, respecto al tiempo medio entre fallas en el pretest se tuvo un valor de 8,18 h, y en el posttest de 20,49 h, por lo cual teniendo una variación de 60,06% se evidenció que siendo mayor el intervalo de tiempos entre fallos, después de la aplicación del mantenimiento preventivo se tuvo una mayor fiabilidad en el funcionamiento de las enzunchadoras. Además, respecto al tiempo medio para la reparación en el pretest se tuvo un valor de 1,64 h, y en el posttest de 1,10 h, por lo que teniendo una variación de 33,22% se evidenció un menor intervalo de tiempo para la reparación, después de la aplicación del mantenimiento preventivo. En esa línea, luego de la aplicación de mantenimiento preventivo se tuvo una eficiencia media de 94,70%, lo que demuestra un nivel de mejora equivalente a 16,66%. De manera similar, Canahua (2021) teniendo como muestra la producción de un mes y utilizando la ficha de recolección de datos; obtuvo como resultado que el cumplimiento del mantenimiento preventivo incrementó la eficiencia de producción de 49,44% a 94,64%; además, el MTBF aumentó de 50,86 horas a 237,65 horas y el MTTR se redujo de 7.76 horas a 0,27 horas. Por su parte, García et al. (2019) planteando una reestructuración del método de mantenimiento obtuvieron que las máquinas con mantenimiento tienen una mayor productividad con un funcionamiento mayor al promedio, concluyendo que el mantenimiento aumenta la eficiencia a un 80%. Además, López et al. (2022) lograron como resultado que el mantenimiento preventivo permitió verificar el aumento de la eficiencia al 73.85%, concluyendo que la gestión de mantenimiento productivo, incrementa los niveles de la productividad. Adicionalmente, Rayme y Diaz (2021) teniendo como muestra los equipos de medición de suministro eléctrico durante 12 semanas; logró como

resultado un incremento de la eficiencia de 77,08% a 91,16%; logrando un incremento en la producción de 58,66% a 86,58%; por lo cual se concluyó que el mantenimiento preventivo se incrementa los niveles de la productividad.

En lo que respecta a la hipótesis específica 2, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. En tal sentido, en relación al nivel de efectividad general del equipo en el pretest se obtuvo un porcentaje de 57,62%, y en el posttest de 58,97%, por lo cual teniendo una variación de 32,98%, se evidencia una mejor utilización de las máquinas enzunchadoras, después de la aplicación del mantenimiento preventivo. De tal forma, respecto a los índices de la eficacia media se obtuvo un porcentaje de 85,09% en el escenario pretest que a comparación de 96,81% de eficacia media en el escenario posttest, demuestra un nivel de mejora equivalente a 12,11%. En ese mismo enfoque, Rayme y Diaz (2021) teniendo como muestra los equipos de medición de suministro eléctrico durante 12 semanas; lograron como resultado un incremento de la eficacia que paso de 76,66% a 91,16%. Además, López et al. (2022) lograron como resultado que el mantenimiento preventivo permitió verificar el aumento de la eficacia a 83.53%, concluyendo que la gestión de mantenimiento productivo, sí incrementa los niveles de la eficacia. Por otra parte, Guerra y Montes (2019) en su estudio se enfocaron en analizar la productividad, el mantenimiento y la sustitución de maquinaria de minería a cielo abierto, para lo cual se elaboró una descripción completa del movimiento del equipo de fabricación. Al respecto, se obtuvo que la productividad del parque de maquinaria disminuyó entre un 44% y un 51% durante su sexto año de funcionamiento, por lo cual concluyó que la caída del índice de productividad del parque de máquinas se atribuye a una menor disponibilidad técnica. Adicionalmente, Guimarey, Hernández y Vásquez (2021) en su estudio se planteó aumentar la eficacia implantando las herramientas 5'S, la estandarización de procesos, un plan de mantenimiento preventivo y formación; obteniendo como resultado una mejora de la eficacia en el desarrollo de actividades.

VI.CONCLUSIONES

1. En lo que respecta al objetivo general, en base al procesamiento de datos con el software SPSS-V25, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Al respecto, en el análisis descriptivo se obtuvo índices de la productividad media equivalentes a 70,45% en el escenario pretest y de 91,68% en el escenario posttest, esenciándose una mejora de 23,16%.
2. Respecto al objetivo específico 1, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. De tal manera, en el análisis descriptivo se obtuvo índices de la eficiencia media equivalentes a 82,71% en el escenario pretest y de 94,70% en el escenario posttest, esenciándose una mejora de 14,50%.
3. En relación al objetivo específico 2, se tuvo una significancia de 0,00; por lo que se verificó que la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. De tal forma, en el análisis descriptivo se obtuvo índices de la eficacia media equivalentes a 82,08% en el escenario pretest y de 96,81% en el escenario posttest, esenciándose una mejora de 15,22%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Al gerente general de Fromm Perú S.A.C se recomienda realizar guías de guardado de piezas de mantenimiento y mantener el uso de técnicas de control visual como listas de verificación para supervisar el cumplimiento de las actividades relacionadas a mantenimiento preventivo y con ello mantener la mejora progresiva de la productividad de las maquinas enzunchadoras.
2. Se recomienda a la empresa Fromm Perú S.A.C mantener las capacitaciones de mantenimiento, puesto que, mediante la sensibilización y conocimiento de temas relacionados a actividades de mantenimiento preventivo se contribuirá la mejora de eficiencia productiva de las maquinas enzunchadoras. Además, para futuras investigaciones se recomienda aplicar sistemas de incentivos para los trabajadores que identifican mayor cantidad de oportunidades de mejora.
3. Se recomienda mantener la evaluación progresiva del OEE, puesto que ese indicador muestra la eficacia operativa de los equipos y permite identificar las interrupciones, averías, baja velocidad, entre otros que impiden que el equipo funcione a pleno rendimiento.

REFERENCIAS

- ALAMAR, J. y GUIJARRO, R., 2018. El libro de la productividad en la empresa española 2018. *Resultae* [en línea], pp. 1-11. Disponible en: <https://www.resultae.com/wp-content/uploads/2018/04/resultae-ebook-capitulo-2.pdf>.
- ALVES, D.S., MACHADO, T.H., DA SILVA TUCKMANTEL, F.W., KEOGH, P.S. y CAVALCA, K.L., 2022. Investigation of Fault Modeling in the Identification of Bearing Wear Severity. *Journal of Tribology* [en línea], vol. 144, no. 7. ISSN 15288897. DOI 10.1115/1.4053178. Disponible en: <https://doi.org/10.1115/1.4053178%0D>.
- ARROYO VACA, C.S. y OBANDO QUITO, R.F., 2022. Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, vol. 4, pp. 59-69. ISSN 28065883. DOI 10.53734/esci.vol4.id240.
- BAENA PAZ, G., 2017. *Metodología de la Investigación*. [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786077447528. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia de la investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf).
- BEIGEL, F. y GALLARDO, O., 2021. Productividad, bibliodiversidad y bilingüismo en un corpus completo de producciones científicas. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 16, no. 46, pp. 41-71.
- BUTLER, Q., ZIADA, Y., STEPHENSON, D. y GADSDEN, S.A., 2022. Condition Monitoring of Machine Tool Feed Drives: A Review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* [en línea], vol. 144, no. 10, pp. 1-28. ISSN 15288935. DOI 10.1115/1.4054516. Disponible en: <https://doi.org/10.1115/1.4054516>.
- CANAHUA, N., 2021. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, vol. 24, no. 1, pp.

49-76. ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v24i1.18402.

CANAHUA, N. y CANAHUA APAZA, N., 2021. Production and Management Implementation of the TPM-Lean Manufacturing Methodology to Improve the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Spare Parts Production at a Metalworking Company. *Revista Industrial Data* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-76. ISSN 1810-9993. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>.

CÉSPEDES, N., LAVADO, P. y RAMÍREZ, N., 2020. *Productividad en el Perú: Medición de determinantes e implicancias*. primera. Lima: Universidad del Pacífico. ISBN 978-9972-57-356-9.

DEL PILAR LÓPEZ-PADILLA, R., BENITES-ALFARO, E., RODRIGUEZ-ALEGRE, L.R., GUTIERREZ-ASCÓN, J., ITURRIZAGA-ROMERO, J.H. y MARTÍNEZ-LOAYZA, J.C., 2022. Application of Crystal Ball in Preventive Maintenance Management and its influence on the productivity of a cardboard company. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2022-July, pp. 1-8. ISSN 24146390. DOI 10.18687/LACCEI2022.1.1.691.

