



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en la
línea de producción de una MYPE textil en Perú 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial**

AUTOR:

Inga Vasquez, Edson Ignacio (orcid.org/0000-0002-0840-3846)

ASESOR:

MBA. Malca Hernandez, Alexander David (orcid.org/0000-0001-9843-7582)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento.

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres por brindarme todo su amor incondicional, y su absoluto apoyo en los momentos que más necesité.

A mi esposa e hijos que son mi motivo de superación.

A Dios porque en los momentos difíciles me da la fortaleza que necesito para continuar.

Agradecimiento

Agradezco a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial por haberme brindado todos los conocimientos necesarios para poder desarrollarme como profesional.

A la empresa investigada por haber colaborado y brindado su compromiso en esta larga etapa de experimentación.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	26
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos.....	29
3.6. Método de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos.....	41
IV. RESULTADOS.....	42
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS.....	60

Índice de tablas

Tabla 1. Criterio de detectabilidad	20
Tabla 2. Criterio de severidad	20
Tabla 3. Criterio de ocurrencia	20
Tabla 4. Semaforización de valor NPR	21
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección	29
Tabla 6 Relación entra la Gestión de mantenimiento y la Disponibilidad promedio Pre test	30
Tabla 7 Nivel de criticidad de modos de fallas	34
Tabla 8 Lista de repuestos para la realización del plan de mantenimiento	35
Tabla 9 Relación entra la Gestión de mantenimiento y la Disponibilidad promedio Post test	36
Tabla 10 Fiabilidad antes y después	38
Tabla 11 Mantenibilidad antes y	39
Tabla 12 Disponibilidad antes y	40
Tabla 13 Nivel de significancia / estadígrafo	42
Tabla 14 Pruebas de normalidad - Fiabilidad del activo	42
Tabla 15 Estadísticos de prueba - Fiabilidad del activo	43
Tabla 16 Pruebas de normalidad – Mantenibilidad del activo	44
Tabla 17 Prueba de muestras emparejadas – mantenibilidad del activo	45
Tabla 18 Pruebas de normalidad – disponibilidad del activo	45
Tabla 19 Prueba de muestras emparejadas - Disponibilidad	46

Índice de gráficos y figuras

Figura Nº 1 Contexto operativo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	17
Figura Nº 2 Diagrama de Proceso de la metodología RCM	18
Figura Nº 3 Diagrama de Análisis de Modos y Efectos de Falla.....	19
Figura Nº 4 Grafico de relación entre la GM y la disponibilidad promedio en el Pre test	31
Figura Nº 5 Hoja de información de análisis de modos de efectos y fallas, del sistema eléctrico.....	32
Figura Nº 6 Hoja de información de análisis de modos de efectos y fallas, del sistema mecánico.....	33
Figura Nº 7 Porcentajes de niveles de criticidad (pretest).	34
Figura Nº 8 Grafico de relación entre la GM y la disponibilidad promedio en el Post Test.....	37
Figura Nº 9 Porcentajes de niveles de criticidad (post-test).	37
Figura Nº 10 Grafica de fiabilidad antes y después	38
Figura Nº 11 Grafica de fiabilidad antes y después.....	39
Figura Nº 12 Grafica de fiabilidad antes y después	40

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de implementación de un plan de mantenimiento sobre el índice de disponibilidad de las trenzadoras de una MYPE textil.

El tipo de investigación fue preexperimental, de nivel descriptivo explicativo, se usaron técnicas de análisis documental y de observación. La metodología de mantenimiento correspondió al mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), inicialmente se recolectaron los datos de los indicadores MTBF (tiempo promedio entre fallas) y MTTR (tiempo promedio de reparación), a 20 máquinas trenzadoras como muestra por conveniencia, se asentaron y ordenaron por medio de códigos, se usó el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y se determinó la manera de disminuir los riesgos de falla plasmados en un plan de mantenimiento preventivo / correctivo planificado. Los resultados logrados por esta investigación son el incremento de la disponibilidad promedio de la muestra en 6.08%, pasando de 91.10% antes del desarrollo de la gestión de mantenimiento y llegando a 96.97% posterior al experimento; se incrementó el índice cumplimiento del plan de mantenimiento conforme el desarrollo llegando a 95.30%, se concluyó que la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad de las trenzadoras en la línea de producción de una MYPE textil.

Palabras clave: Gestión, mantenimiento, disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad.

Abstract

The objective of this investigation was to determine the effect of implementing a maintenance plan on the availability index of the braiders of a textile MYPE.

The type of research was pre-experimental, of a descriptive explanatory level, documentary analysis and observation techniques were used. The maintenance methodology corresponded to reliability-centered maintenance (RCM), initially the data of the MTBF (mean time between failures) and MTTR (mean time to repair) indicators were collected, to 20 braiding machines as a sample for convenience, they were settled and ordered by means of codes, the Analysis of Failure Modes and Effects (AMEF) was used and the way to reduce the risks of failure embodied in a planned preventive / corrective maintenance plan was determined. The results achieved by this research are the increase in the average availability of the sample by 6.08%, going from 91.10% before the development of maintenance management and reaching 96.97% after the experiment; The compliance rate of the maintenance plan increased as the development reached 95.30%, it was concluded that maintenance management improves the availability of the braiders in the production line of a textile MYPE.

Keywords: Management, maintenance, availability, reliability, maintainability.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de mantenimiento tiene como propósito reducir los efectos adversos de las averías y maximizar la disponibilidad del sistema de producción al mínimo costo. La importancia de la función de mantenimiento sigue aumentando debido a su papel en mantener y mejorar la disponibilidad, la eficiencia del rendimiento, la calidad de los productos, las entregas a tiempo, la seguridad y el ambiente y la rentabilidad total de la planta en niveles altos (SOARES et al., 2021).

Para que las empresas del mundo alcancen un mejor desempeño en el mantenimiento, muchas empresas reemplazan las estrategias reactivas con proactivas, donde se utilizan métodos preventivos y predictivos que son actividades de mantenimiento que eviten que se produzcan fallas en los equipos, a esto se le llama un Mantenimiento Productivo Total (TPM) sistema que se enfoca en mejorar la función y el diseño de los equipos de producción. Si bien estas estrategias de mantenimiento requieren mayores compromisos en términos de capacitación, recursos e integración, también se espera que proporcionen niveles más altos del rendimiento de equipos y plantas según el artículo científico de Swanson, (2001) citado por Soares et al (2021).

En el 2020 la economía del Perú registró una contracción en el PBI del -11,1 % explicada principalmente por la pandemia de la COVID – 19 que indujo un conjunto de medidas sanitarias para controlar el avance del coronavirus, el porcentaje de participación en la confección textil disminuyó un 32,7% según el INEI (2021). Lo que sugiere que la industria textil peruana tiene poca presencia en el mercado internacional. Este tipo de empresas utilizan maquinarias automatizadas, y frecuentemente tienen problemas para completar sus pedidos a tiempo, por lo que los clientes buscan otras alternativas, principalmente en el extranjero, por ello, una adecuada gestión del mantenimiento beneficiará a la producción de tal forma que aumente la disponibilidad de los equipos ayudando a reducir los retrasos en la línea de producción, lo que eventualmente mejora la finalización de los pedidos de los clientes (ARRASCUE et al., 2020)

La empresa estudiada ópera en el mercado nacional, su planta de producción está ubicada en Lima con personal de 35 en las áreas de almacén, producción, administración y mantenimiento (anexo 1). En el 2021 después de la recesión económica por la pandemia de la COVID – 19, se acrecentaron la demanda de sogas y drizas, a causa de ello se comenzó a trabajar horarios extra (jornal de 8 horas más 4 horas de labor extra) con el objetivo de cumplir la entrega de los pedidos a tiempo. En este 2022 la MYPE produce más que en otros años, pero junto a ello se presentó diferentes problemas nombrados a continuación: en el área de producción las fallas constantes en el trenzado de sogas, la entrega de pedidos a destiempo, la escasez de operarios por alta rotación de personal; en el área de mantenimiento tenemos la indisponibilidad de maquinas trenzadoras por constantes paradas no planificadas y repuestos limitados; en el área de almacén los problemas más frecuentes son la entrega de materia prima maltratada (hilos rotos) por un incorrecto transporte y áreas de trabajo mal diseñados. Todos estos problemas observados afectan y retrasan los pedidos de los clientes finales.

En esta investigación mediante una matriz de priorización (anexo 2) se consigue llegar al problema central, la que fue evaluada por personal a cargo de las diferentes áreas (producción, almacén, mantenimiento, administración y gerencia). Del problema: “las constantes paradas de máquinas no planificadas” hicimos una recolección de sus causas y lo graficamos mediante un diagrama de Ishikawa (causa – efecto) (anexo 3). Y para un análisis más detallado se usó la técnica de Pareto, donde las frecuencias se desarrollaron según el promedio de paradas de los activos en el área de producción (anexo 4 y 5).

El problema de la alta frecuencia de paradas de máquinas (no planificadas), eventualmente generan los demás problemas de producción como: las fallas constantes en el trenzado de sogas por falta de mantenimiento preventivo, entrega de pedidos a destiempo por falta de disponibilidad de los equipos.

La posible causa de este problema, se da eventualmente porque solo se tiene una política de mantenimiento reactivo que da como resultado paradas de producción inesperadas o pérdidas de horas de trabajo de reparación, este tipo de mantenimiento hace que los componentes de un activo se cambien a cada

momento sin ningún control y de forma empírica según nos refiere en su artículo WERNER et al (2019). En la empresa estudiada, las causas más resaltantes son la falta de gestión del mantenimiento y los escasos de los repuestos por falta de pedidos a tiempo.

Al no tratar de resolver el problema, las consecuencias serán negativas porque existirá un aumento de indisponibilidad de máquinas en producción por falta de mantenimiento y como consecuencia pedidos retrasados por la baja productividad. Por lo tanto, esta investigación se enfocará en determinar que la implementación de la gestión de mantenimiento aumentará la confiabilidad de las máquinas de producción reduciendo los retrasos en la línea de producción, según los aportes del artículo científico de SUPRIYANTO (2021) donde indica que el objetivo de la gestión de mantenimiento es aumentar el rendimiento de los equipos y activos físicos a través de programas de mantenimiento efectivos y eficientes.

Se formuló el problema de investigación mediante la siguiente cuestión: ¿En qué medida la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú? Y de forma específica se planteó las siguientes preguntas: ¿En qué medida la gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú? ¿En qué medida la gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú?

Elaboramos la justificación de la investigación considerando los criterios de HERNÁNDEZ-SAMPIERI Y MENDOZA (2018). Por su valor teórico porque permitió resolver las deficiencias de conocimiento sobre los tipos y metodologías de mantenimiento útiles y necesarias para reducir la ocurrencia de fallas en los equipos de producción y mejoro el desempeño de la función de mantenimiento; por la relevancia social porque trascendió en el desarrollo de las actividades de todo el personal de producción ya que la GM permitió mejorar la disponibilidad de los equipos en horarios de jornada ordinaria; disminuyendo la incertidumbre de horarios extra no planificados; se justificó también por las implicaciones prácticas y de desarrollo, ya que, esta implementación permitió resolver los problemas

comunes en el área de producción y dio espacio para el diagnóstico y solución de otros problemas.

Acorde a lo señalado, el objetivo general de la investigación fue: determinar como la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú. Este se consiguió al desarrollar los objetivos específicos: Determinar en qué medida la gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú, y determinar en qué medida la gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

La hipótesis principal planteada se expresó de la siguiente manera: la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú. Y como hipótesis específicas planteamos que la gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú, y la gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

II. MARCO TEÓRICO

Valverde, A. y Llontop, H. (2020) en su investigación de postgrado en Lima; explicaron la factibilidad técnica de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de una empresa de telecomunicaciones , usaron una metodología no experimental, transeccional de enfoque cuantitativo empezando con alcance exploratorio observacional (diagnostico) y culminando con un descriptivo (análisis de datos y resultados), su evaluación a la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de las máquinas concluyó que el proceso actual de la gestión de mantenimiento no cuenta con un programa de planificación de mantenimientos de equipos consideran como prioridad la implementación de un plan de mantenimiento con el objeto de incrementar la disponibilidad de los equipos en el área de mantenimiento.

Ramos Sparrow, Julio (2017) en su investigación en Trujillo, implementó un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las maquinas de la Empresa Atlanta Metal drill SAC, usaron una metodología experimental, descriptiva de enfoque cuantitativo empezando análisis de criticidad obteniendo un total de 4 maquinas criticas debido a su mayor incidencia de fallas, con la recopilación de datos de historiales hicieron cálculos de indicadores de mantenimiento, obteniendo resultados de baja disponibilidad, después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, los resultados fueron el aumento de la disponibilidad en mas de un 10%.

Burgos y Pflücker, (2021) en su investigación en Callao, creo un plan de Mantto con fundamentos de la metodología RCM a 9 grúas tipo puente en el taller de construcciones navales del astillero SIMA Callao, la investigación de enfoque cuantitativo uso herramientas como el análisis de modo y efectos de falla (AMEF), esta herramienta le permitió identificar los equipos de mayor frecuencia de fallas, debido a sus diferentes paradas no programadas, lo que proporcionó información para crear un buen plan de mantenimiento, el cumplimiento del plan genero un impacto de mejora en los indicadores de mantenimiento: en el MTBF un aumento de 507 días, la disponibilidad del 84% a 93% y la reducción del costo de

Mantto correctivo del 80%.