ELMELEGY, A. y ZAHWI, S., 2023. Comparative study of error determination of machine tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [en línea], vol. 124, no. 11-12, pp. 4575-4602. ISSN 14333015. DOI 10.1007/s00170-022-10358-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10358-1>.

ESCUADERO SANCHEZ, C.L. y CORTEZ SUÁREZ, L.A., 2018. Técnica y métodos cualitativos para la investigación científica. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local.*, vol. 1, no. 69, pp. 104.

FERNÁNDEZ, H., 2020. Tipos de justificación en la investigación científica. *Espí-ritu Emprendedor TES*, vol. 4, no. 3, pp. 65-76. DOI 10.33970/eetes.v4.n3.2020.207.

FONTALVO HERRERA, T., DE LA HOZ GRANADILLO, E. y MORELOS GÓMEZ,

- J., 2017. Productivity and its factors: impact on organizational improvement. *Dimensión Empresarial* [en línea], vol. 16, no. 1, pp. 47-60. DOI <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v16n1/1692-8563-diem-16-01-00047.pdf>.
- GALLARÁ, I. y PONTELLI, D., 2020. *Mantenimiento Industrial* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.alphaeditorialcloud.com/reader/mantenimiento-industrial-pontelli?location=16>.
- GANIVET SÁNCHEZ, J., 2017. *UF0926 - Diseño y organización del almacén* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=Z35XDwAAQBAJ&pg=PA258&dq=productividad%2Beficiencia%2Beficacia%2B2017&hl=es&pg=PA258#v=onepage&q=productividad+eficiencia+eficacia+2017&f=false>.
- GARCIA SIERRA, J., CARCEL CARRASCO, J. y MENDOZA VALENCIA, J., 2019. Importance of Maintenance, Application To a Textile Industry and Its Evolution in Efficiency. *3C Tecnologia*, vol. 8, no. 2, pp. 51-67. ISSN 2254-4143.
- GÓMEZ GÓMEZ, I. y BRITO AGUILAR, J.G., 2020. *Administración de Operaciones* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789942368911. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4146>.
- GUERRA-LÓPEZ, E. y MONTES DE OCA-RISCO, A., 2019. Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea], no. 45, pp. 14-21. ISSN 0120-3630. DOI 10.15446/rbct.n45.68711. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n45/0120-3630-bcdt-45-00014.pdf>.
- GUIMAREY LÓPEZ, F.A., HERNÁNDEZ MONSALVE, L.L. y VÁSQUEZ CORONADO, M.H., 2021. Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC productivity improvement using the DMAIC methodology. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., vol. 8, no. 2, pp. 2013-2015.
- HERNÁNDEZ R, SAMPIERE P, MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la*

investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. S.l.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2022. Informe técnico de la producción nacional. [en línea]. S.l.: Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/10-informe-tecnico-produccion-nacional-ago-2021.pdf.

LANDEROS-CORREA, C., CHIHUAQUE-ALCANTAR, J., MELESIO-MORENO, M.G. y GALVÁN-GARCÍA, M.I., 2019. Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz. *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 3, no. 10, pp. 36-45. DOI 10.35429/jie.2019.10.3.36.45.

LEÓN GONZALES, D.M., MEDINA PAREDES, M. y MÉNDEZ PARODI, R., 2020. Application of continuous improvement to increase the productivity of the company J . C . Shipyards-Mining Division . , vol. 6, no. 2, pp. 61-73.

LI, Z., KRISTOFFERSEN, E. y LI, J., 2022. Deep transfer learning for failure prediction across failure types. *Computers and Industrial Engineering* [en línea], vol. 172, no. PA, pp. 108521. ISSN 03608352. DOI 10.1016/j.cie.2022.108521. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108521>.

LIU, T.H., CHI, J.Z., WU, B.L., CHEN, Y.S., HUANG, C.H. y CHU, Y.S., 2023. Design and Implementation of Machine Tool Life Inspection System Based on Sound Sensing. *Sensors* [en línea], vol. 23, no. 1. ISSN 14248220. DOI 10.3390/s23010284. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s23010284>.

MARTÍNEZ-VIVAR, R., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, A., INFANTE-DÍAZ, Y. y FERNÁNDEZ-OCHOA, Y., 2019. La mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor. *Ciencias Holguín* [en línea], vol. 25, no. 2, pp. 1027-2127. ISSN 1027-2127. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181559111005>.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, R., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. 5. Bogotá:

Ediciones de la U. ISBN 978-958-762-876-0.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 2022. *Informe Regional Productividad* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789220371350. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_847153.pdf.

PARK, B., LEE, Y., YEO, M., LEE, H., JOO, C. y LEE, C., 2022. Tool-Condition Diagnosis Model with Shock-Sharpening Algorithm for Drilling Process. *Sensors*, vol. 22, no. 5. ISSN 14248220. DOI 10.3390/s22051975.

PÉREZ RONDÓN, F.A., 2021. *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789588477923. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

PRAEDICOW, M., APITZSCH, R., RICHTER, A., WUNDERLICH, T. y KLIMANT, P., 2022. Availability-guaranteeing maintenance of series machine tools. *Engineering Reports* [en línea], vol. 4, no. 7-8, pp. 1-16. ISSN 25778196. DOI 10.1002/eng2.12456. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/eng2.12456>.

RAYME FLORES, M.S. y DIAZ DUMONT, J.R., 2021. Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. *Qantu Yachay* [en línea], vol. 1, pp. 59-66. Disponible en: <https://revistas.une.edu.pe/index.php/QantuYachay/article/view/8/8>.

RUNJI, J.M., LEE, Y.-J. y CHU, C.-H., 2022. User Requirements Analysis on Augmented Reality-Based Maintenance in Manufacturing. En: Export Date: 06 July 2023; Cited By: 6, *Journal of Computing and Information Science in Engineering* [en línea], vol. 22, no. 5. DOI 10.1115/1.4053410. Disponible en: <https://doi.org/10.1115/1.4053410>.

SALGADO, Y., MARTÍNEZ, A. y SANTOS, A., 2018. Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. *Revista de Ingeniería Energética*, vol. 39, no. 3. ISSN 1815-

5901.

SOCCONINI, L.V., 2019. *Lean manufacturing Paso a paso* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789587785753. Disponible en:

<https://www.alphaeditorialcloud.com/reader/lean-manufacturing-paso-a-paso?location=1>.

SUN, J., SUN, Z., CHEN, C., YAN, C., JIN, T. y ZHONG, Y., 2023. Group maintenance strategy of CNC machine tools considering three kinds of maintenance dependence and its optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [en línea], vol. 124, no. 11-12, pp. 3749-3760. ISSN 14333015. DOI 10.1007/s00170-021-07752-6. Disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-466031/v1%0D>.

VAPSKI, D. y PANDILOV, Z., 2023. Automation of Production Line in Order to Increase the Productivity. *Tehnicki Glasnik* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 146-152. ISSN 18485588. DOI 10.31803/tg-20210211230401. Disponible en: <https://doi.org/10.31803/tg-20210211230401>.

WORLD BANK, 2023. *Global Economic Prospects*. S.l.: s.n. ISBN 9781464819063.

XU, M., FU, H., TIAN, W., LYU, B., JIANG, Z. y GUAN, B., 2023. Reliability allocation of rotary ultrasonic vibration-assisted EDM machine tool based on maximum entropy ordered weighted average and constraint under the index of overall cost. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 124, no. 11-12, pp. 4639-4648. ISSN 14333015. DOI 10.1007/s00170-021-07420-9.

ANEXOS.

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Mantenimiento preventivo	El mantenimiento preventivo garantiza que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos (Pérez, 2021)	El mantenimiento preventivo es medido por el mantenimiento basado en el tiempo (TBM) y por la efectividad General del equipo.	Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> $MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$ <p>MTBF: Tiempo medio entre fallas (H)</p> <p>$\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H)</p> <p>CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)</p> <p>Tiempo medio para reparación</p> $MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$ <p>MTTR: Tiempo medio para reparación (H)</p> <p>$\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H)</p> <p>CF : Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)</p>	Razón
			Efectividad General del equipo	<p>Nivel de efectividad General del equipo</p> $OEE = D \times R \times C$ <p>OEE: Efectividad general del equipo (%)</p> <p>D: Disponibilidad (%)</p> <p>R: Rendimiento (%)</p> <p>C: Calidad (%)</p>	
Productividad	La productividad es el dar un uso adecuado de la innovación y de los recursos con el fin de incrementar el valor agregado de productos y servicios (Alamar y Quijarro, 2018)	Es el uso de recursos, el cual se mide a través del nivel de eficiencia y eficacia de las enzunchadoras.	Eficiencia	$Efn = \frac{HMT}{HMD}$ <p>Efn: Nivel de eficiencia (%)</p> <p>HMT: Horas máquina trabajadas (Und)</p> <p>HMD: Horas máquina disponibles (Und)</p>	Razón
			Eficacia	$Efc = \frac{PR}{PP}$ <p>Efc: Nivel de eficacia (%)</p> <p>PR: Producción real (Und)</p> <p>PP: Producción programada (Und)</p>	

Anexo 2. Matriz de consistencia lógica

Formulación Del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Metodología
<p>Problema general: ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la Productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022?</p> <p>Problemas específicos: - ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022? - ¿En qué medida la aplicación de mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022?</p>	<p>Objetivo general: Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.</p> <p>Objetivos específicos: Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.</p>	<p>Hipótesis general: -La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.</p> <p>Hipótesis específicas: -La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022. -La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en las máquinas enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022.</p>	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> $MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$ <p>MTBF: Tiempo medio entre fallas (H) $\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)</p> <p>Tiempo medio para reparación</p> $MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$ <p>MTTR: Tiempo medio para reparación (H) $\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H) CF : Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)</p>	<p>Formatos de registro de mantenimiento.</p> <p>Formatos de registro de productividad.</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicativa según su propósito; de enfoque cuantitativo según su naturaleza y de tipo experimental según la interferencia de las variables</p> <p>Diseño de investigación: Pre experimental</p> <p>G: O1–X–O2</p> <p>Población y muestra: 10 enzunchadoras</p>
				Efectividad General del equipo	<p>Nivel de efectividad General del equipo</p> $OEE = D \times R \times C$ <p>OEE: Efectividad general del equipo (%) D: Disponibilidad (%) R: Rendimiento (%) C: Calidad (%)</p>		
			Productividad	Eficiencia	$Efn = \frac{HMT}{HMD}$ <p>Efn: Nivel de eficiencia (%) HMT: Horas máquina trabajadas (Und) HMD: Horas máquina disponibles (Und)</p>		
				Eficacia	$Efc = \frac{PR}{PP}$ <p>Efc: Nivel de eficacia (%) PR: Producción real (Und) PP: Producción programada (Und)</p>		

Anexo 3. Matriz de decisión en basada en criterios

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	COSTO DE APLICACIÓN	VIABILIDAD DE APLICACIÓN	TOTAL
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	3	2	3	8
Mantenimiento preventivo	3	3	3	9
Mantenimiento basado en condiciones	3	2	2	7

Nota. Los criterios de evaluación tuvieron una valoración de bajo (1), bueno (2) y muy bueno (3).

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

FROMM PACKAGING SYSTEMS		HOJA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD						
Mes:		Área:		Elaborado por: Cieza Cesar y Espilco				
ITEM	FECHA	INDICADOR						PRODUCTIVIDAD
		EFICIENCIA			EFICACIA			
		H-M Real	H-M Programadas	EFICIENCIA	CANT. PRODUCCIÓN	CANT. PROGRAMADA	EFICACIA	
PROMEDIO DEL MES								PROMEDIO DEL MES

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
Realizado por:	Cesar Cieza y Espillo Jan Carlos	Fecha:			
Máquina-equipo		Ubicación:			
Marca					
Modelo		<small>FOTO DE LA MÁQUINA -EQUIPO</small>			
Características técnicas					
Calidades de fleje:					
Medidas del fleje:					
Peso:					
Dimensiones:					
Resistencia media de la soldadura:					
Fuerza de tensión:					
Velocidad de tensión:					
Suministro de energía:					
Video de funcionamiento:					
Link de información técnica:					

		FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS Y AVERÍAS			
		Parada		Arranque	
Código	Equipo: Descripción	Fecha	Hora	Fecha	Hora

Anexo 5. Certificados de validez y confiabilidad de instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLE/DIMENSIÓN	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
Dimensión 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)								
1	Tiempo medio entre fallas $MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$ MTBF: Tiempo medio entre fallas (H) $\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
2	Tiempo medio para reparación $MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$ MTTR: Tiempo medio para reparación (H) $\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Efectividad general del equipo								
3	Efectividad General del equipo $OEE = D \times R \times C$ OEE: Efectividad general del equipo (%) D: Disponibilidad (%) R: Rendimiento (%) C: Calidad (%)	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD								
Dimensión 1: Eficiencia								
4	Nivel de eficiencia $Efn = \frac{HMT}{HMD}$ Efn: Nivel de eficiencia (%) HMT: Horas máquina trabajadas (Und) HMD: Horas máquina disponibles (Und)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Eficacia								
5	Nivel de eficacia $Efc = \frac{PR}{PP}$ Efc: Nivel de eficacia (%) PR: Producción real (Und) PP: Producción programada (Und)	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia.

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [x] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/Mg: Frank Erickson Chafloque Llontop

DNI: 41043466

Especialidad del validador:

01 de junio del 2023

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLE/DIMENSIÓN	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
Dimensión 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)								
1	Tiempo medio entre fallas $MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$ MTBF: Tiempo medio entre fallas (H) $\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
2	Tiempo medio para reparación $MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$ MTTR: Tiempo medio para reparación (H) $\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Efectividad general del equipo								
3	Efectividad General del equipo $OEE = D \times R \times C$ OEE: Efectividad general del equipo (%) D: Disponibilidad (%) R: Rendimiento (%) C: Calidad (%)	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD								
Dimensión 1: Eficiencia								
4	Nivel de eficiencia $Efn = \frac{HMT}{HMD}$ Efn: Nivel de eficiencia (%) HMT: Horas máquina trabajadas (Und) HMD: Horas máquina disponibles (Und)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Eficacia								
5	Nivel de eficacia $Efc = \frac{PR}{PP}$ Efc: Nivel de eficacia (%) PR: Producción real (Und) PP: Producción programada (Und)	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia.

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/Mg: Acosta Linares, Aldo Alexi

DNI: 41609054

Especialidad del validador:

01 de junio del 2023



Firma del Experto Informante.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLE/DIMENSIÓN	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
	Dimensión 1: Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)							
	Tiempo medio entre fallas $MTBF = \frac{\sum TOE}{CF}$ MTBF: Tiempo medio entre fallas (H) $\sum TOE$: Suma de tiempos de operación de los equipos analizados en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
2	Tiempo medio para reparación $MTTR = \frac{\sum TIE}{CF}$ MTTR: Tiempo medio para reparación (H) $\sum TIE$: Suma de tiempos utilizados en reparaciones por rotura en un periodo (H) CF: Cantidad de fallas de los equipos analizados en un periodo (Und)	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Efectividad general del equipo Efectividad General del equipo $OEE = D \times R \times C$ OEE: Efectividad general del equipo (%) D: Disponibilidad (%) R: Rendimiento (%) C: Calidad (%)	✓		✓		✓		
4	VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
	Dimensión 1: Eficiencia							
	Nivel de eficiencia $Efn = \frac{HMT}{HMD}$ Efn: Nivel de eficiencia (%) HMT: Horas máquina trabajadas (Und) HMD: Horas máquina disponibles (Und)	✓		✓		✓		
5	Dimensión 2: Eficacia							
	Nivel de eficacia $Efc = \frac{PR}{PP}$ Efc: Nivel de eficacia (%) PR: Producción real (Und) PP: Producción programada (Und)	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia.

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: ROBERTO FARFAN MARTINEZ **DNI:**02617808

Especialidad del validador:

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

01 de junio del 2023


 ROBERTO FARFAN MARTINEZ
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 42008

Firma del Experto Informante.

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: Ficha de recolección de datos, Registro del Cumplimiento basado en condiciones, Registro de cumplimiento del mantenimiento basado en el tiempo, Registros de productividad. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	CHAFLOQUE LLONTOP, FRANK ERICKSON	
Grado profesional:	Maestría (x)	Doctor ()
Área de formación académica:	Clínica ()	Social ()
	Educativa (x)	Organizacional ()
Áreas de experiencia profesional:	Ingeniería industrial	
Institución donde labora:	Universidad Cesar Vallejo	
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ()	
	Más de 5 años (x)	
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.	