Bancayan (2020), en su investigación situada en Piura ejecuto un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de aumentar la disponibilidad de la maquinaria de construcción en la Municipio del distrito de Vice. El estudio aplicado preexperimental, la muestra estudiada fue un cargador frontal en un total de 6 meses de investigación, uso recolección de datos en cartillas de mantenimiento anteriores. El análisis se hizo con la herramienta de Análisis de modos de efecto y fallas, el planteamiento de mantenimiento preventivo (inspecciones) se realizo gracias al AMEF. En la investigación se pudo demostrar el aumento de la disponibilidad de 89.9% a 97.4%

Montoya T., Paul (2020), en su investigación de postgrado en Lima, planteó un plan de mejora continua con el objetivo de mejorar la gestión de mantenimiento que afectaría con ayuda del personal al aumento de la productividad de la compañía Holding Express Service S.A. La metodología que se aplico es de tipo proyectiva, la investigación de enfoque cuantitativa midiendo las variables de optimización, implicancia del personal y la productividad. Se uso técnicas de entrevista, encuestas y observación. La propuesta de mejora consistió en el análisis y el desarrollo del plan de Mantto midiendo los indicadores de mantenimiento como disponibilidad y confiabilidad de una muestra de 35 vehículos. Teniendo como conclusión de manera optima la aplicación del plan de mejora continua.

Caro Molina, Cristian (2018) en su investigación en Medellín; desarrolló una estrategia de estudio de condición basada en análisis de confiabilidad y riesgo para una empresa de atracciones mecánicas, para ello estudió normativas y teorías de las dimensiones mantenimiento en ingeniería y confiabilidad, luego presentaron e implementaron una estrategia de gestión de mantenimiento y obtuvieron resultados que de esta estrategia de mantenimiento verificaron el aumento de la disponibilidad de la atracción en los horarios de operación, menor tasa de falla en los componentes mecánicos y una menor tasa de accidentes en las atracciones mecánicas.

Ramírez y Moreno (2017) elaboraron un análisis de criticidad y disponibilidad para una maquina con gran demanda de un parque de atracciones en Bogotá - Colombia, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012 donde clasifican componentes de mayor criticidad con el fin de generar planes de mantenimiento, con ayuda de históricos reportados, también creando planes de contingencia con elementos de cambio obtenido sen la localidad sino al proveedor extranjero con el fin de reducir el tiempo en las intervenciones de mantenimiento.

Espín Barahona, Hugo Israel (2018) en su investigación titulado “El RCM de los equipos del área húmeda y de acabados del cuero de la empresa tenería Díaz cía. Ltda.”, desarrollo un plan de mantenimiento a base del método RCM a máquinas y equipos de zona húmeda porque no contaban anteriormente con ello, el desarrollo giro en torno al análisis de riesgos de fallos de la maquinaria, analizo la criticidad y los modos de fallas (AMEF) a 24 máquinas, calculando también de manera cuantitativa el NPR, detectando 48 sistemas de alto riesgo, por lo cual se desarrolló planes de MP, con el objeto de prolongar la vida útil de las maquinas estudiadas.

Salas, Richard (2020), en su investigación tuvo como objetivo realizar la planificación de MP realizado a las maquinas de obra civil de la MYPE CASTOR, en la provincia de Ancash 2020. Su conclusión fue considerar el control diario en formatos establecidos para el control de la GM con el objetivo de verificar el cumplimiento del plan de mantenimiento establecido en el manual de fabricación. Recomendó: Reformar un nuevo plan después del experimento con el objeto de seguir aumentando el índice de eficiencia del MP.

Pacheco et al, (2019) en su tesis en El Salvador tuvo como objeto la aplicación del RCM en el sistema de turbogeneradores de una céntrica Geotérmica en Berlín. La investigación de tipo aplicada con diseño preexperimental. En primera instancia de la investigación se creo un grupo de trabajo, después se analizaron las maquinas criticas, se ejecuto el Análisis de modos y efectos de falla, por ultimo se creo un plan de MP. La muestra fue igual a la población. Sus resultados fueron de los 12 sistemas, de los cuales 19 tienen criticidad alta. El post test del experimento, se mejoraron las actividades de mantenimiento teniendo en cuenta la criticidad y los

efectos de falla de las maquinas, se logro reducir el porcentaje de fallas. Se concluyo que la efectiva aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad promedio de las maquinarias.

Díaz Villar, (2018) en su investigación en Colombia aplico el método de mantenimiento centrado en la confiabilidad a las maquinarias estacionarias a deber del área de mantenimiento de la empresa. Analizaron las hojas de ordenes de trabajo de los activos de la empresa, como muestra se asignaron 13 activos, a quienes se evaluaron los de mayor criticidad, de mayor frecuencia de fallas y los de mayor impacto en la producción de la empresa. Concluyeron que la aplicación del método del RCM posibilito acrecentar la disponibilidad de los quipos mineros estudiados. Se recomendó que las medidas tomadas para la muestra abarquen el mayor numero de equipos mineros posterior al experimento.

Alarcón Boris (2020) perteneciente a Guayaquil Ecuador (2020) presenta su investigación propositiva con el objetivo de incorporar un plan de MP para mejorar las operaciones de mantenimiento y acrecentar la eficiencia de la empresa. La investigación documental descriptiva tiene como conclusión la obtención de mejoras si se logra cumplir con el plan propuesto, estos planes tienen como objetivo mejorar los indicadores; aumentar el MTBF, disminuir el MTTR y aumentar la disponibilidad, y mejorar la eficacia general del equipo (OEE).

Montoya García, (2018) en Colombia presenta su investigación tuvo como objetivo general el crear un plan de MP. La investigación de tipo descriptiva aplicada analizaron las maquinas con mayor índice de criticidad de las hojas de vida de la muestra y crear un plan de mejora acuerdo a las necesidades de la compañía. Logrando codificar los quipos para un control mayor, creando una base de llenado de datos en Excel de fácil interacción, con ayuda de este método la empresa tuvo mayor control en la producción luego de aplicar el MP.

Zabala Gaibor, Marco A. (2017) en Ecuador su investigación para el grado de magister tuvo como objetivo general el crear un plan de MP basada en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para un grupo

electrógeno en la compañía Procana Bucay. La investigación aplicada con enfoque cuantitativo, analizaron los efectos y las fallas de las hojas de vida de la muestra y se aplica un plan de mantenimiento con criterios del RCM de acuerdo al análisis de modos y efectos de falla (AMEF). En sus resultados se logro reducir la tasa de fallos en un 36% en comparación a años anteriores, también los tiempos de indisponibilidad se redujeron en un 96%. Y al hacer un estudio de comparación de costos de entre el Mantto correctivo y el Mantto con criterios del RCM se redujo el 32%. Termina recomendando aplicar el plan de mantenimiento a todos los grupos electrógenos de la empresa.

Urrego (2017), en su investigación en Colombia tiene como objetivo mejorar los indicadores de MTBF, MTTR y disponibilidad promedio de las maquinarias de la empresa cimentaciones de Colombia Lta. Se creo un plan de MP para fiscalizar las acciones periódicas, se realiza una evaluación detallada del escenario real de la empresa, utilizando herramientas de análisis de datos de hojas de registro, encuestas y entrevistas. También utilizaron análisis de criticidad para comprobar cómo los resultados ineficientes afectan a la producción. El plan de MP permitió obtener resultados favorables sobre el MTTR, MTBF, disponibilidad. Recomienda seguir modificando los indicadores con la aplicación de un nuevo plan de acuerdo a las necesidades posterior al experimento.

Pinto et al., (2020) en su artículo de revisión titulado Plan estratégico de implementación y mantenimiento de TPM, refirió que su objetivo fue aumentar la disponibilidad de los activos, reduciendo el tiempo de inactividad por falla del equipo, es importante establecer una cultura de responsabilidad y compromiso con el manejo y uso adecuado de los activos para acrecentar la vida de las máquinas y mejorar la calidad de los productos fabricados. El trabajo presento un procedimiento de mantenimiento de prevención (PM) para ser implementado en una empresa de Embragues y Controles Hidráulicos, basado en la metodología

Palomino et al., (2019) en su artículo titulado Modelo de la gestión con la metodología TPM Enfocado en la Confiabilidad que Permite Incrementar la Disponibilidad de Equipo Pesado en el Sector Construcción” en la empresa

MACISAC PERU SAC. Se logró el aumento de la disponibilidad al 81% frente al 62% obtenido en primer lugar, esto significa que, mensualmente, ya no se producirán paradas durante todo el proyecto de construcción; ya que su modelo propuesto cuenta con ideas innovadoras recogidas de diferentes autores que también se han ocupado de los mismos problemas en el sector objeto de estudio.

Para lograr la eficiencia en la gestión del mantenimiento se debe definir la estrategia más adecuada para la planificación del mantenimiento, evitando fallas en los equipos de los activos críticos. Las filosofías modernas de mantenimiento, como RCM y RBM, definen cuáles son las acciones de mantenimiento más adecuadas que se deben realizar en los equipos críticos para evitar que ocurran fallas. Estas filosofías priorizan la aplicación de prácticas de mantenimiento predictivo y preventivo, evitando fallas que requieran acciones correctivas inmediatas, aumentando los costos de mantenimiento y la pérdida de producción (Murad et al., 2020).

Gestión de Mantenimiento

La gestión del mantenimiento involucra varias actividades tales como: planificación de acciones de mantenimiento preventivo; programación de actividades considerando los recursos disponibles y la producción planificada; gestión de repuestos; análisis de datos para reducir la ocurrencia de fallas y mejorar el desempeño de la función de mantenimiento (Murad et al., 2020).

La gestión es un proceso de planificación, organización y control de la organización para lograr los objetivos deseados. Con base en esta descripción, se puede concluir que la gestión del mantenimiento es una actividad de planificación, organización y control de las operaciones de mantenimiento para mantener la capacidad de las instalaciones industriales para continuar funcionando correctamente en una condición lista para usar (Setiawan et al., 2019).

La gestión del mantenimiento se ocupa de la toma de decisiones relacionadas con el área de mantenimiento (por ejemplo, contratación de mano de obra técnica calificada, asignación de herramientas y equipos, programación de actividades de

mantenimiento, etc.) en los distintos niveles de las compañías (estratégico, táctico y operativo). El mantenimiento adecuado con inspecciones periódicas en servicio de un activo tiene una influencia positiva en el estado técnico del activo y puede prolongar considerablemente su vida útil. Se requiere un sistema adecuado para planificar y ejecutar las decisiones, y los indicadores juegan un papel importante. (MURTHY et al., 2016)

Para Herrera, Michael y Duany, Yoenia, (2016) un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas/correctivas a realizar en una máquina con el fin de cumplir los objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la maquinaria. Y nos señala indicadores de referencia mundial que deben ser implementados a través de un sistema informático, indicadores de equipamiento: tiempo medio entre fallas, tiempo promedio para fallar, tiempo promedio para reparar y Disponibilidad. Indicadores de gestión y productividad; Cumplimiento del PM, Ocupación, Rendimiento, Eficacia.

Según Beker et al., (2017) Una función de mantenimiento exitosa brinda una mayor confiabilidad y disponibilidad del equipo, menores costos de mantenimiento y continúa afectando la productividad de la organización y, en última instancia, conduce a una ventaja competitiva y un aumento de las ganancias.

Las fallas en los equipos industriales resultan no sólo en pérdida de productividad sino también en retrasos en el servicio al cliente y también pueden causar problemas de seguridad y ambientales (MEHMETI et al., 2018).

La calidad de la producción no depende directamente de la edad de las máquinas, pero la falla de la máquina depende de la edad de la máquina. Los principales elementos que influyen en la gestión del mantenimiento es el uso de software de gestión del mantenimiento (MEHMETI et al., 2018).

Según Drent et al., (2019) nos enseña que las prácticas de mantenimiento más habituales son los denominados mantenimiento correctivo y mantenimiento planificado. El primero, como su nombre indica, propone la reparación del activo en caso de falla, mientras que el segundo propone un programa de servicio fijo para

los ingenieros de servicio de campo con el objetivo de garantizar que el activo funcione correctamente y evitar averías y tiempos de inactividad no programados. El costo del mantenimiento planificado es relativamente bajo en comparación con el mantenimiento correctivo, debido a su naturaleza planificada y anticipada. El mantenimiento planificado se caracteriza por sus tiempos de inactividad programados (a diferencia del tiempo de inactividad no programado experimentado en una falla, lo que conduce a un mantenimiento correctivo).

Muchos equipos de mantenimiento cuidan activos que tienen 10, 20 o incluso 30 años; estas máquinas tienen un largo historial de reparaciones. Cuando hay un problema con el funcionamiento del equipo, es muy importante mirar cómo se resolvió en el pasado. En el software de gestión de mantenimiento, cuando se realizan reparaciones, se registran en el historial de la máquina y pueden ser visualizadas nuevamente por los trabajadores. La combinación del mantenimiento basado en la condición con la gestión del mantenimiento del software brinda al software más información para realizar un plan de mantenimiento más preciso (MEHMETI et al., 2018). La calidad de la producción no depende directamente de la edad de las máquinas, pero la falla de la máquina depende de la edad de la máquina (MEHMETI et al., 2018).

Indicadores de Gestión de Manteamiento

Y para Duffuaa et al., (2015) un plan de mantenimiento es una lista que asigna tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Al desarrollar el programa de mantenimiento, se debe realizar una gran coordinación para equilibrar la carga de trabajo y cumplir con los requisitos de producción.

Para medir esta dimensión nos describe varios indicadores de gestión y procesos como:

Cobertura del plan de mantenimiento: Este indicador muestra el avance global del plan de mantenimiento (PM), indica cuantas maquinas tienen ejecutados y registrados MP/MC Planificados; del total de máquinas localizadas en el área de producción. Este indicador al llegar al 100% culminaría la fase de implementación.

$$\text{Cobertura del PM} = \frac{\text{Total de equipos criticos con el PM}}{\text{Total de los equipos criticos}} \times 100$$

Cumplimiento del plan de mantenimiento Este indicador muestra la eficacia del programa y de la gestión en un tiempo determinado, indica cuantas rutinas de mantenimiento programadas son ejecutadas con éxito en el tiempo determinado.

$$\text{Cumplimiento del PM} = \frac{\text{Total de rutinas del PM ejecutados}}{\text{Total de rutinas del PM programados}} \times 100$$

Estos indicadores de cobertura y cumplimiento del MP serán usados para nuestra investigación.