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos del instrumento (Colocar nombre del instrumento, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA VARIABLE PRODUCTIVIDA
Autores:	<ul style="list-style-type: none"> • Cieza Herrera, Cesar Alberto • Espilco De La Cruz, Jan Carlos
Procedencia:	Empresa Fromm Perú
Administración:	Empresa Fromm Perú
Tiempo de aplicación:	Pre test 2022: agosto, setiembre, octubre Post test 2023 : febrero , marzo , abril
Ámbito de aplicación:	Venta al por mayor no especializada
Significación:	



Firma del evaluador
DNI 41043466

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de 2 hasta **20 expertos**, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que **10 expertos** brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: Ficha de recolección de datos, Registro del Cumplimiento basado en condiciones, Registro de cumplimiento del mantenimiento basado en el tiempo, Registros de productividad. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Acosta Linares, Aldo Alexi		
Grado profesional:	Maestría (x)	Doctor	()
Área de formación académica:	Clinica ()	Social	()
	Educativa (x)	Organizacional	()
Áreas de experiencia profesional:	Ingeniería industrial		
Institución donde labora:	Universidad Cesar Vallejo		
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ()		
	Más de 5 años (x)		
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.		

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos del instrumento (Colocar nombre del instrumento, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA VARIABLE PRODUCTIVIDAD
Autores:	<ul style="list-style-type: none"> • Cieza Herrera, Cesar Alberto • Espilco De La Cruz, Jan Carlos
Procedencia:	Empresa Fromm Perú
Administración:	Empresa Fromm Perú
Tiempo de aplicación:	Pre test 2022: agosto, setiembre, octubre Post test 2023 : febrero , marzo , abril
Ámbito de aplicación:	Venta al por mayor no especializada
Significación:	



Firma del evaluador
DNI 41609054

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de **2** hasta **20 expertos**, Hyrkás et al. (2003) manifiestan que **10 expertos** brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkás et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: Ficha de recolección de datos, Registro del Cumplimiento basado en condiciones, Registro de cumplimiento del mantenimiento basado en el tiempo, Registros de productividad. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	FARFAN MARTINEZ, ROBERTO	
Grado profesional:	Maestría (x)	Doctor ()
Área de formación académica:	Clínica ()	Social ()
	Educativa (x)	Organizacional ()
Áreas de experiencia profesional:	Ingeniería industrial	
Institución donde labora:	Universidad Cesar Vallejo	
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ()	
	Más de 5 años (x)	
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.	

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos del instrumento (Colocar nombre del instrumento, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA VARIABLE PRODUCTIVIDA
Autores:	<ul style="list-style-type: none"> • Cieza Herrera, Cesar Alberto • Espilco De La Cruz, Jan Carlos
Procedencia:	Empresa Fromm Perú
Administración:	Empresa Fromm Perú
Tiempo de aplicación:	Pre test 2022: agosto, setiembre, octubre Post test 2023 : febrero , marzo , abril
Ámbito de aplicación:	Venta al por mayor no especializada
Significación:	



ROBERTO FARFÁN MARTÍNEZ
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. OIP N° 42008

Firma del evaluador
DNI 02617808

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de **2** hasta **20 expertos**, Hyrkás et al. (2003) manifiestan que **10 expertos** brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkás et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía

Anexo 6. Cantidad de producción en los meses evaluados del pretest y postest

PRODUCCIÓN PROGRAMADA	PRETEST 2022						POSTEST 2023					
	Agosto		Septiembre		Octubre		Febrero		Marzo		Abril	
	Día	Producción real	Día	Producción real	Día	Producción real	Día	Producción real	Día	Producción real	Día	Producción real
200	1/08/2022	150	1/09/2022	193	1/10/2023	171	1/02/2023	183	1/03/2023	194	1/04/2023	198
200	2/08/2022	145	2/09/2022	160	3/10/2023	175	2/02/2023	189	2/03/2023	193	3/04/2023	193
200	3/08/2022	135	3/09/2022	172	4/10/2023	160	3/02/2023	195	3/03/2023	196	4/04/2023	194
200	4/08/2022	164	5/09/2022	164	5/10/2023	161	4/02/2023	194	4/03/2023	193	5/04/2023	199
200	5/08/2022	183	6/09/2022	182	6/10/2023	149	6/02/2023	185	6/03/2023	192	6/04/2023	195
200	6/08/2022	160	7/09/2022	138	7/10/2023	174	7/02/2023	190	7/03/2023	192	7/04/2023	198
200	8/08/2022	187	8/09/2022	149	8/10/2023	190	8/02/2023	192	8/03/2023	197	8/04/2023	194
200	9/08/2022	172	9/09/2022	188	10/10/2023	157	9/02/2023	195	9/03/2023	194	10/04/2023	193
200	10/08/2022	175	10/09/2022	158	11/10/2023	160	10/02/2023	180	10/03/2023	190	11/04/2023	195
200	11/08/2022	183	12/09/2022	177	12/10/2023	177	11/02/2023	193	11/03/2023	195	12/04/2023	198
200	12/08/2022	175	13/09/2022	187	13/10/2023	160	13/02/2023	188	13/03/2023	197	13/04/2023	197
200	13/08/2022	172	14/09/2022	174	14/10/2023	190	14/02/2023	192	14/03/2023	195	14/04/2023	194
200	15/08/2022	189	15/09/2022	188	15/10/2023	176	15/02/2023	198	15/03/2023	192	15/04/2023	190
200	16/08/2022	178	16/09/2022	178	17/10/2023	162	16/02/2023	194	16/03/2023	195	17/04/2023	195
200	17/08/2022	183	17/09/2022	199	18/10/2023	154	17/02/2023	195	17/03/2023	189	18/04/2023	194
200	18/08/2022	177	19/09/2022	172	19/10/2023	162	18/02/2023	194	18/03/2023	196	19/04/2023	197
200	19/08/2022	172	20/09/2022	164	20/10/2023	180	20/02/2023	197	20/03/2023	197	20/04/2023	197
200	20/08/2022	130	21/09/2022	177	21/10/2023	176	21/02/2023	196	21/03/2023	193	21/04/2023	195
200	22/08/2022	148	22/09/2022	171	22/10/2023	189	22/02/2023	189	22/03/2023	190	22/04/2023	195
200	23/08/2022	175	23/09/2022	162	24/10/2023	180	23/02/2023	194	23/03/2023	189	24/04/2023	197
200	24/08/2022	181	24/09/2022	177	25/10/2023	160	24/02/2023	190	24/03/2023	191	25/04/2023	197
200	25/08/2022	164	26/09/2022	155	26/10/2023	181	25/02/2023	198	25/03/2023	192	26/04/2023	194
200	26/08/2022	163	27/09/2022	177	27/10/2023	187	26/02/2023	196	27/03/2023	197	27/04/2023	190
200	27/08/2022	172	28/09/2022	160	28/10/2023	185	27/02/2023	198	28/03/2023	198	28/04/2023	195
200	29/08/2022	193	29/09/2022	162	29/10/2023	168	28/02/2023	195	29/03/2023	197	29/04/2023	197
200	-	-	30/09/2022	156	31/10/2023	155	-	-	30/03/2023	179	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	31/03/2023	186	-	-

Anexo 7. Procedimiento escrito de trabajo de mantenimiento seguro

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
		ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		Revisión:	5
				Fecha :	15-01-23
				Área:	Almacenamiento y depósito
1. PERSONAL					
1.1. Operario industrial, Supervisor de Operaciones, Ingeniera de SSMA, Ejecutivo comercial, Gerencia.					
2. CONDICIONES NECESARIAS					
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD				RIESGOS CRÍTICOS	
Casco y barbierejo	Lentes de seguridad tipo Lentes Altimeter MSA	Zapatos de seguridad con Punta de acero	Protectores auditivos	Guantes de Cuero reforzado	Guantes poliéster/algodón 330
					Guantes protección antiimpacto de cuero
					Uniforme con cinta reflectiva
					Respirador y cartuchos
					Uso de mascarilla KN95
				Cuidado Especial :	
				Material Caliente Vehículos y equipos móviles Herramientas manuales Máquinas Flejadoras Neumáticas y eléctricas Sistema Presurizado	
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES					
EQUIPOS		HERRAMIENTAS		MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none"> • MAQUINA FLEJADORA ELÉCTRICA PARA FLEJE DE POLIÉSTER • MÁQUINAS FLEJADORA NEUMÁTICA PARA FLEJE DE POLIÉSTER • MAQUINA FLEJADORA NEUMÁTICA PARA FLEJE DE ACERO • UNIDADES DE MANTENIMIENTO (manómetro, filtro para agua y lubricación). • TERMOMETRO INFRAROJO (Medir temperatura de barras de Zinc). 		<ul style="list-style-type: none"> • COMBAS • CIZALLA • KIT DE HERRAMIENTAS • PISTOLA (Limpieza de maquinas flejadoras). • CAJA DE HERRAMIENTAS • CABLE ELÉCTRICO • ESCALERA TIPO PLATAFORMA DE FIBRA DE VIDRIO DE 3 PASOS • CARRITO PORTA FLEJE • CASETA DE ALMACEN TEMPORAL • LOCKER 		<ul style="list-style-type: none"> • FLEJES DE POLYESTER • FLEJES DE ACERO • MANGUERAS DE PRESIÓN DE AIRE (Para el funcionamiento de las Maquinas flejadoras neumáticas). MATERIALES DE SEGURIDAD <ul style="list-style-type: none"> • CONOS • BARRAS RETRACTILES • SEÑALIZACIÓN DE PARE Y SIGA 	
4. PROCEDIMIENTO					
FLUJOGRAMA					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.1. CHARLA 5 MINUTOS, REALIZAR EL LLENADO DE FORMATOS DE SEGURIDAD (ATS, APR CHECK LITS)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.2. INSPECCION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE BARRAS DE ZINC</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.4. VOLTEO DE BARRAS DE ZINC.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.5. ALINEADO DE BARRAS DE ZINC.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.6. ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.7. REPORTE DE ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">4.8. ORDEN Y LIMPIEZA FINALIZACIÓN DE TRABAJO</div> </div>					
<p>4.1. Realizar el llenado APR (F-SGS-011), ATS, Realizar NDD, Check list de Maquina Flejadora F-SGS-022, check list control de temperatura de las barras de zinc, F-SGS-020 Check list de Escalera plataforma (Si se utilizara en el turno), Declaración jurada de estado de Salud.</p>					
		<p>4.1. CONTROL</p> <p>Verificar que el personal cuente con su APR, ATS y PETS (procedimiento de trabajo), para la actividad asignada.</p> <p>El Supervisor de operaciones de FROMM firmará dando la conformidad de los APR, check list, ATS, Declaración jurada de estado de Salud.</p>			

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
		ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		Revisión:	5
				Fecha :	15-01-23
				Área:	Almacenamiento y depósito
POSICIÓN ANTI ERGONOMICA					
CONTROLES		<p>- Todo personal que transita cerca al área de trabajo, personal externo a la actividad tendrán que transitar a 2.5 m de distancia o realizar actividades.</p> <p>- Ruido: Uso de protectores auditivos, charla de sensibilización, monitoreo ocupacional.</p> <p>- Riesgo disergonómico (posturas forzadas, movimientos repetitivos, esfuerzo físico). Realizar pausas activas tomar 5 minutos de pausas activas por c/lote de volteo de barras, capacitación en técnicas ergonómicas, gimnasia Laboral.</p> <p>- Riesgo psicosocial (Estrés): Realizar técnicas de relajación y respiración antes de iniciar las actividades.</p> <p>- Movimiento sísmico: Evacuar hacia punto de reunión entre el patio de la Sección 81 y Laboratorio, instrucción al personal sobre rutas de evacuación, no utilizar celular en el desplazamiento.</p> <p>- Superficies irregulares: Transitar por líneas peatonales, mantener 7s en el área de trabajo y asignada.</p> <p>- Manipulación manual de carga: El peso no debe exceder de los 25 Kg. Al agacharse, se debe flexionar las rodillas y mantener la espalda recta. La carga debe mantenerse lo más cerca posible al cuerpo.</p> <p>- Contacto con material cortante / Usar guantes (cuero reforzado), para manipular las barras.</p> <p>- Flejes y mangueras neumáticas: Señalizar el área donde se tienden los flejes y mangueras con conexión a las máquinas flejadoras. Realizar 7S del lugar de trabajo, segregar residuos adecuadamente y no utilizar celular durante desplazamiento.</p> <p>- Herramientas manuales: Usar guantes. Inspeccionar combas antes de iniciar los trabajos, durante el combeo (alineado de barras de zinc), se debe retirar el cuerpo (piernas) del espacio en que la comba es balanceada.</p> <p>- Vehículos o equipos móviles: Atropello / transitar por los pasos peatonales, uniforme con cintas reflectivas, señalizar el área de trabajo colocando conos en los extremos del área de enflejado, mantener distancia con los equipos móviles en movimiento (3 m aproximadamente), contacto visual con el operador.</p> <p>- Material caliente: contará con señalización de advertencia, para ello se sigue la lista que entregó el supervisor de operaciones, usar guantes reforzados, no tocar las barra de Zinc sin guantes, si se encuentra material caliente tendido, parar el trabajo, reportar a su supervisor y éste al jefe de guardia de Nexa.</p> <p>- Exposición a la radiación solar/ Las actividades se realizaran bajo sombra. Charlas sobre el uso correcto del bloqueador solar, contar con un punto de hidratación, uso de lentes oscuros con protección UV, Inspecciones de Epps.</p> <p>Riesgos OEA:</p> <p>* Realizar inspecciones mensuales a los locker de sus vestuarios y de la sección 81 del personal operativo.</p> <p>* El Personal de FROMM identificará y realizara la intervención al personal que no pertenesca al área de trabajo y a la vez comunicara a su jefe inmediato.</p> <p>* El personal de FROMM comunicara de inmediato al Supervisor y/o jefe de guardia de logística de Nexa ante cualquier persona ajena al área de trabajo (Sección 81 de enflejado de barras de zinc).</p> <p>* Esta prohibido el ingreso de armas de fuego o cualquier objeto tipo cortante, droga ilicitos.</p> <p>* Comunicar de inmediato cualquier acto sospecho en el área de trabajo.</p>			

FROMM PACKAGING SYSTEMS	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
	ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		Revisión:	5
			Fecha :	15-01-23
			Área:	Almacenamiento y depósito
		4.2. Inspección de maquinas, equipos y herramientas. - Antes de usar las herramientas manuales se realizará una inspección visual y asegurarse que se encuentre en un buen estado de operatividad, deben contar con la cinta de inspección del mes que corresponda. - Inspección de las maquinas flejadoras, mangueras neumaticas y unidad de mantenimiento se realiza con el check list.F-SGS-022. Antes de iniciar la actividad de enflejado. - De encontrar alguna anomalía en las herramientas y/o maquinas, equipos el operario industrial debe registrar la observación en el check list y reportar de inmediato a su Supervisor, para la sustitución de la maquina. - El Supervisor de operaciones de FROMM firmará dando la conformidad el check list de las maquinas flejadoras(mangueras neumaticas, unidades de mantenimiento), y equipos herramientas. - Tener los manuales de operatividad de cada equipo en el frente de trabajo en español.		
		<div style="display: flex; align-items: center;">  <ul style="list-style-type: none"> - Ruido: Uso de protectores auditivos (tipo copa, silicona). - Maquina flejadoras neumaticas: Uso del sistema antilatigazo, check list de las maquinas, verificar la presión de aire que este en 100 PSI, Epp adecuados para la actividad. - Fleje poliester y acero riesgo de ruptura del fleje durante el tensado, excesiva tensión : Cortes, lesiones producidas por el rebote del fleje, coloque siempre el fleje en un angulo recto, para el corte del fleje utilice cizalla de corte manual. - Carrito portafleje: inspeccionar que el desenrollado del rodillo tiene lugar en un eje central y se controla mediante un freno de resorte que estos esten operativos, el carrito porta fleje de contar con señalización cada vez se traslada. - Mangueras neumaticas de conexión pueden estar sometidas durante su utilización, a flexiones, golpes, erosiones, etc., lo que puede traer como consecuencia la ruptura de las mismas, por movimiento repentino de serpiente o látigo, producido por la salida brusca del aire comprimido: Inspección de conectores, abrasaderas, sistema antilatigazo. - Aire comprimido (El uso de presiones inadecuadas puede dar lugar a la ruptura y a proyección de elementos): Unidad de mantenimiento, sistema antilatigazo. </div> <p>CONTROLES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo psicosocial (Estrés): Realizar técnicas de relajación y respiración antes de iniciar las actividades, descansar 6 a 7 hrs, no trabajar mas de 12 horas. - Movimiento sísmico: Evacuar hacia punto de reunión entre el patio de la Sección 81 y Laboratorio, intrucción al personal sobre rutas de evacuación, área libres y despegadas - Vehículos o equipos móviles: Transitar por los pasos peatonales. Usar traje de seguridad con cintas reflectivas, contacto visual, distancia con el operador en movimiento. - Superficies irregulares: Transitar por líneas peatonales, orden y limpieza. - Antes de empezar las actividades verificar que no se encuentren personal transitando cerca al área de trabajo, personal externo a la actividad tendrán que transitar a 2.5 m de distancia o realizar actividades. 		