Otros indicadores de GM que pueden contribuir a nuestra investigación según Ku, Sungtae & Kim, Changeun (2019) en su artículo de desarrollo de un modelo para la medición del desempeño del mantenimiento hace selección de indicadores centrales para la medir la eficiencia del trabajo de mantenimiento:

Determinar si la supervisión de campo está utilizando a los técnicos en las ordenes de trabajo planificados.

$$= \frac{\text{Horas de rutinas planificadas por el planner}}{\text{Horas de trabajo}}$$

Determinar capacidad del planner y si la productividad de los técnicos a cambiado

$$= \frac{\text{Horas de trabajos estandar}}{\text{Horas de trabajo real}}$$

Determinar si se está siguiendo el cronograma aprobado

$$= \frac{\text{Ordenes de trabajo ejecutados según lo programado}}{\text{Total de ordenes de trabajo proromado}}$$

Mantenimiento Correctivo (MC)

Para Antosz et al. (2019) el MC se usaba durante las últimas décadas de manera primordial, porque se pensaba que el mantenimiento era innecesario en la gestión de una empresa, se tenía la idea que los problemas se limitaban a funciones específicas que normalmente se utilizaban en situaciones de emergencia como las fallas que acontecen en las máquinas. También nos afirma que esta práctica ya no es aceptable porque hoy en día, el mantenimiento es considerado un elemento clave que influye competitividad de la empresa ya que su costo constituye una parte principal de los costos operativos de una empresa; tanto que una falla inesperada del sistema puede influir en la calidad del producto ofrecido, la disponibilidad de máquinas, en el medio ambiente y en los operadores.

Para Selcuk (2016) el MC se le conoce como mantenimiento no planificado, o mantenimiento ejecutado al fallar, o mantenimiento basado en fallas, o impulsado por fallas, o mantenimiento reactivo. En palabras simples cuando se permite que un elemento se ejecute hasta que este falle y luego restaurarlo. Esto solo se puede permitir si las consecuencias del fracaso son insignificantes. Es importante tener en cuenta que "el éxito de la operación de mantenimiento debe medirse en el tiempo de actividad de las máquinas y no en cómo se reparan las averías".

Y con un concepto puntual Bracke et al. (2020) nos dice que el MC o estrategia reactiva de extinción de fallas se basa en la ocurrencia de síntomas de fallas en momentos desconocidos. Sigue el principio de "ejecutar hasta fallar" donde el efecto no es necesariamente grave o disruptivo para la misión (Erkoyuncu et al.,2017).

El mantenimiento preventivo

Es el proceso de realizar inspecciones, pruebas, mediciones, ajustes o reemplazos de piezas específicas, específicamente destinados a prevenir fallas. Estas acciones preventivas se toman a intervalos predeterminados basados en un intervalo de tiempo como horas o días, o el número de operaciones, como el número de aterrizajes en el caso del tren de aterrizaje (Erkoyuncu et al.,2017)

Según Selcuk (2016) el MP, o mantenimiento basado en el tiempo (TBM), o mantenimiento de rutina, periódico, basado en intervalos, o dirigido por el tiempo, o planificado. El trabajo del MP se programa con anticipación para evitar fallas, según el tiempo del calendario o tiempo de operación del equipo. La frecuencia de mantenimiento se determina de acuerdo con las instrucciones del fabricante orientación en su mayoría o experiencia. Un concepto puntual del MP es que se crean mantenimientos programados periódicamente (en puntos fijos de tiempo) (S. Bracke et al., 2020).

Mantenimiento condicional o predictivo.

Para Verellen, Thomas et al. (2021) el PdM lo conoce y define como el monitoreo de la vibración de una maquinaria rotativa, en un intento de detectar problemas incipientes con la intención de prevenir fallas.

Baban et al. (2019) nos define el enfoque de mantenimiento basado en la condición, que es una estrategia predictiva, para planificar las actividades de mantenimiento de las máquinas. En general, un enfoque de mantenimiento basado en la condición se basa en el monitoreo de la condición de la máquina y en el proceso de toma de decisiones para su mantenimiento. Inicialmente, el estado técnico de la máquina se estima a través del monitoreo de condición usando varios sensores. Luego, se toma una decisión sobre la estrategia de mantenimiento que se debe realizar considerando sus condiciones de operación.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El desarrollo del método del RCM generalmente se acredita a Nowlan y Heap en su trabajo de 1978 sobre la optimización de la gestión de mantenimiento y la mejora de la confiabilidad en la industria de la aviación comercial (Eriksen et al., 2021)

Según Zeng et al. (2021) RCM es la gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad; su propósito es reducir los costos de mantenimiento bajo la premisa de mejorar la tasa de disponibilidad de los equipos. Ha sido ampliamente aplicado en el campo del mantenimiento de equipos, en la actualidad. Aunque el RCM en sí

mismo no es una tecnología ni una herramienta de mantenimiento, puede usar tres tipos de información de criticidad y modo de falla de las piezas del equipo, así como el esquema de mantenimiento más adecuado para guiar el proceso de mantenimiento. Actualmente se utiliza en una serie de empresas intensivas en activos, como la industria del petróleo y el gas, la industria nuclear, la industria ferroviaria, la industria petroquímica, la industria energética, etc. El plan de mantenimiento se determina con base en los resultados de la evaluación de confiabilidad y la necesidad de mantener el funcionamiento del equipo. Esto evita mejor los problemas de mantenimiento excesivo o insuficiente. No solo se controlan los costes de mantenimiento, sino que también se mejoran la mantenibilidad y la fiabilidad de los activos. El análisis de mantenimiento basado en RCM se basa principalmente en el requisito de confiabilidad del equipo para tomar una decisión sobre el tipo de mantenimiento del equipo, a fin de proporcionar la base para el mantenimiento preventivo del equipo. Este es un trabajo básico para preparar el programa de mantenimiento preventivo de los equipos (Zeng et al., 2021)

RCM es el proceso de determinar el enfoque de mantenimiento más efectivo. RCM tiene muchas formas positivas, incluida la mejora en el sistema de seguridad y medio ambiente, la calidad del producto desarrollado, la mejora en la vida útil de la financiación, la mejora en el trabajo en equipo y el ahorro de costos, la mejor motivación para las personas y más. disponibilidad y confiabilidad de la planta. (Sajaradj et al., 2019). Según Fuentes et al. (2017) el RCM es la óptima combinación de experiencias de mantenimiento reactivas, preventivas y proactivas, con el objeto de mejorar la eficacia de los activos para, resolver con el tiempo una mejorada productividad. No esta de mas decir que maximiza la confiabilidad del activo y minimiza los costos de mantenimiento.

Tolentino et al. (2019) nos indica los criterios que debe cumplir una metodología para considerarse como RCM; explica que un proceso debe de responder fácilmente y en secuencia las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las funciones del activo en su contexto operativo?
- ¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?
- ¿Qué causa cada falla funcional?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional?
- ¿De qué manera afecta cada falla?
- ¿Qué se debe hacer o prevenir cada falla?
- ¿Qué hacer cuando una tarea proactiva no esta disponible?

Antes de aplicar la metodología de RCM es indispensable recopilar la información necesaria del activo que servirá como insumo. Esta información incluye planos, diagramas, manuales, bitácoras de operación/mantenimiento, documentos como el contexto operativo (si existe), también es esencial que se entreviste al personal de operación, producción y mantenimiento para extraer información sobre los requerimientos de desempeño deseados y problemas actuales que se estén presentando. El contexto operativo se puede definir como el conjunto de condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo, también incluye todos los criterios y parámetros de desempeño deseados por el usuario. Este contexto se puede definir a partir de los diagramas y descripciones del proceso en el que opera el equipo, así como de las entrevistas con el personal de producción, operación y mantenimiento. Es importante analizar y comprender el contexto operativo antes de iniciar el RCM (véase Figura N° 1).

Figura N° 1 Contexto operativo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

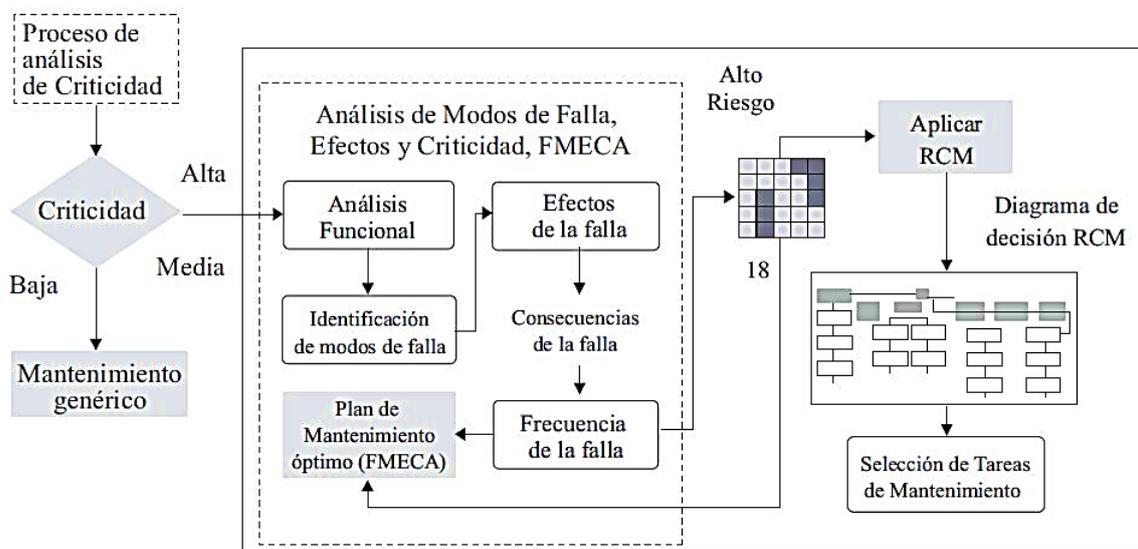


Autor: Tolentino et al. (2019)

El proceso RCM convierte buenos datos provenientes de órdenes de trabajo en

información útil, lo que permite que el equipo encargado tome las mejores decisiones de tareas de mantenimiento para el activo en estudio (Sifonte, y Reyes-Picknell, 2017). Según CÁRCEL, Francisco (2016) el RCM crea el juicio de las tareas de mantenimiento preventivo, con el objeto de eliminar las raíces de las fallas (proactivo), sobre las bases de la información del estado de los activos (predictivo), por lo cual busca los conocimientos que inicien mejoras de la confiabilidad del activo (Figura N° 2), justificando el plan de mejora continua y la eficiencia de los activos.

Figura N° 2 Diagrama de Proceso de la metodología RCM



Por Otero, José et al (2010)

Análisis de criticidad de activos

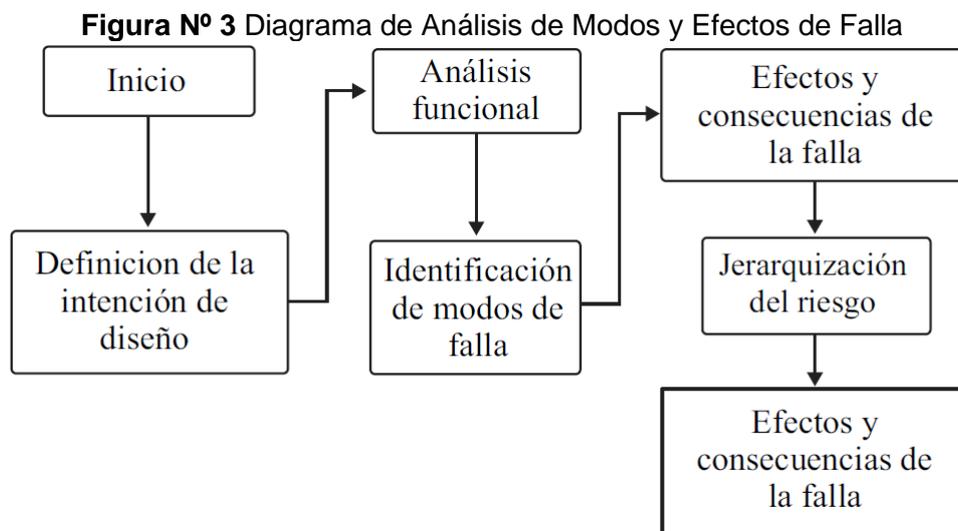
La evaluación de criticidad es importante para los departamentos de mantenimiento que tienen que gestionar varias solicitudes de acciones preventivas o correctivas necesitan definir prioridades de tareas y equipos para reducir el impacto negativo de las averías en los sistemas de producción. Dado que los recursos son limitados, es esencial priorizar el equipo para determinar cómo se deben distribuir los recursos. La evaluación de la criticidad y la clasificación de equipos ayudan a centrarse en los equipos más críticos y pueden respaldar la programación de tareas de mantenimiento en máquinas con altas tasas de utilización para minimizar su indisponibilidad y mejorar el rendimiento. Una clasificación incorrecta puede llevar a que los equipos menos críticos se prioricen sobre los equipos críticos, lo que

provocará fallas con un impacto más negativo en la producción. Por lo tanto, se debe desarrollar, utilizar correctamente y actualizar periódicamente una evaluación adecuada de la criticidad de los equipos para una buena gestión del mantenimiento. LÓPEZ et al 2020

Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)

El análisis AMEF estándar se utiliza para tratar de determinar los posibles modos de falla (producto o proceso) y los posibles efectos que surgen en caso de falla. Para cada uno de estos efectos se determina la severidad, ocurrencia y detección. Luego, para cada una de las fallas identificadas, se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (RPN) (BEKER et al., 2017)

AMEF es un método de análisis de confiabilidad destinado a identificar fallas que afectan el funcionamiento de un sistema y permitir establecer prioridades de acción. AMEF es una técnica de análisis para la prevención avanzada. Desde el comienzo de la etapa de diseño, AMEF analiza y predice fallas potenciales de diseño y proceso, estudia los resultados y efectos de la falla, y toma las medidas preventivas necesarias para reducir o evitar estas fallas potenciales y mejorar la confiabilidad del producto y el proceso (ZENG et al., 2021). Las fallas en los equipos industriales resultan no sólo en pérdida de productividad sino también en retrasos en el servicio al cliente y también pueden causar problemas de seguridad y ambientales (MEHMETI et al., 2018).