FROMM PACKAGING SYSTEMS	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
	ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC		Revisión:	5
			Fecha :	15-01-23
			Área:	Almacenamiento y depósito
		4.3. Medición de temperatura de barras de Zinc. - El operario industrial antes de realizar el alineado de barras de zinc, procede a tomar la temperatura de las barras tendidas con el termometro infrarrojo, para determinar que los lotes esten aptos para el enflejado(frios), caso contrario no podran enflejar(barras calientes), asi mismo informar al Supervisor de operaciones. - Se hará un registro en físico donde indique la temperatura de las barras de zinc, dejando constancia que las mismas esten aptas para realizar el proceso de enflejado. La temperatura adecuada a enflejar 35 a 40°C. - El personal de Fromm coloca los conos y barras retráctiles y señalización donde indique material caliente, cabe señalar que el enfriamiento de las barras de zinc son de 6 a 8 horas. Nota: En ocasiones cuando el stock esta elevado y el espacio de la zona de enfriamiento se encuentra reducido el montacarga de Fusión y moldeo tiende las barras de zinc calientes en el patio de enflejado, estas barras de zinc, salen de la línea de producción a una T450. Se cuenta con líneas de producción Outotec y sheppard. Cabe recalcar que la barr de la línea de producción de Outotec el enfriamiento es de 6 hrs y de sheppard es de 8 hrs.		
		4.4. Volteo de barras de zinc. - Antes de voltear las barras de zinc se realizará, una inspección visual de los materiales, conformes y no conformes(etiqueta tachada, rebabas, manchas, aceite), verificar si el tendido de las barras de zinc estan en forma de zig zag entre fila y fila (verificando el espacio para el proceso de combeo), manteniendo la distancia de separación de cada paquete de un metro de distancia, en caso de no estar las barras con las distancia correspondiente se comunica al SUPERVISOR DE FROMM para que comunique al Supervisor de Harsco. - El operario industrial empezará su labor al voltear las tapas de las barras de zinc de las líneas Sheppard para visualizar el logo de Votorantin y Outotec (en algunas ocasiones debido a que salen de producción volteadas las barras zinc). - Antes de iniciar las actividades de de volteo el colaborador debe contar con sus EPP adecuado (guantes de cuero reforzado), el personal empieza a voltear las tapas de barras de zinc que se encuentran en la parte superior del paquete para que se muestre el logo de votorantin ; se inicia al voltear una barra lateral del lado derecho y consecutivamente se realizará con las dos barras centrales, rotando de cada lado al voltear las barras de zinc. - En caso de encontrarse rebabas en las barras de zinc el operario comunicara al Supervisor de operaciones y el comunicara al Jefe de guardia de Logística NEXA.		
		4.5. Alinear las barras de zinc. - El Operario Industrial antes de realizar las actividades inspeccionara la comba de 20 libras, que este operativa, que cuente con la cinta de inspección mensual correspondiente al mes. - Antes de empezar las actividades verificar que no se encuentren personal transitando cerca al área de trabajo, personal externo a la actividad tendrán que transitar a 2.5 m de distancia o realizar actividades. . - El colaborador encargado enviara los lotes tendidos al Supervisor de FROMM, quien validara en SAP los materiales conforme y no conforme, (S y Q): S(bloqueado),Q(observación por químico),el Operario procederá a no alinear los paquetes que se encuentren no conformes. - El operario industrial realiza el alineado de los paquetes de las barras de zinc, aplicando la técnica de combeo (los operarios dan golpes a los lados del paquete hasta que queden uniformes y se encuentren compactadas para realizar el proceso de enflejado), manteniendo una postura erguida, el operario sostiene la comba con ambas manos utilizando guantes de tejido de poliéster/algodón 330 showa, manteniendo un agarre firme y seguro a la comba para efectuar el alineado de las barras de zinc. - cada operario tiene como meta diaria de realizar 80 paquetes de barras (combeo), todo ello se cumplira teniendo en cuenta el espacio entre los paquetes de barras de zinc para el enflejado.		

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO	Código :	PETS-SGS-001
	ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC	Revisión :	5
		Fecha :	15-01-23
		Área :	Almacenamiento y depósito
	<p>4.6.2 Enflejado con maquina neumática para flejes de acero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El operario antes de iniciar la actividad inspecciona el carrito porta fleje metálico tiene un peso de 37kg, el rollo de fleje acero tiene un peso 40 kg, esta actividad se realizara con 02 operarios, el rollo metálico debe estar con seguros al momento de colocar en el tambor del portafleje. - El operario moviliz a el carrito portafleje cerca a los paquetes de barras de zinc , con un cono de señalización, luego conecta la manguera a la máquina a la flejadora neumática de acero y luego a la línea de aire comprimido, se debe comprobar previamente que la presión de aire que se encuentre 6.5 bar (90 psi) a 100 PSI. No se debe utilizar la máquina neumática a una menor presión debido a que los flejes quedarían desajustados (no realiza una tensión adecuada y soldadura de fricción). - Un Operario coloca la máquina flejadora encima del paquete, el otro operario pasa el fleje de acero por debajo del mismo con la finalidad de envolverlo, juntan los extremos y éstos se ubican dentro del canal para flejes de la máquina, se acciona la máquina mediante un botón y se unen los flejes por traslape. - Repiten el ciclo para los 04 extremos donde se completa el aseguramiento del paquete: 2 flejes de manera horizontal y 4 de manera vertical. <p>Esta actividad debe ser realizada de forma rotativa cada 10 paquetes los operarios deben de rotar.</p>		
	<p>4.6.3 Enflejado con máquinas eléctricas para flejes de Políester (batería):</p> <ul style="list-style-type: none"> - El operario antes de iniciar la actividad inspecciona el carrito porta fleje tiene un peso de 27kg y el rollo de fleje Polyester 20.7kg, el operario moviliz a el carrito portafleje cerca a los paquetes de barras de zinc, colocando un cono de señalización. - Un operario coloca la máquina flejadora neumática sobre el paquete, luego el otro operario pasa el fleje de políester por debajo del paquete y unen el extremo libre con el extremo continuo del fleje y éstos, se ubican dentro del canal para flejes de la máquina, se acciona la maquina mediante un botón (1) y los flejes se sellan por fricción y calor, el botón 2 se acciona para cortar el fleje y seguir con el siguiente amarre. - Repetir el ciclo para los 04 extremos donde se completa el aseguramiento del paquete. Esta actividad debe ser realizada de forma rotativa cada 10 paquetes de zinc los operarios deben de rotar. Durante el turno cada operario debe de realizar 2 lotes (1 lote equivale 40 paquetes de barras de Zinc). - Se emplea como Backup maquinas flejadoras a batería, en caso se presenten fallas en el funcionamiento de las máquinas neumáticas. 		