Por Otero, José et al (2010)

Tolentino Eslava et al., 2019 nos mostro la norma ISO 14224, (2016) define el modo de falla como una consecuencia a través del cual una falla es observada, es decir el modo de falla puede ser el síntoma cuantificable o evento que indica la ocurrencia de una falla.

La categorización del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es resultado de una evaluación de 3 criterios: ocurrencia, severidad y detectabilidad.

Tabla 1. Criterio de detectabilidad

Detectabilidad (D)	
4	No hay probabilidad de detectar causas de falla potenciales a tiempo, se puede llegar a falla funcional
3	Baja probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo
2	Mediana probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo
1	Causa de falla potencial fácilmente detectable y corregida durante la operación

Tabla 2. Criterio de severidad

Severidad (S)	
4	Efectos críticos en la seguridad o en el medio ambiente, pueden existir lesiones, muertes o efectos irreversibles en el medio ambiente
3	Efectos importantes en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas importantes por tiempo de paro y/o reparación
2	Efecto leve en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas leves por tiempo de paro o reparación
1	No hay efectos operativos ni pérdidas importantes

Tabla 3. Criterio de ocurrencia

Ocurrencia (O)	
4	Pueden ocurrir varias fallas al año (Tasa de fallas > 1 fallas/año)
3	0.3 < Tasa de fallas < 1 (fallas/año)
2	0.1 < Tasa de fallas ≤ 0.3 (fallas/año)
1	Tasa de fallas < 0.1 (fallas/año)

El valor NPR del efecto de falla es el resultado del producto de cada nivel determinado en los criterios.

$$NPR = D \times S \times O$$

Tabla 4. Semaforización de valor NPR

Semaforización	Valor del NPR
Rojo	$NPR \geq 36$
Amarillo	$7 < NPR < 36$
Verde	$NPR \leq 7$

Indicadores de Confiabilidad de los Activos

La GM debe tomar decisiones conscientes para reducir el impacto que tienen las fallas de un equipo, como el tiempo de inactividad del equipo, problemas de calidad, pérdidas por paradas, riesgos para la seguridad o contaminación ambiental. Los criterios definidos involucran indicadores como la disponibilidad y tiempo de inactividad de los equipos (MTBF y MTTR), siendo estos los indicadores más utilizados por los departamentos de gestión de mantenimiento, facilitando tanto su comprensión como su implementación (LOPES et al., 2020).

Según ZENG et al (2021) la confiabilidad es la capacidad del sistema, equipo mecánico o sus partes para mantener y realizar las funciones requeridas bajo condiciones de trabajo específicas y un período de tiempo específico. En otras palabras, es la capacidad del sistema o dispositivo para resistir fallas. Debido a que la confiabilidad no se puede medir con un instrumento, la medición de la confiabilidad debe estudiarse, probarse y analizarse para realizar la estimación y evaluación correctas. Los principales indicadores de viabilidad del equipo son los siguientes:

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

Es el parámetro de vida media del sistema mantenible. Un equipo reparable tiene N tiempos de avería durante su funcionamiento. Puede seguir funcionando como nuevo después de cada reparación de averías. Las horas de trabajo medidas entre cada falla son t_1 , t_2 y t_3 , et al., respectivamente (ZENG et al 2021). Entonces su MTBF se expresa por:

$$MTBF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i = \frac{T}{N}$$

donde T representa el tiempo total de trabajo del equipo.

MOREIRA, A. et al (2018) define al MTBF, como su nombre lo indica, es el tiempo promedio entre que ocurre una falla, desde la última falla. Su cálculo se puede realizar con la ecuación:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo util de trabajo (TW)}}{\text{Nº total de fallos en ese periodo}}$$

Donde:

$$TW = TT \text{ (tiempo total) y } TF \text{ (tiempo de falla)}$$

Tiempo medio para reparar (MTTR):

MTTR es un parámetro determinado por la densidad de probabilidad de reparación. En el tiempo y las condiciones prescritas, el equipo se encuentra en cualquier nivel de mantenimiento especificado, MTTR es igual a la relación entre el total de horas de mantenimiento de reparación y el número total de fallas del equipo reparado en este nivel de mantenimiento. MTTR describe el valor medio estadístico a largo plazo de las horas requeridas que cambian el equipo de un estado de falla a un estado normal. En resumen, es igual al valor medio de las horas reales de mantenimiento directo para eliminar fallas, excepto las horas de retraso del soporte de mantenimiento, por ejemplo, en espera de repuestos (ZENG et al 2021).

$$MTTR = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{n}$$

donde “ti” representa las horas reparadas, “n” es el número de veces reparadas.

MOREIRA, A. et al (2018) indica que el MTTR se utiliza para evaluar el desempeño de las actividades de mantenimiento y se obtiene mediante la ecuación

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo de reparación}}{\textit{Nº total de intervenciones en ese periodo}}$$

Disponibilidad (Ai)

La disponibilidad es un indicador de confiabilidad generalizado que considera la fiabilidad y el mantenimiento de los equipos reparables. La disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo reparable tenga o mantenga sus funciones especificadas en un estado normal bajo condiciones específicas para usar, bajo condiciones específicas de mantenimiento para mantener, en un instante de tiempo establecido. Existen muchas definiciones y fórmulas computacionales diferentes acerca de la disponibilidad. En el campo de la ingeniería, la disponibilidad de trabajo se aplica más expresando con el parámetro *Ai* es igual a la relación entre las horas de trabajo medias y la suma de las horas de trabajo medias y las horas de descomposición. Se puede expresar como la relación entre el MTBF del equipo al MTBF y el MTTR (ZENG et al 2021). El modelo de disponibilidad de trabajo se expresa mediante:

$$Ai (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

MOREIRA, A. et al (2018) nos da una fórmula similar de la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100\%$$

Según ERKOYUNCU et al. (2017) “*disponibilidad* es la probabilidad de que el sistema o equipo utilizado en las condiciones establecidas se encuentre en un estado operativo.

El equipo está en pleno funcionamiento y listo para la misión y, por lo tanto, está disponible para su uso a un nivel constante en el futuro. Sin embargo, una vez en uso, el nivel de disponibilidad fluctúa. En consecuencia, las métricas de disponibilidad generalmente se miden como funciones del tiempo y, en su forma más simple, se miden como una relación entre el tiempo disponible y el tiempo total. El tiempo disponible es el “up-time” y el tiempo restante es por lo tanto el “Down time” o el tiempo que el equipo no está disponible, como se ilustra en la Esta ecuación no separa el tiempo dedicado a PM o CM, ya que considera el tiempo total. El tiempo de actividad puede verse como fiabilidad y el tiempo de inactividad, como tiempo de reparación. Si se considera el tiempo de inactividad como el tiempo de reparación y el tiempo de actividad como el tiempo de funcionamiento entre fallas, es posible convertir el tiempo de actividad y el tiempo de inactividad en MTBF y MTTR. Como consecuencia:

$$A = \frac{Uptime}{Total\ Time} = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según los conceptos de Gabriel Ortega, (2017) de acuerdo a su propósito, es de tipo aplicada, ya que busca la aplicación de los conocimientos que se adquieren.

De enfoque cuantitativo porque los datos de recolección y análisis se encuentran de forma de números (cantidades) (Hernández y Mendoza, 2018).

3.1.2. Diseño de investigación

Es de diseño experimental preexperimental porque analizamos las relaciones de la variable independiente afecta a la variable dependiente, y tiene un mínimo de control en las observaciones en la situación experimental (Hernández y Mendoza, 2018).

El nivel inicial de la investigación es descriptivo al analizar cómo es y cómo se manifiesta el problema y sus variables. Y en la conclusión es explicativo porque en esa etapa se respondió los orígenes de los sucesos y en qué condiciones se manifiesta las variables (Hernández y Mendoza, 2018)

El alcance fue longitudinal, porque se analizaron los datos en etapas de pre y post experimento, 17 semanas en el pre test y 17 semanas en el post test, con el objeto de demostrar las causas de la baja disponibilidad. El alcance longitudinal consiste en recolectar antecedentes en distintas etapas para efectuar deducciones a razón de su inestabilidad, sus concluyentes y sus efectos (Hernández y Mendoza, 2018).

Esquema: G: 01 – X – 02

Donde: 01 = Pre test ; X = Experimento ; 02 = Post test

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Gestión de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento es un conjunto de actividades de planificación, organización y control de las operaciones de mantenimiento que tienen el objetivo de mantener la capacidad de los equipos e instalaciones industriales; de continuar funcionando correctamente o en una condición lista para usar (SETIAWAN et al., 2019).

Las dimensiones e indicadores de la gestión de mantenimiento usadas en esta investigación son:

- **Impacto de efectos de Falla**, es un método de análisis de confiabilidad destinado a identificar fallas que afectan el funcionamiento de un sistema y permitir establecer prioridades de acción (Tolentino Eslava et al., 2019)

$$NPR = D \times S \times O$$

Donde:

NPR: Numero de Prioridad de Riesgo

D: Detectabilidad

S: Severidad

O: Ocurrencia

- **Cumplimiento del Plan de Mantenimiento**, Para Duffuaa et al., (2015) el cumplimiento del plan de mantenimiento es un indicador que muestra la eficacia del programa y de la gestión en un tiempo determinado, indica cuantas rutinas de mantenimiento programadas son ejecutadas con éxito en el tiempo determinado

$$\text{Cumplimiento del PM} = \frac{ToPMe}{ToPMp}$$

ToPMe: Total de OT del PM ejecutados

ToPMp: Total de OT del PM programados

Variable 2: disponibilidad

Según ERKOYUNCU et al. (2017) “la disponibilidad es la probabilidad de que el sistema o equipo utilizado en las condiciones establecidas se encuentre en un estado operativo y comprometible en un momento dado”

Las dimensiones e indicadores de disponibilidad usados en esta investigación son:

- **Fiabilidad**, MOREIRA, A. et al (2018) define al MTBF, como su nombre lo indica, es el tiempo promedio entre que ocurre una falla, desde la última falla

$$MTBF = \frac{\textit{Horas de operación}}{\textit{Numero Total de fallas}}$$

Mean Time Between Failures (tiempo medio entre fallas).

- **Mantenibilidad**, MOREIRA, A. et al (2018) indica que el MTTR se utiliza para evaluar el desempeño de las actividades de mantenimiento-

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de Reparación}}{\textit{Numero Total de fallas}}$$

Mean Time To Repair (tiempo medio para reparar)

- **Disponibilidad:**

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100\%$$

En el anexo 6 se muestra la matriz de consistencia y en el anexo 7 la tabla de operacionalización de las variables.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

Según Hernández y Mendoza, (2018) una población es la totalidad de la experiencia a estudiar, en el cual los sujetos de la población poseen un distintivo común el cual se experimenta y da inicio a datos de la investigación. La población de esta investigación estuvo comprendida por 129 máquinas trenzadoras que están en operación en el área de producción de la MYPE textil.

Se tuvieron los criterios de inclusión, a las trenzadoras del de producción (sección de trenzado), máquinas de procesos de producción de sogas de 1/2" a 1" (procesos de mayor criticidad). Y como criterios de exclusión, a las máquinas trenzadoras de procedencia China; las máquinas con un nivel de criticidad medio y bajo.

3.3.2. Muestra:

Hernández y Mendoza (2018) señala que la muestra es un grupo dentro de la población del cual se recogen los datos y que debe ser característico de esta, si se desea tener generalizado los resultados. En el desarrollo de esta investigación la muestra considera el tipo no probabilístico de pre y post test es de 4 líneas de producción (20 máquinas trenzadoras)

3.3.3. Muestreo:

En la investigación se empleó el muestreo intencional o por conveniencia, puesto que la elección de las maquinas (muestra) dependió de un criterio específico del investigador (anexo 7). Así mismo, se estudiarán con los datos de indicadores de mantenimiento tomados en 17 semanas antes y 17 semanas después de haber desarrollado y analizado los resultados de la investigación aplicada dentro del área de producción de la MYPE textil en el año 2022.

Unidad de análisis:

Nuestra unidad de análisis son las máquinas trenzadoras del área de producción de la MYPE textil.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Para el estudio se usó la técnica de la observación, que facilitó la recopilación de datos mediante la toma de registros en el lugar de estudio, también se utilizaron el análisis documental de los reportes de mantenimientos pre y post test de las trenzadoras en la producción.

Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación para el análisis de datos usamos las fichas de registro de datos del periodo 2022

Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección

Técnica	Instrumento	Herramientas
Análisis documental	Ficha de Datos	Tablas de registro en Excel
Observación	Ficha de registros	Hoja de control Hoja registros

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

En esta investigación, se buscó mejorar el índice de disponibilidad de una muestra de 20 máquinas trenzadoras de sogas, seleccionadas por conveniencia por el grado de criticidad según la evaluación de los encargados de la empresa de estudio (anexo 7); un criterio importante para esta elección fue la capacidad de producción; en el anexo 8 se muestra que las 20 máquinas seleccionadas representan el 15.5% de la totalidad de las máquinas del área de producción, sin embargo producen 750 Kg de sogas trenzadas que representa el 40% de la producción total por semana.

Situación antes del experimento.

Se realizó un diagnóstico de la situación anterior al experimento, mediante el análisis documental de los registros (apuntes en cuadernos) y tablas informáticas de hojas de cálculo del área de mantenimiento desde la semana 1 (31/01/2022) hasta la semana 17 (28/05/2022) donde se recogió, seleccionó y organizó los datos de fiabilidad, mantenibilidad y el cálculo de la disponibilidad promedio por semana de la muestra. (anexo 09).

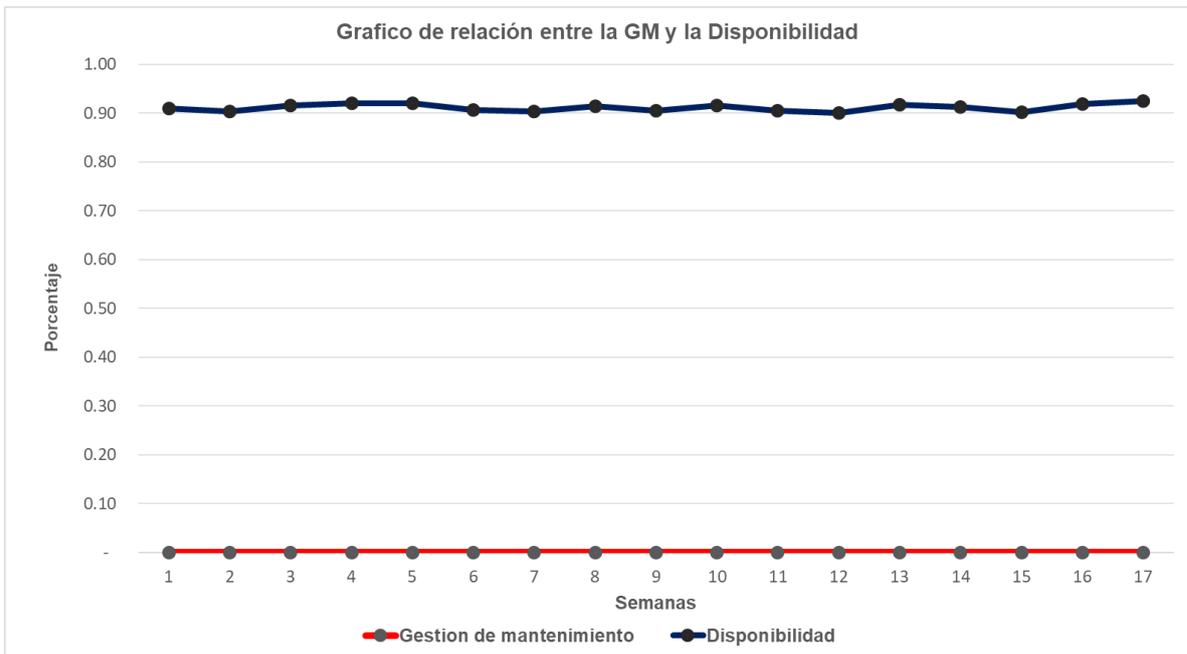
Tabla 6 Relación entra la Gestión de mantenimiento y la Disponibilidad promedio Pre test

Semana	Inicio	Termino	Gestión de Mantto Preventivo	Disponibilidad
1	31/01/2022	5/02/2022	-	0.909
2	7/02/2022	12/02/2022	-	0.903
3	14/02/2022	19/02/2022	-	0.916
4	21/02/2022	26/02/2022	-	0.919
5	28/02/2022	5/03/2022	-	0.920
6	7/03/2022	12/03/2022	-	0.906
7	14/03/2022	19/03/2022	-	0.904
8	21/03/2022	26/03/2022	-	0.914
9	28/03/2022	2/04/2022	-	0.905
10	4/04/2022	9/04/2022	-	0.915
11	11/04/2022	16/04/2022	-	0.905
12	18/04/2022	23/04/2022	-	0.901
13	25/04/2022	30/04/2022	-	0.916
14	2/05/2022	7/05/2022	-	0.913
15	9/05/2022	14/05/2022	-	0.901
16	16/05/2022	21/05/2022	-	0.919
17	23/05/2022	28/05/2022	-	0.925
			0%	91.12%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se muestra la variable Gestión de mantenimiento en un 0%, ya que en el pre-experimento solo se contaba con un taller de herramientas donde se realizaban actividades reactivas no planificadas, a razón de ello no contábamos datos para medir la gestión, observamos la relación con la variable Disponibilidad promedio de la muestra en un 91.12% antes del experimento.

Figura N° 4 Grafico de relación entre la GM y la disponibilidad promedio en el Pre test



Fuente: elaboración propia

En la figura N.º 4 observamos la relación en porcentaje de la gestión de mantenimiento en 0% y la disponibilidad en las 17 semanas antes del experimento.

Análisis e implementación.

Se realizó la codificación de las máquinas a investigar en el área de producción (anexo 10), esto permitió ubicarlos de forma inmediata y mejorar el desempeño en las actividades de mantenimiento.

Luego de ubicar y codificar las máquinas a investigar se realizó un análisis de modos de efectos y fallas (AMEF); ya que la muestra está comprendida por 20 máquinas del mismo modelo, mismo proceso operacional y mismo año de adquisición, el AMEF se hizo de manera general, analizando los sistemas eléctricos y mecánicos de la "máquina trenzadora de 32 husos 1.5 HP".

Figura N° 5 Hoja de información de análisis de modos de efectos y fallas, del sistema eléctrico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA O SECCIÓN:		PRODUCCION			
		MÁQUINA O EQUIPO:		TRENADORA DE 32 HUSOS 1.5HP			
FECHA: 07/06/2022		SISTEMA:		SISTEMA ELECTRICO			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLA	
1	Energizar, protege y controla el motor principal. Activa paradas de seguridad contra defectos en la entrada y salida de la sogá trenzada.	A	No envía energía eléctrica al motor	1	Transformador de control defectuoso	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				2	Guardamotor defectuoso	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				3	Contactora deteriorada	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				4	Llave de fuerza principal deteriorada	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				5	Pulsadores deteriorados	Indisponibilidad de la Trenzadora	
		B	No protege el motor principal	1	guardamotor defectuoso o regulación sobredimensionada	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				2	Llave de fuerza principal deteriorada o sobredimensionada	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				3	Limitador de corriente sobredimensionado	Indisponibilidad de la Trenzadora	
		C	No activa paradas automáticas contra defectos	1	Cables de conexión rotos	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				2	Swich limit movido de lugar	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				3	Swich limit desconectado	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
		D	Falla en el motor principal	1	Cable de energizado roto	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				2	Aspa ventiladora rota	Maquina en funcionamiento con deterioro en motor principal por sobrecalentamiento	
				3	Rodamientos interiores defectuosos	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				4	Bobinado cortocircuitado	Indisponibilidad de la Trenzadora	
5	Rotura / desgaste de piñón de movimiento			Indisponibilidad de la Trenzadora			

Fuente: elaboración propia

La figura N° 5 nos muestra los problemas potenciales del sistema eléctrico y sus efectos en la maquina, donde apreciamos que el 75% causan la indisponibilidad de la “maquina trenzadora de 32 husos 1.5 HP”

Figura N° 6 Hoja de información de análisis de modos de efectos y fallas, del sistema mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA O SECCIÓN:		PRODUCCION			
		MÁQUINA O EQUIPO:		TRENADORA DE 32 HUSOS 1.5HP			
FECHA: 07/06/2022		SISTEMA:		SISTEMA MECANICO			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLA	
2	Trenzado de sogas por movimiento de engranajes y husos de polipropileno	A	Falla de cojinetes	1	Degaste por restos de hilachas	Maquina en funcionamiento con deterioro en motor principal por sobrecalentamiento	
				2	Rotura por pernos de platinas sin ajuste	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				3	Rotura por desgaste y deterioro	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				4	Rotura por fuentes externas (pernos, sogas, tijeras, etc.)	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				5	Cojinetes sin lubricación	Maquina en funcionamiento con deterioro en motor principal por sobrecalentamiento	
		B	Falla de piñón	1	Desgastes de los cojinetes	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				2	Atascamiento por restos de hilachas en las guías de los husos	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				3	Atascamiento por la soga que produce	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				4	Desgaste de piñón de salida	Indisponibilidad de la Trenzadora	
		C	Falla de guías	1	Rotura por desgastes de los cojinetes	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				2	Atascamiento por restos de hilachas en las guías de los husos	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				3	Rotura por desgaste y deterioro	Indisponibilidad de la Trenzadora	
				4	Suciedad en el las vías de circulación	Maquina en funcionamiento con deterioro en motor principal por sobrecalentamiento	
		D	Falla en los husos	1	Huso sin hojales	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				2	Huso con desgaste en sus hojales	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				3	Huso atascado por restos de hilachas	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				4	Husos sin lubricación	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	
				5	Husos con resortes rotos	Maquina en funcionamiento con defectos en la calidad de trenzado	

Fuente: elaboración propia

La figura N° 6 nos muestra los problemas potenciales del sistema mecánico y sus efectos en la maquina, donde apreciamos que el 55.6% causan la indisponibilidad de la maquina de trenzado.

Gracias al AMEF enlistamos las fallas por sistema, que causan la indisponibilidad del activo. Los modos de falla y sus causas se priorizaron en una tabla de criticidad (anexo 11). De esta manera concluir en una lista de priorización ordenada (tabla 7).

Tabla 7 Nivel de criticidad de modos de fallas

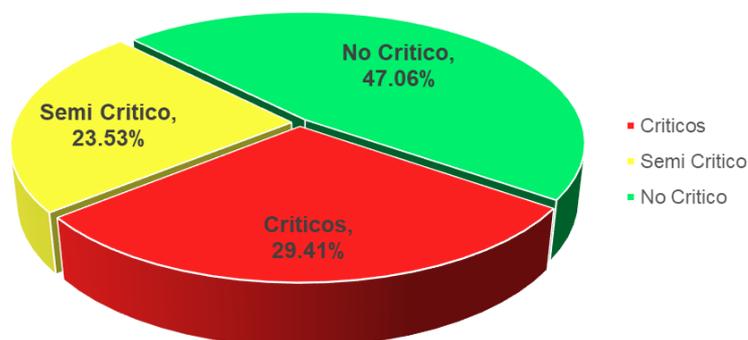
Modos de fallas	Nivel
Rotura de cojinetes por desgaste y deterioro	Critico
Contactador deteriorado	Critico
Desgaste de piñón de salida	Critico
Rodamientos interiores de motor principal defectuosos	Critico
Atascamiento por restos de hilachas en las guias de los husos	Critico
Rotura de guia por desgaste y deterioro	Semi Critico
Pulsadores deteriorados	Semi Critico
Limitador de corriente sobredimensionado	Semi Critico
Rotura / desgaste de piñón de movimiento	Semi Critico
Transformador de control defectuoso	No Critico
Bobinado cortocircuitado	No Critico
Rotura de cojinetes por pernos de platinas sin ajuste	No Critico
Rotura de cojinetes por fuentes externas	No Critico
Rotura de piñón por atascamiento por la sogá que produce	No Critico
Guardamotor defectuoso o regulación sobredimensionada	No Critico
Llave de fuerza principal deteriorado o sobredimensionado	No Critico

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7 ordenamos y seleccionamos las fallas que causan indisponibilidad a la maquina conformé al anexo 11. Y de manera porcentual medimos la cantidad de los niveles de criticidad, obteniendo 29.41% de fallas criticas; 23.53% de fallas semi criticas y un 47.06% de fallas no criticas (ver figura N° 7).

Figura N° 7 Porcentajes de niveles de criticidad (pretest).

Impacto de efecto de fallas Pre-test



Fuente: elaboración propia

Siguiente a ello, se realizó una lista de repuesto según los requerimientos para la realización de los mantenimientos preventivos y correctivos de mejora (tabla 9).

Tabla 8 Lista de repuestos para la realización del plan de mantenimiento

Hoja de información RCM			
Sistema Trenzadora 32 husos 1.5HP			
	Código de Ítem	Descripción	Cantidad
	<i>T32-SE01</i>	Motor trifásico 1.5HP	1
	<i>T32-SE02</i>	Llave de fuerza 17A	1
	<i>T32-SE03</i>	Guardamotor 13A	1
	<i>T32-SE04</i>	Transformador 220-25VAC	1
Sistema Eléctrico	<i>T32-SE05</i>	Contactador de 10A	1
	<i>T32-SE06</i>	Pulsadores de control	1
	<i>T32-SE07</i>	Swith limit para husos	1
	<i>T32-SE08</i>	Switch limit de sogá	1
	<i>T32-SE09</i>	Regulador de Intensidad	1
	<i>T32-SM01</i>	Husos Right	16
	<i>T32-SM02</i>	Husos Ligth	16
	<i>T32-SM03</i>	Caja de engranajes	1
Sistema Mecánico	<i>T32-SM04</i>	Platinas de transmisión	8
	<i>T32-SM05</i>	Cojinetes de nylon	32
	<i>T32-SM06</i>	Engranajes de descarga	1
	<i>T32-SM07</i>	Tambor de salida	1
	<i>T32-SM08</i>	Estructura guías	1

Fuente: elaboración propia

Se creó un plan de mantenimiento (anexo 12) donde incluyen tipos de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo de mejora) que cubrió a las 20 máquinas trenzadoras seleccionadas. Esta implementación tuvo una duración de 3 semanas (del 30/05/2022 al 18/06/2022).

Desarrollo de la implementación.

El desarrollo del experimento tuvo una duración de 17 semanas (del 20/06/2022 al 15/10/2022) donde se calcularon las mediciones actuales de los indicadores de mantenimiento con el fin de comprobar la mejora de la disponibilidad promedio por semana de la muestra. (anexo 13).