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO	Código :	PETS-SGS-001
	ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC	Revisión :	5
		Fecha :	15-01-23
		Área :	Almacenamiento y depósito
	<p>4.6. Enflejado de barras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proceso de enflejado cuenta con dos turnos de trabajo de 8 horas, cada operario debera realizar 80 paquetes por turno, el enflejado se debe realizar en parejas (2 colaboraciones). - Cada paquete de barras de zinc debera contar con 6 atados (2 horizontales y 4 verticales). - Para la actividad de enflejado se debe mantener un lote de distancia cuando el operador del montacarga recoge y tiende las barras de zinc. 		
	<p>4.6.1 Enflejado con maquina neumática para flejes Políester:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El operario antes de iniciar la actividad inspecciona el carrito porta fleje metálico tiene un peso de 37kg, el rollo de fleje acero tiene un peso 40 kg, esta actividad se realizara con 02 operarios, el rollo metálico debe estar con seguros al momento de colocar en el tambor del portafleje. - Antes de iniciar la actividad los operarios verifican que la presión de aire que se encuentre no menor a 6.5 a 7bar (90 psi) a 100 psi, la presión se comprueba por medio de un manómetro (unidades de mantenimiento que consta de 3 dispositivos: Filtro, Regulador y Lubricador). No se debe utilizar la máquina neumática a una menor presión a la indicada, esto afectaría el tensado y sellado de los flejes con riesgos de ruptura de los flejes y calidad de las barras. - De no tener esta condición deben reportar a su supervisor de operaciones y éste al jefe de guardia Nexa para tomar acción. - Si se va trabajar con fleje políester, colocar un rotulador rojo (30 7kg) en cada carrito portafleje previamente inspeccionado y ubicarlo cerca a las barras a enflejar, con un cono de señalización, el Supervisor de Operaciones indicará si se trabajan con flejes de acero, ya que dependerá de los pedidos de los clientes, cabe mencionar que el procedimiento de enflejado es el mismo ya sea para fleje políester como de acero (el tiempo de enflejado con fleje de acero es más lento, debido a la máquina y tipo de fleje). - Antes de iniciar el enflejado el operario conectará el sistema antitángulo entre la válvula de presión y manguera neumática, luego se procede con el enflejado del paquete de barras de zinc, se coloca la máquina flejadora neumática sobre el paquete, luego el otro operario pasa el fleje de políester por debajo del paquete y unen el extremo libre con el extremo continuo del fleje y éstos, se ubican dentro del canal de la máquina y accione mediante un botón (1) los flejes se sellan por fricción y calor. El botón 2 se acciona para cortar el fleje y seguir con el siguiente enflejado (Es decir un operario enfleja y el otro pasa el fleje). Esta actividad debe ser realizada de forma rotativa cada 10 paquetes de zinc los operarios deben de rotar durante el turno cada operario debe de realizar 2 lotes (1 lote equivale a 40 paquetes de barras de Zinc). - Se cuenta con un multiplicador de aire ubicado en el área de fusión y moldeo, al costado de la línea de CUTO/TEC. - La función operacional del multiplicador de presión de aire es permitir una presión de salida mayor que la entrada en funcionamiento de la relación de la compresión elegida, para obtener una presión constante requerida hacia el punto de las máquinas flejadoras neumáticas. 		
			

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO	Código :	PETS-SGS-001
	ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC	Revisión :	5
		Fecha :	15-01-23
		Área :	Almacenamiento y depósito
	<p>4.6.4. Descarga manual de pallet de fleje políester :</p> <p>Antes de iniciar la descarga manual del pallet de fleje, el operario realizara la inspección de la escalera tipo plataforma de 3 pasos con el check list con código F-SGS-05.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La actividad de descarga manual de fleje se realizará en pareja, el trabajador para descender los flejes de la parte alta del pallet debe de hacer el uso de una escalera plataforma apoyando los 3 puntos de apoyo, el trabajador que se encuentre en la escalera pasará rollo por rollo a su compañero, para que realice el apilamiento sobre una parihuela y se distribuyan para realizar los trabajos de enflejado. Prohibido que el operario baje solo los rollos de fleje políester. <p>NOTA: El traslado del pallet de los flejes del almacén 320 lo realiza la empresa Harsco hacia el patio de la sección 81. Autorizado por medio de un correo del jefe de guardia de Logística de Nexa, el traslado se realizará por un vigia asignado por FROMM.</p>		
	<p>CONTROLES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruido: Uso de protectores auditivos, charla de sensibilización, monitoreo - Riesgo disergonómico (posturas forzadas, movimientos repetitivos, esfuerzo físico): Realizar pausas activas, capacitación en ergonomía. - Riesgo psicosocial (Estrés): Realizar técnicas de relajación y respiración antes de iniciar las actividades. - Movimiento sísmico: Evacuar hacia punto de reunión entre el patio de la Sección 81 y Laboratorio, instrucción al personal sobre rutas de evacuación, no utilizar celular en el desplazamiento. - Superficies irregulares: Transitar por líneas peatonales, mantener el área ordenada libre de obstáculos, señalización. - Prevención de caídas: Uso de los tres puntos de apoyo, Antes de iniciar los trabajos inspeccionar la escalera con el Check list de Pre Uso. - Manipulación manual de carga: El peso no debe exceder de los 25 Kg, La carga debe mantenerse lo más cerca posible al cuerpo. - Vehículos o equipos móviles: Atropello / transitar por los pasos peatonales, contacto visual con el operador, señalar el área de trabajo colocando conos en los extremos, mantener distancia con los equipos en movimiento (3 m), cuando se este trabajando por esa zona, contacto visual con el operador. - Exposición a la radiación solar/ Las actividades se realizaran bajo sombra, Charlas sobre el uso correcto del bloqueador solar, contar con un punto de hidratación, uso de lentes oscuros con protección UV, Inspecciones de Epps. <p>Riesgos OEA:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Realizar inspecciones mensuales a los locker de sus vestuarios y de la sección 81 del personal operativo. * El Personal de FROMM identificará y realizara la intervención al personal que no pertenece al área de trabajo y a la vez comunicara a su jefe inmediato. * El personal de FROMM comunicara de inmediato al Supervisor y/o jefe de guardia de logística de Nexa ante cualquier persona sospechosa que ingrese al área de trabajo (Sección 81 de enflejado de barras de zinc). * Esta prohibido el ingreso de armas de fuego o cualquier objeto tipo cortante, droga ilícitos. * Esta prohibido el ingreso de mochilas al área de enflejado de barras de zinc. 		
			

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC				Revisión:	5
				Fecha:	15-01-23
				Área:	Almacenamiento y depósito
		4.7 Reporte de Enflejado y limpieza del área. Al finalizar el turno de la actividad del enflejado, el personal encargado realizara el reporte de los lotes de barra de zinc enflejadas, reportado en el Formato "Control de Enflejado", (F-CE-OP-01). El Supervisor de Operaciones de turno validara el Reporte realizado y se entregara al jefe de turno para que valide y firme.		Generación de residuos/ adecuada segregación de residuos en el punto de acopio de líneas ferreas. Material Particulado / Uso correcto del respirador y cuidado, realizar la prueba de presión positiva y presión negativa. Exposición a la radiación solar / Las actividades se realizaran bajo sombra, Charlas sobre el uso correcto del bloqueador solar, Contar con un punto de hidratación, uso de lentes oscuros con protección UV, inspecciones de Epps.	
	4.8 Finalización del Trabajo El personal realizara orden y limpieza en el área de trabajo al inicio y termino de las actividades. Los residuos sólidos se segregaran en el punto de acopio de Líneas ferreas. Los operarios comunicaran al supervisor de operaciones del término de la actividad y reportan si hubo alguna observación encontrada en el área de trabajo y así se realice el seguimiento y se elabore planes de acción.		Generación de residuos/ adecuada segregación de residuos/Capacitación en la clasificación de Residuos Sólidos/inspección de RRSS. Sobre carga Laboral y exigencia/ entrenamiento al trabajador en técnicas de relajación, Charlas de sensibilización sobre los efectos del estrés en la salud, participar en actividades deportivas, recreación.		
5. RESTRICCIONES					
		<ul style="list-style-type: none"> * No iniciar la tarea si no se ha realizado el APR y haber asistido a la charla de NDAD. * No realizar la actividad sin antes realizar la evaluación de riesgo en la tarea . * No realizar la actividad sin hacer uso de los equipos de protección personal. * No realizar la actividad si el PETS no está debidamente difundido al personal involucrado. * No realizar la actividad si el APR, ATS no se han elaborado. * No realizar la actividad si el APR, ATS no están con las firmas de autorización. * No iniciar la actividad si no se ha inspeccionado las herramientas manuales, escalera, maquina flejadoras con el checklist de pre uso. * Prohibido que el operario realice solo la descarga de los rollos de fleje. * Paralizar la tarea si las condiciones de trabajo se mantienen como "alto riesgo". * Se enfleja solo el material conforme, sin observaciones por calidad en SAP y/o físicas. * Cualquier desvío del proceso (variables fuera de especificación) debe ser reportado al supervisor y se encargara de comunicar jefe de guardia de turno Nexa. * No realizar la actividad si los equipos de protección personal y herramientas se encuentran deterioradas. 			