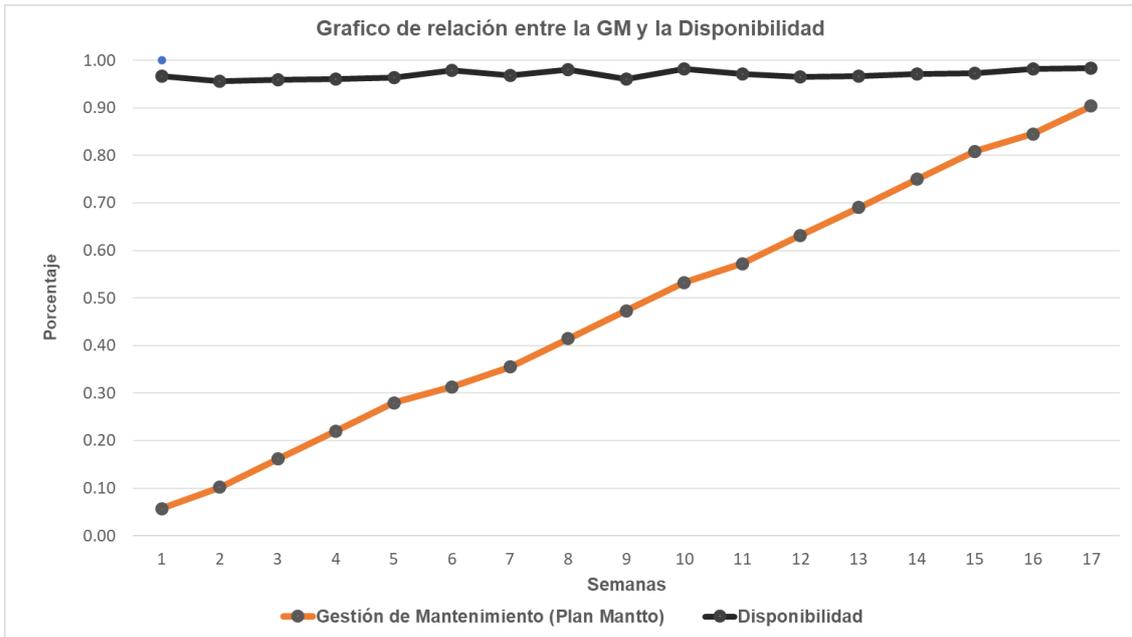
Tabla 9 Relación entre la Gestión de mantenimiento y la Disponibilidad promedio Post test

Semana	Inicio	Termino	Gestión de Mantenimiento (Plan Mantto)	Disponibilidad
1	20/06/2022	25/06/2022	0.057	0.967
2	27/06/2022	2/07/2022	0.102	0.956
3	4/07/2022	9/07/2022	0.161	0.959
4	11/07/2022	16/07/2022	0.220	0.960
5	18/07/2022	23/07/2022	0.279	0.963
6	25/07/2022	30/07/2022	0.313	0.980
7	1/08/2022	6/08/2022	0.355	0.968
8	8/08/2022	13/08/2022	0.414	0.980
9	15/08/2022	20/08/2022	0.474	0.961
10	22/08/2022	27/08/2022	0.533	0.982
11	29/08/2022	3/09/2022	0.573	0.971
12	5/09/2022	10/09/2022	0.632	0.965
13	12/09/2022	17/09/2022	0.691	0.966
14	19/09/2022	24/09/2022	0.750	0.971
15	26/09/2022	1/10/2022	0.809	0.972
16	3/10/2022	8/10/2022	0.845	0.981
17	10/10/2022	15/10/2022	0.904	0.983
			90.40%	96.97%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 9 se muestra la variable Gestión de mantenimiento en un 90.40%, observamos la relación con la variable Disponibilidad promedio de la muestra en un 96.97% después del experimento.

Figura N° 8 Grafico de relación entre la GM y la disponibilidad promedio en el Post Test

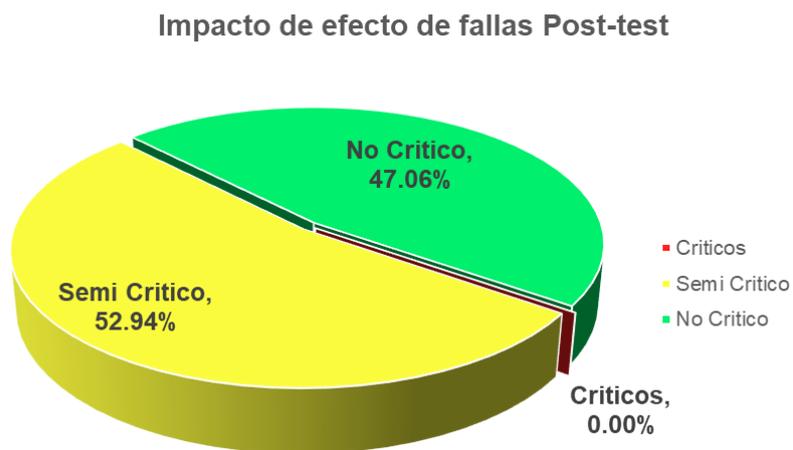


Fuente: elaboración propia

En la figura N.º 8 observamos la relación en porcentaje de la gestión de mantenimiento en 90.40% y la disponibilidad en las 17 semanas.

Y de manera porcentual medimos la cantidad de los niveles de criticidad, obteniendo 0% de fallas críticas; 52.94% de fallas semi críticas y un 47.06% de fallas no críticas (ver figura N° 9). Estas medidas están seleccionadas del anexo 14.

Figura N° 9 Porcentajes de niveles de criticidad (post-test).



Fuente: elaboración propia

Indicador de fiabilidad mejorado

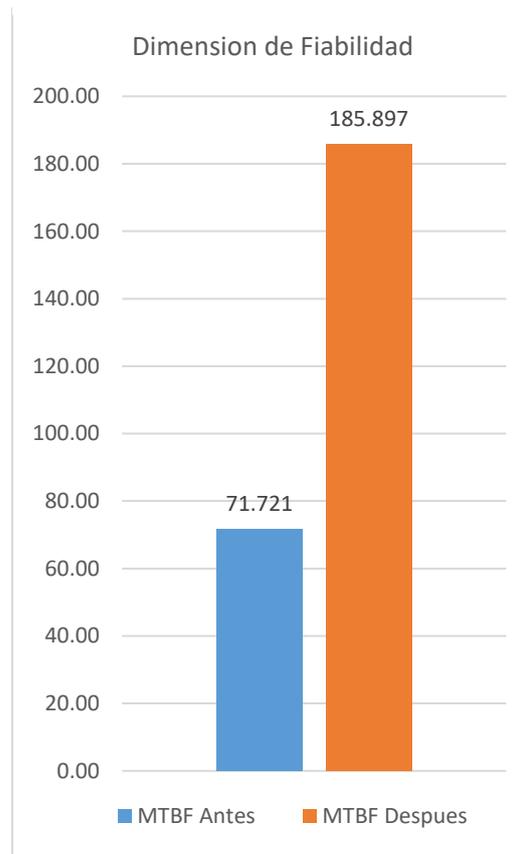
Como se muestra en la tabla 10, se observa una mejora del indicador de fiabilidad durante las 17 semanas después de la implementación, con un tiempo promedio entre fallas de 185.90 horas por semana a comparación del periodo anterior con un tiempo promedio entre fallas de 71.72 horas por semana, lo cual refleja un aumento considerable de 114.18 horas promedio de diferencia.

Tabla 10 Fiabilidad antes y después de la implementación

Semana	MTBF Antes	MTBF Después
1	60.900	162.000
2	75.625	126.900
3	81.800	142.778
4	68.444	143.000
5	64.895	143.444
6	71.412	185.000
7	75.688	184.429
8	61.250	262.600
9	80.867	161.000
10	81.733	219.333
11	86.643	184.143
12	63.526	161.625
13	76.750	185.000
14	61.150	185.857
15	57.524	186.143
16	68.389	263.600
17	82.667	263.400
	71.72	185.90

Fuente: elaboración propia

Figura Nº 10 Grafica de fiabilidad antes y después



Fuente: elaboración propia

Indicador de mantenibilidad mejorado

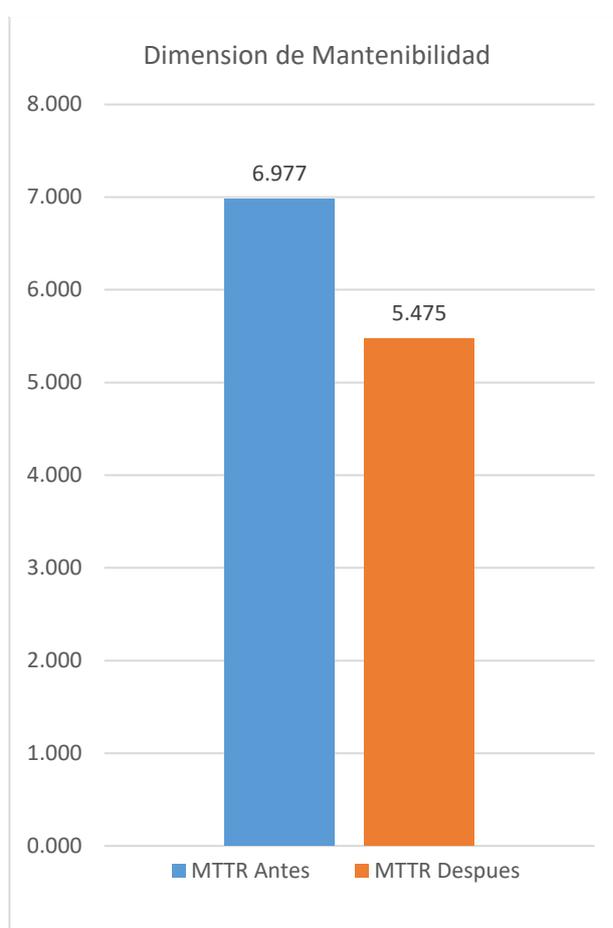
Como se muestra en la tabla 11, indica una disminución del indicador de mantenibilidad durante las 17 semanas después de la implementación, con un tiempo promedio de horas de reparaciones de 5.48 horas por semana a comparación del periodo anterior con tiempo promedio de horas de reparaciones de 6.98 horas por semana, lo cual refleja una disminución 1.5 horas promedio de diferencia.

Tabla 11 Mantenibilidad antes y después de la implementación

Semana	MTTR Antes	MTTR Después
1	6.100	5.500
2	8.125	5.900
3	7.533	6.111
4	6.000	5.889
5	5.632	5.444
6	7.412	3.857
7	8.063	6.143
8	5.750	5.400
9	8.467	6.500
10	7.600	4.000
11	9.071	5.571
12	7.000	5.875
13	7.000	6.429
14	5.850	5.571
15	6.286	5.286
16	6.056	5.000
17	6.667	4.600
	6.977	5.475

Fuente: elaboración propia

Figura N° 11 Grafica de fiabilidad antes y después



Fuente: elaboración propia

Indicador de Disponibilidad mejorado.

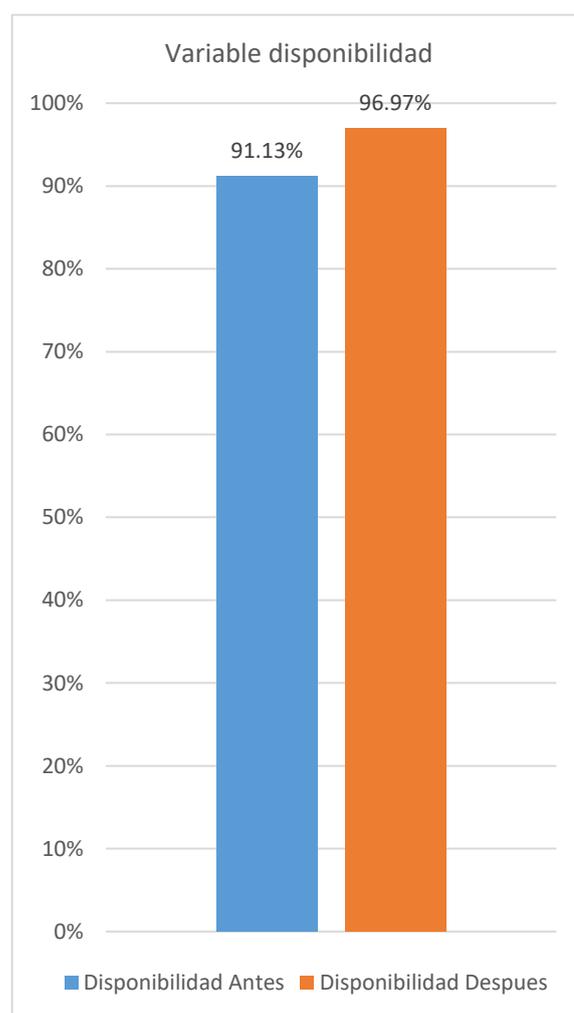
Como se muestra en la tabla 12, indica una mejora de la disponibilidad durante las 17 semanas después de la implementación, con una media final de 97% de la disponibilidad del periodo antes con una media final de 91.1%. un aumento del 6.08% en la disponibilidad de la muestra.

Tabla 12 Disponibilidad antes y después de la implementación

Semana	Disponibilidad Antes	Disponibilidad Después
1	0.909	0.967
2	0.903	0.956
3	0.916	0.959
4	0.919	0.960
5	0.920	0.963
6	0.906	0.980
7	0.904	0.968
8	0.914	0.980
9	0.905	0.961
10	0.915	0.982
11	0.905	0.971
12	0.901	0.965
13	0.916	0.966
14	0.913	0.971
15	0.901	0.972
16	0.919	0.981
17	0.925	0.983
	0.911	0.9697

Fuente: elaboración propia

Figura N° 12 Grafica de fiabilidad antes y después



Fuente: elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los resultados de las observaciones de los indicadores de fiabilidad y mantenibilidad, así como de la disponibilidad se uso el software de Microsoft Excel (Versión profesional 2019).

Los datos recolectados del antes y después fueron analizados los resultados de la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de las máquinas del área de producción; para el análisis descriptivo usamos el software de Microsoft Excel (Versión profesional 2019). Y para el análisis inferencial usamos el programa SPSS versión 25.

Los datos del análisis documental fueron recogidos en las fichas de registro como son las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo, trabajados en el programa Microsoft Excel (Versión profesional 2019).

3.7. Aspectos éticos

Con el fin de garantizar la calidad ética de esta investigación utilizamos los criterios del código de ética de la Universidad Cesar Vallejo (2020) procurando el bienestar; respetando la integridad física y psicológica; la libertad y el respeto de igualdad de los colaboradores sin excepción. De la misma forma utilizamos la Norma Internacional ISO 690 y 690-2 (2017) para las referencias considerando el autor, el título, año, el link disponible, entre otros; así respetando los derechos de autor y la propiedad intelectual. Contamos con la autorización de la información de la empresa investigada (anexo 18).

IV. RESULTADOS

Análisis inferencial

Análisis de las hipótesis específicas

Fiabilidad del activo

H1: La gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

H0: La gestión de mantenimiento no aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

Realizamos la prueba de normalidad a los datos de fiabilidad con el objeto de conocer que estadígrafo usar según el nivel de significancia (tabla 13)

Tabla 13 Nivel de significancia / estadígrafo

	Antes	Después	Concluye	Estadígrafo a usar
	V	V	Paramétrico	T-Student
Sg > .05	V	F	NO paramétrico	Wilcoxon
	F	V	NO paramétrico	Wilcoxon
	F	F	NO paramétrico	Wilcoxon

V: verdadero, F: falso

Para la prueba de normalidad usaremos la prueba de Shapiro-Wilk

Tabla 14 Pruebas de normalidad - Fiabilidad del activo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo medio entre fallas antes	0.935	17	0.259
Tiempo medio entre fallas después	0.870	17	0.022

De acuerdo a los resultados de la prueba de normalidad (tabla 14) observamos que la significancia del MTBF antes es 0.259 (mayor que 0.05), también se observa que la significancia del MTBF después es 0.022 (menor que 0.05), según la tabla 00 se concluye que los datos son “NO paramétricos” por lo cual se determinó que el estadígrafo a utilizar es “Wilcoxon”.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
	Rangos negativos	0 ^a	0.00	0.00
Tiempo medio entre fallas antes - Tiempo medio entre fallas después	Rangos positivos	17 ^b	9.00	153.00
	Empates	0 ^c		
	Total	17		

a. MTBF después < MTBF antes

b. MTBF después > MTBF antes

c. MTBF después = MTBF antes

Tabla 15 Estadísticos de prueba - Fiabilidad del activo

	Tiempo medio entre fallas antes - Tiempo medio entre fallas después
Z	-3,621 ^b
Significancia. Asintótica (bilateral)	0.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

los resultados de la tabla 15 muestran que la significancia es $0.000 < 0.050$ con ello se concluye la aceptación de la hipótesis alterna (H1) y rechazamos la hipótesis nula (H0).

Mantenibilidad del activo

H1: La gestión de mantenimiento disminuye el tiempo medio para reparar de la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

H0: La gestión de mantenimiento no disminuye el tiempo medio para reparar de la línea de producción de una MYPE textil en Perú.

Realizamos la prueba de normalidad a los datos de mantenibilidad con el objeto de conocer que estadígrafo usar según el nivel de significancia (tabla 13)

Para la prueba de normalidad usaremos la prueba de Shapiro-Wilk

Tabla 16 Pruebas de normalidad – Mantenibilidad del activo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo medio para reparar antes	0.936	17	0.278
Tiempo medio para reparar después	0.919	17	0.140

De acuerdo a los resultados de la prueba de normalidad (tabla 16) observamos que la significancia del MTTR antes es 0.278 (mayor que 0.05), también se observa que la significancia del MTTR después es 0.140 (mayor que 0.05), según la tabla 00 se concluye que los datos son "PARAMETRICOS" por lo cual se determinó que el estadígrafo a utilizar es "T-Student".

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par	Tiempo medio para reparar antes	6.9771	17	1.0524	0.2553
1	Tiempo medio para reparar después	5.4751	17	0.7570	0.1836

Tabla 17 Prueba de muestras emparejadas – mantenibilidad del activo

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Tiempo medio para reparar antes - Tiempo medio para reparar después	1.502	1.189	0.288	0.891	2.113	5.210	16	0.0001

De los resultados de la prueba de la mantenibilidad (tabla 17) observamos que la mantenibilidad antes tiene una media de 6.9771 y la mantenibilidad después tiene una media de 5.4751; los resultados de la tabla muestran que la significancia es $0.000 < 0.050$ con ello se concluye la aceptación de la hipótesis alterna (H1) y rechazamos la hipótesis nula (H0).

Análisis de la hipótesis general

Disponibilidad del activo

H1: La Gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú

H0: La Gestión de mantenimiento no mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú

Realizamos la prueba de normalidad a los datos de disponibilidad con el objeto de conocer que estadígrafo usar según el nivel de significancia (tabla 13)

Para la prueba de normalidad usaremos la prueba de Shapiro-Wilk

Tabla 18 Pruebas de normalidad – disponibilidad del activo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	0.939	17	0.309
Disponibilidad después	0.934	17	0.254

De acuerdo a los resultados de la prueba de normalidad (tabla 18) observamos que la significancia de la disponibilidad antes es 0.309 (mayor que 0.05), también se observa que la significancia de la disponibilidad después es 0.254 (mayor que 0.05), según la tabla 18 se concluye que los datos son “paramétricos” por lo cual se determinó que el estadígrafo a utilizar es “T-Student”.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Disponibilidad antes	0.9129	17	0.0095	0.0023
	Disponibilidad después	0.9631	17	0.0130	0.0032

Tabla 19 Prueba de muestras emparejadas - Disponibilidad

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación	Desviación Error Prom.	95% de interv. de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Disponibilidad antes - Disponibilidad después	-0.0585	0.0097	0.0024	-0.0635	-0.0534	-24.7325	16	0.0000

De los resultados de la prueba T-Student de la disponibilidad (tabla 19) observamos que la disponibilidad antes tiene una media de 0.9129 y la disponibilidad después tiene una media de 0.9631; los resultados de la tabla muestran que la significancia es $0.000 < 0.050$ con ello se concluye la aceptación de la hipótesis alterna (H1) y rechazamos la hipótesis nula (H0).

V. DISCUSIÓN

La presente investigación tiene como objetivo específico el aumentar la fiabilidad de la muestra con la implementación de la metodología de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), el MTBF es un indicador que mide el tiempo medio que transcurre entre las fallas o las averías de las maquinarias; cuanto más alto sea este indicador, se expresa que la máquina tiene una fiabilidad creciente. Los resultados de este indicador en la etapa pre experimento eran de 71.72 de fiabilidad promedio en las primeras 17 semanas, después del análisis de modos de efectos y fallas, análisis de impacto de efecto de falla y la efectividad del cumplimiento del plan de mantenimiento al 90.04%, tuvimos como resultados el aumento del indicador de fiabilidad promedio de la muestra en 185.90.

Estos resultados lo comparamos con Zabala Gaibor, Marco (2017) en su investigación en el país de Ecuador titulada “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P- 300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos zona Bucay.” Donde se realizó la codificación de la muestra y el análisis de modos y efectos de falla (AMEF), para después crear un plan de mantenimiento con actividades correctivas, preventivas y de inspección, los resultados después del experimento fue que la fiabilidad del grupo electrógeno aumentó un 36% con un plan de mantenimiento cumplido al 96%. La diferencia de las investigaciones es la manera de cuantificar los resultados, ellos se enfocaron en el porcentaje de fiabilidad en un año de un sistema de grupo electrógeno y en nuestra investigación el tiempo medio entre fallas de 20 máquinas trenzadoras específicas en un tiempo promedio medido en horas dentro de 8 meses y medio aproximado.

También hacemos una comparación con la investigación de Burgos y Pflücker, (2021), titulada: Mejora de la gestión del mantenimiento de las grúas tipo puente en el taller de construcciones navales del astillero SIMA Callao, quienes crearon un plan de mantenimiento basado en el método RCM a una muestra de 9 grúas, a las cuales analizaron mediante el análisis de modos de efecto de falla (AMEF) con esa

información se creó un plan de mantenimiento, los resultados que se obtuvieron fueron un incremento en el indicador de fiabilidad (MTBF) de 312 días a 819 días, lo que nos da un incremento de 507 días, la unidad de tiempo tomada fueron los días que las 9 grúas estuvieron en actividad operativa antes del mantenimiento y nuestra unidad tomada es en horas promedio entre fallas de 20 máquinas específicas dentro de 34 semanas.

El siguiente objetivo específico consistió en disminuir la mantenibilidad de la muestra con la implementación de la metodología RCM, el MTTR es un indicador que mide el tiempo medio necesario para resolver fallas y reparar las maquinarias, cuanto más bajo sea este indicador se entiende que las máquinas están mayormente operativas. Los resultados de este indicador en la etapa pre experimento eran de 6.98 de mantenibilidad promedio en las primeras 17 semanas, después del análisis de modos de efectos y fallas, análisis de impacto de efecto de falla y la efectividad del cumplimiento del plan de mantenimiento al 90.04%, tuvimos como resultados la disminución de la mantenibilidad promedio de la muestra a un valor de 5.48.

Resultado que podemos comparar con la investigación de Ramos Sparrow, Julio O. (2017) titulada: "Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta metal drill S.A.C.", donde se implementó un plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM, luego de medir los indicadores de mantenimiento (MTTR y MTBF) antes del experimento y analizar la muestra con el AMEF y la implementación de un sistema de MP y actividades correctivas, se obtuvieron como resultado la disminución del índice MTTR de 34.90 a 20.50 en la mantenibilidad promedio en un periodo de 6 meses. Donde podemos discutir las principales diferencias; como la temporalidad y 23 máquinas de 3 diferentes modelos y proceso de trabajo.

En el artículo de Pinto et al., (2020) titulado Plan estratégico de implementación y mantenimiento de TPM, refirió que su objetivo fue aumentar la disponibilidad de los tornos CNC, reduciendo el tiempo de inactividad por falla del equipo con actividades

de mantenimiento preventivo para ser ejecutados siguiendo un marco de tiempo determinado, hubo una disminución del indicador de mantenibilidad (MTTR) en un 23%.

El objetivo principal es el aumentar la disponibilidad de la muestra mediante la implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, la disponibilidad como variable dependiente es un indicador que resulta del calculo de los indicadores de fiabilidad (MTBF) y mantenibilidad (MTTR), se entiende como el porcentaje de tiempo durante el cual un activo se encuentra apto para su uso. Los resultados de este indicador en la etapa pre experimento eran del 91.12% de disponibilidad promedio en las primeras 17 semanas, después del análisis de modos de efectos y fallas, análisis de impacto de efecto de falla y la efectividad del cumplimiento del plan de mantenimiento al 90.04%, tuvimos como resultados el aumento de la disponibilidad promedio de la muestra a 97.00%.

Resultado que comparamos con la investigación de tipo aplicado de enfoque cuantitativo de Burgos y Pflücker (2021), titulada: Mejora de la gestión del mantenimiento de las grúas tipo puente en el taller de construcciones navales del astillero SIMA Callao, quienes crearon un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM a una muestra de 9 grúas, a los cuales se analizaron mediante el AMEF con esa información se creo un plan de mantenimiento de prevención y correctivo programado, como resultado obteniendo mejorar la disponibilidad promedio de la muestra de un 84% a un 93%. La investigación de Ramos Sparrow, Julio O. (2017) también tuvo resultados positivos en el indicador disponibilidad; de un 85.01% a un 95.10%.

También comparamos con el articulo científico de Palomino et al., (2019) en su artículo titulado Modelo de la gestión con la metodología de Mantto enfocado en la confiabilidad que permite incrementar la disponibilidad de equipo pesado en el sector construcción en la empresa MACISAC PERU S.A.C. La metodología usada fue el mantenimiento productivo total (TPM) y el RCM. Se logró el aumento de la disponibilidad al 81% frente al 62% obtenido en el pre post, esto permitió que, las maquinarias pesadas tengan una mayor operatividad durante todo el proyecto de

construcción; el modelo propuesto cuenta con tareas de mantenimiento correctivo y preventivo continuo. La diferencia con esta investigación es el análisis de mantenimiento AMEF y nuestro proyecto donde usamos el AMEF y el impacto de efecto de falla (NPR) que se complementan. Palomino también usa las metodologías TPM y RCM que aportan el MP y el mantenimiento autónomo.

También comparamos con los resultados de Zabala Gaibor, Marco (2017) en su investigación "Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno, donde realizó codificación de la muestra y el análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para después crear un plan de mantenimiento con actividades correctivas, preventivas y de inspección, sus resultados después del experimento fue que la indisponibilidad del grupo electrógeno son reducidos en un 96% y se debe a unas estrategias que permiten identificar fallos potenciales y un plan de mantenimiento cumplido. La diferencia de las investigaciones es la manera de cuantificar los resultados, ellos cuantificaron el porcentaje de reducción de indisponibilidad en un año de un sistema de grupo electrógeno y en nuestra investigación el tiempo medio entre fallas de 20 máquinas específicas en un tiempo promedio en horas dentro de 8.5 meses aproximado.