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC				Revisión:	5
				Fecha:	15-01-23
				Área:	Almacenamiento y depósito
			<ul style="list-style-type: none"> - Antes de empezar las actividades verificar que no se encuentren personal transitando cerca al área de trabajo, personal externo a la actividad tendrán que transitar a 2.5 m de distancia o realizar actividades. - Ruido: Uso de protectores auditivos (tipo copa, silicona). - Maquina flejadoras neumáticas: Uso del sistema antilátigazo, check list de las maquinas, verificar la presión de aire que este en 100 PSI, mantenimiento de las maquinas flejadoras cumplir con el programa de mantenimiento, filtros de aire y máquinas, Epp adecuados para la actividad. - Fleje polifiliter y acero riesgo de ruptura del fleje durante el tensado, excesiva tensión: Cortes, lesiones producidas por el rebote del fleje, colocar siempre el fleje en un ángulo recto, para el corte del fleje utilice cizalla de corte manual. - Carrito portafleje: Inspeccionar que el desarrollado del rodillo tiene lugar en un eje central y se controla mediante un freno de resorte los cuales están operativos, el carrito porta fleje de cortar con señalización cada vez se trabaja. - Mangueras neumáticas de conexión puedan estar sometidas durante su utilización, a flexiones, golpes, erosiones, etc., lo que puede traer como consecuencia la ruptura de las mismas, por movimiento repentino de serpentín o latigazo. - Energía Neumática: Aire comprimido (El uso de presiones inadecuadas puede dar lugar a la ruptura y/o proyección de elementos). Unidad de mantenimiento, sistema antilátigazo, manteniendo a las válvulas y conectores. - Vibraciones: Notación de vibraciones por la maquina neumática, pausas activas, monitoreo ocupacional. - Riesgo psicosocial (Estrés): Realizar técnicas de relajación y respiración antes de iniciar las actividades, descansar 6 a 7 hrs, no trabajar más de 12 horas. - Movimiento sísmico: Evacuar hacia punto de reunión entre el patio de la Sección 81 y Laboratorio, instrucción al personal sobre rutas de evacuación en caso de desastres. - Vehículos o equipos móviles: Transitar por los patos peatonales, contacto visual, uniforme con cintas reflectivas, mantener la distancia con el operador en movimiento, el personal durante la actividad de enflejado se debe mantenerse a un lote de distancia cuando el operador del montacarga recoge y lleva las barras de zinc. - Superficies irregulares: Transitar por líneas peatonales, orden y limpieza. - Iluminación deficiente/excesiva: Programa de mantenimiento de luminarias por parte de Nexa (Jefe de guardia Logística). - Material caliente: Termómetro infrarrojo, señalización de advertencia, no tocar las barras de Zinc sin guantes, si se encuentra material caliente tendido, parar el trabajo, reportar a su supervisor y darle al jefe de guardia de Nexa. - Caída de material, Contacto visual con el operador del montacarga, en el tendido y recibo de barras de zinc y planchas metálicas, mantener su distancia. - Iluminación deficiente/excesiva: Reportar a Jefe de guardia de Logística, Mantenimiento de luminarias. - Exposición a la radiación solar/ Las actividades se realizan bajo sombra, Charlas sobre el uso correcto del bloqueador solar, contar con un punto de hidratación. 		
<p>Riesgos OEA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspecciones mensuales a los locker de sus vestuarios y de la sección 81 del personal operativo. - El Personal de FROMM identificará y realizará la intervención al personal que no pertenecen al área de trabajo y a la vez comunicará a su jefe inmediato. - El personal de FROMM comunicara de inmediato al Supervisor y/o jefe de guardia de Logística de Nexa ante cualquier persona ajena al área de trabajo (Sección 81 de enflejado de barras de zinc). - Está prohibido el ingreso de armas de fuego o cualquier objeto tipo cortante, droga ilícitos. - Comunicar de inmediato cualquier acto sospechoso en el área de trabajo. 					

FROMM PACKAGING SYSTEMS		PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SEGURO		Código :	PETS-SGS-001
ENFLEJADO DE BARRAS DE ZINC				Revisión:	5
				Fecha:	15-01-23
				Área:	Almacenamiento y depósito
6. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO:					
ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> - Paquetes con flejes flojos - Máquina flejadora no realiza corte - Retiro de Fleje Metálico Atascado en la maquina neumática - Paquetes enflejados con observaciones de no conformidad en SAP y/o físicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta mecánica de las maquinas flejadoras - Baja presión de aire industrial - Incumplimiento del procedimiento por parte de personal de Operaciones. - Falta de mantenimiento - Mala manipulación - Falta de mantenimiento de maquina Flejadora - Baja presión de aire industrial - Materiales contaminados por químicos - Materiales bloqueados por aspecto físico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar presión de aire con la unidad de mantenimiento. Si está en 6.5 bar(90PSI) a 100 PSI, reportar a jefe de guardia de Nexa - Mientras el problema es solucionado, utilizar maquinas eléctricas con previa autorización del supervisor - Cambio de la maquina enflejadora. - Retroalimentación del procedimiento. - Desconectar máquina flejadora de la línea de aire - Cortar fleje con una cizalla previamente inspeccionada. - Reportar maquina flejadora para evaluación por el área de mantenimiento. - Buscar maquina flejadora (backup) - Constante capacitación al personal - Desconectar automáticamente la maquina flejadora de la manguera de aire. - Cortar el fleje atascado con una cizalla. - Levantar la palanca que protege al fleje metálico. - Tratar retirar el fleje en forma horizontal de izquierda a derecha - En caso el fleje siga atascado, el Supervisor deberá coordinar el retiro de la máquina para que pueda ser reparada en la empresa. - El Supervisor de Fromm y Harsco coordinaran para no tender material no conforme. - Transferir paquetes observados a la zona de Producto No Conforme - El supervisor de despacho de Fromm, actualiza el reporte de inventario Fisico con las observaciones encontradas 			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:		
Juan Carlos Cueva Parra Supervisor de Operaciones	María Mejía Ch. Ing. SSSMA	Gonzalo Gómez Sánchez Arbujo	Daniel Vique Restrepo Jarama CAOT		
Fecha:					

Anexo 8. Carta de autorización



AUTORIZACIÓN

Por medio de la presente Yo, Gómez Sanchez Arbulú Gonzalo Enrique Humberto, identificado con el DNI No 10308357, en calidad de Gerente General de la empresa Fromm Perú S.A.C, autorizó al Sr. Espilco De La Cruz Jan Carlos, identificado con DNI No 46822841 y al Sr. Cieza Herrera Cesar Alberto, identificado con DNI No 43392644, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo – Lima Este, a recabar y utilizar información de la empresa para el desarrollo de la tesis titulada "Aplicación de Mantenimiento Preventivo para mejorar la Productividad en máquinas Enzunchadoras en la empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2023.

Fecha de inicio: Enero 2023

Fecha de fin: Julio 2023

Así mismo, se autoriza a los alumnos la publicación de la tesis en el repositorio de la Universidad.

Atentamente,

FROMM PERU S.A.C.
GONZALO GÓMEZ SANCHEZ ARBULÚ
GERENTE GENERAL



FROMM PERU S.A.C.
Carretera Panamericana Sur Km. 29.5 – Almacén G20 G21
Parque Industrial Megacentro, Lurín – Lima 16. PERU
Tel. (+ 511) 743-0270 (+511) 743-0271 - www.fromm-pack.com



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ACOSTA LINARES ALDO ALEXI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Productividad en Máquinas Enzunchadoras en la Empresa Fromm Perú S.A.C, Lima 2022", cuyos autores son CIEZA HERRERA CESAR ALBERTO, ESPILLCO DE LA CRUZ JAN CARLOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 19 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ACOSTA LINARES ALDO ALEXI DNI: 41609054 ORCID: 0000-0003-1513-8558	Firmado electrónicamente por: AACOSTALI el 03-07- 2023 21:42:12

Código documento Trilce: TRI - 0545711