Es necesario discutir respecto a los pasos utilizados en este estudio, basados en la metodología del RCM, en primer lugar, el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), este análisis fue utilizado en diferentes estudios (Díaz Villar, Jesús David, 2018; López Rodríguez, Edison, 2018; Palomino et al., 2019) donde tiene el diseño de encontrar y seleccionar todas las fallas que afecten la continuidad de las operaciones o maquinarias, a comparación de esto; esta investigación usó el AMEF complementado con un análisis de priorización de efectos de falla; esta herramienta de análisis nos permitió ordenar y planear las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, a los activos que tenían mayor nivel de NPR; luego realizamos el plan de mantenimiento preventivo y correctivos de mejora esto permitió adelantarse a la falla, los indicadores usados como: MTBF, MTTR y Disponibilidad fueron usados como varios de los trabajos previos (Zabala Gaibor, Marco, 2017; Pinto et al., 2020; Palomino et al., 2019; Burgos y Pflücker, 2021) y algunos lo complementaron con el indicador OEE (Pinto et al., 2020).

VI. CONCLUSIONES

1. Se determino que la gestión de mantenimiento con planificación basado en la metodología RCM mejoro el índice de fiabilidad de las 20 maquinas trenzadoras como se demuestra en los resultados del pre test: 71.72 horas de MTBF; y el post test: 185.90 horas de MTBF, un aumento de 114.18 horas de MTBF. Esto se consiguió por la eficacia del cumplimiento del plan de mantenimiento a un 90.04%, La mejora de la fiabilidad de las maquinas trenzadoras es de gran relevancia para el área de producción ya que permitió producir sogas por mas horas.
2. Se determino que la gestión de mantenimiento con planificación basado en la metodología RCM mejoro el índice de mantenibilidad de las 20 maquinas trenzadoras como se demuestra en los resultados del pre test: 6.98 horas de MTTR; y el post test: 5.48horas de MTTR, una reducción de 1.5 horas de MTTR. Esto se consiguió en gran parte a las inspecciones de rutina y el mantenimiento preventivo, la disponibilidad de insumos, repuestos y herramientas que se obtuvieron para las diferentes actividades programadas de mantenimiento.
3. Se determino que la gestión de mantenimiento con planificación basado en la metodología RCM mejoro la disponibilidad promedio de las 20 maquinas trenzadoras como se demuestra en los resultados del pre test: 91.13%; y el post test: 96.97%, un aumento de 6.08%. Esto se consiguió gracias al análisis de métodos de efectos y fallas (AMEF); el impacto de efecto de falla (NPR) de los activos investigados; el plan de mantenimiento con actividades correctivas de mejora, preventivas e inspecciones; y por la eficacia del cumplimiento del plan de mantenimiento a un 90.04%, Esta mejora fue de gran relevancia para el área de producción ya que permitió el aumento de la productividad.
4. En conclusión, la gestión de Mantto basado en la metodología RCM permitió mejorar la disponibilidad de las maquinas trenzadoras en una MYPE, evitando constantes paradas no planificadas y tiempos muertos en espera de repuestos e insumos para actividades preventivas y reparaciones inmediatas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la dirección general de la empresa y al encargado del área de mantenimiento seguir implementando planes de mantenimiento a las 109 maquinas trenzadoras del área de producción con el fin de tener una cobertura de la gestión de mantenimiento al 100%, ya que garantiza mejoras en la disponibilidad de los activos y a su vez mejora la productividad del área de producción.
2. Adquirir mayor conocimiento en otras metodologías como el mantenimiento productivo total (TPM) que permite unificar las áreas en un solo propósito, que es la de mejorar la productividad, usando indicador de eficiencia general de los equipos (OEE) que son producto de los cálculos de calidad, el rendimiento y la disponibilidad. Al cubrir el 100% de los activos en la empresa, adquirir conocimientos de software de mantenimiento actualizados para un mejor desempeño en la gestión de mantenimiento.
3. Es importante conservar la información de intervenciones de mantenimiento en los activos. Crear manuales operativos para el personal involucrado en la producción y en el mantenimiento de las maquinas trenzadoras, porque el 90% de las maquinas son uniformes y tienen el mismo funcionamiento.
4. Codificar el total de las maquinas de producción y desarrollar formatos de mantenimiento correctivos, preventivos e inspecciones para un mejor control en la gestión. Mejorar el pedido de insumos y repuestos con mayor control, creando formatos para optimizar la eficacia en la división de almacén.

REFERENCIAS

- ALARCÓN, B., 2020. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad Santa Elena [en línea], Ecuador, Guayaquil. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20080/1/UPS-GT003160.pdf>.
- ANTOS, K., PASKO, L. y GOLLA, A., 2019. The Use of Intelligent Systems to Support the Decision-Making Process in Lean Maintenance Management. IFAC-PapersOnLine [en línea], 52(10), 148–153. ISSN 2405-8963. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319308924?via%3Dihub>
- ARRASCUE, G., CABRERA, J., CHAVEZ, P., RAYMUNDO, C., y PEREZ, M., 2020. LEAN maintenance model based on change management allowing the reduction of delays in the production line of textile SMEs in Peru [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3yde7cR>
- BABAN, M., BABAN, C., y SUTEU, M., 2019. Maintenance Decision-Making Support for Textile Machines: A Knowledge-Based Approach Using Fuzzy Logic and Vibration Monitoring [en línea], Volume 7. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000475878000001>
- BANCAYAN, S., 2020. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad distrital de Vice. Tesis (Ingeniero Industrial). Piura: Universidad Cesar Vallejo del Perú. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70229/Bancayan_PS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BEKER, I., KESIĆ, I., RADLOVAČKI, V., DELIĆ, M., ŠEVIĆ, D., y MORAČA, S., 2017. Improvement of the maintenance management process of complex technical systems which demand high reliability [en línea]. Vol 24. Serbia. Disponible en: <https://bit.ly/3Oepnen>
- BRAGLIA, M., CASTELLANO, D. y GALLO, M., 2019. A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. Journal of Quality in Maintenance Engineering [en línea], 25(4), 612–634 ISSN 1355-2511. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>

- BURGOS, H. y PFLÜCKER, R., 2021. Mejora de la gestión del mantenimiento de las grúas tipo puente en el taller de construcciones navales del astillero SIMA Callao Perú [en línea]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657061>
- CÁRCEL CARRASCO, F., 2016. Características de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 5(3), 68-75 [en línea]. ISSN: 2254 – 4143 Disponible en: <http://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75>
- CARO MOLINA, C., 2018. Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en análisis de riesgo y confiabilidad para atracciones mecánicas [en línea] Medellín – Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69762>
- DÍAZ VILLAR, J., 2018. Implementación de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para los equipos mineros a cargo del área de mantenimiento de la empresa Minesa S.A.S. [en línea], Tesis (Ingeniero Mecánico). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín Colombia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5240>
- DRENT, C., KAPODISTRIA, S. y RESING, J., 2019. Condition-based maintenance policies under imperfect maintenance at scheduled and unscheduled opportunities [en línea]. Queueing Systems, vol. 93 (agosto de 2019), n.º 3-4, pp. 269–308. ISSN 1572-9443. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11134-019-09627-w>.
- DUFFUAA, S. y RAOUF, A., 2015. Planning and Control of Maintenance Systems [en línea]. Cham: Springer International Publishing. ISBN 9783319198026. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19803-3>.
- ERKOYUNCU, J., KHAN, S., LÓPEZ, A. y BUTLER, N., 2017. Perspectives on trading cost and availability for corrective maintenance at the equipment type level [en línea]. Volume 168, Japan & Brasil. Disponible en: <https://bit.ly/3O8c2Er>
- ERIKSEN, S., UTNE, I. y LÜTZEN, M., 2021. An RCM approach for assessing reliability challenges and maintenance needs of unmanned cargo ships. Reliability Engineering & System Safety [en línea]. 210, 107550, ISSN 0951-8320. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107550>

- ESPÍN BARAHONA, H., 2018. El RCM de los equipos del área húmeda y de acabados del cuero de la empresa tenería Díaz cía. Ltda. [en línea]. Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ingeniería En Sistemas Electrónica E Industrial. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28584>
- GABRIEL ORTEGA, J., 2017. Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. J. Selva Andina Res. Soc. [en línea]. vol.8, n.2, pp.155-156. ISSN 2072-9294. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942017000200008&lng=es&nrm=iso
- HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México [en línea]. ISBN 9781456260965. Disponible en: <https://bit.ly/3CUjWwW>
- HERRERA, M. y DUANY, Y., 2016. Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Ing. Ind. [online], vol.37, n.1 pp.2-13. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362016000100002&lang=es
- KU, S. y KIM, C., 2019. Development of a model for maintenance performance measurement [en línea]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 26 (mayo de 2019), n. ° 1, pp. 69–86. ISSN 1355-2511. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/jqme-07-2018-0060>.
- LOPES, I. y FIGUEIREDO, M., 2020. Criticality evaluation to support maintenance management of manufacturing systems [en línea], International Journal of Industrial Engineering and Management, volume 11, Portugal. Disponible en: <https://bit.ly/3Nc4mQ0>
- MEHMETI, Xh., MEHMETI, B. y SEJDIU, R., 2018. The equipment maintenance management in manufacturing enterprises [en línea], Volume 51, United States. Disponible en: <https://bit.ly/3Ot7B6X>
- MONTOYA GARCÍA, S., 2018. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Estructuras del Kafee [en línea]. Colombia: Pereira. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8460/6200046M798.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- MONTOYA, P., 2020. Propuesta de un programa de mejora continua para la optimización de la gestión de mantenimiento, implicación del personal y el incremento de la productividad de la empresa de transporte holding express service s.a. [en línea]. Escuela de postgrado Universidad Tecnológica del Perú Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4476>
- MOREIRA, A., SILVA, F., CORREIA, A. y PEREIRA, T., 2018. Cost reduction and quality improvements in the printing industry. Procedia Manufacturing [en línea], 17, 623–630. ISSN 2351-9789. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918312241>
- MURAD, C., MELANI, A., MICHALSKI, M., NETTO, C., SOUZA, G. y NABETA, S., 2020. A novel knowledge-based technique to evaluate the influence of O&M actions on maintenance management [en línea], N°2, Vol 11. Brasil. Disponible en: <https://bit.ly/3O1x6fl>
- MURTHY, D., KUMAR, U. y BEN-DAYA, B., 2016. Introduction to Maintenance Engineering: Modelling, Optimization and Management [en línea]. Wiley & Sons, Incorporated. ISBN 9781118926598. Disponible en: <https://lccn.loc.gov/2015036759>
- OTERO, J., TORRES, R. y MAGAÑA, D., 2010. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación [en línea], 25(1), 15-26. ISSN: 0186-6036. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
- PACHECO ACOSTA, M. y SERRANO SANABRIA, A., 2019. Implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad en el departamento eléctrico de la central geotérmica de Berlín. Tesis (Magíster en Gerencia de Mantenimiento Industrial) [en línea]. Cuscatlán El Salvador : Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11715/2053>
- PALOMINO, A., TOKUMORI, M., CASTRO, P. y RAYMUNDO, C., 2019. TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector [en línea], Vol 796. Disponible en: <https://bit.ly/3tPy1YE>
- PINTO, G., SILVA, F., BAPTISTA, A. y FERNANDES, N., 2020. TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study [en línea]. Volumen 51. Greece. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920320606>

- RAMOS SPARROW, J., 2017. Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal drill S.A.C. [en línea], Trujillo Perú, Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10142>
- RAMIREZ, J. y MORENO, H., 2017. Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012 [en línea], Bogotá – Colombia. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/7854>
- SAJARADJ, Z., NURUL, L. y SINULINGGA, S., 2019. The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea], 505, 012058, ISSN 1757-899X. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/505/1/012058>
- SALAS, R., 2020. Propuesta del plan de mantenimiento en el taller de maquinaria pesada de la empresa minera Castor, Tesis (Bachiller en Ingeniería Mecánica) [en línea], Arequipa: Universidad Continental. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8683/4/IV_FIN_111_TI_Salas_Aguilar_2020.pdf
- SELCUK, S., 2016. Predictive maintenance, its implementation and latest trends. [en línea], Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, vol. 231, n.º 9, pp. 1670–1679. ISSN 2041-2975. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0954405415601640>
- SETIAWAN, D., JUSOLIHUN, N. y CAHYO, W., 2019. Maintenance system design on air jet loom (AJL) machine using reliability centered maintenance (RCM) method [en línea], Vol. 673. Indonesia. Disponible en: <https://bit.ly/3n0Lljz>
- SIFONTE, J. y REYES, J., 2017. Reliability Centered Maintenance-Reengineered [en línea], Boca Raton, FL : CRC Press, 2017.: Productivity Press, ISBN 9781315207179. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9781315207179>
- SOARES, E., DASILVA, I. y PHINEIRO, J., 2021. Methodology to Support Maintenance Management for the Identification and Analysis of the Degradation of Equipment Reliability [en línea], 1ra ed. Portugal. Disponible en: <https://bit.ly/3n2R3H2>

- SUPRIYANTO, H., KURNIATI, N. y SUPRIYANTO, M., 2021. Maintenance Performance Evaluation of an RCM Implementation: A Functional Oriented Case Study [en línea], vol. 10. Indonesia. Disponible en: <https://bit.ly/3y5tC6y>
- TOLENTINO, R., TOLEDO, M., TOLENTINO, G. y CAMPOS, O., 2019. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica [en línea], 23(1), 51-59. ISSN: 1665-0654. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>
- UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO fondo editorial, 2017. Referencias estilo ISO 690 y 690-2. Adaptacion de la norma de la International Organization for Standardization (ISO). Perú.
- UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO Vicerrectorado de Investigación, 2020. Código de Ética en Investigación. Perú.
- URREGO, J., 2017. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa cimentaciones de Colombia Ltda. [en línea], Repository. Usta. Edu. Co, 135. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/11685>
- VALVERDE, A. y LLONTOP, H., 2020. Propuesta de mejora en la optimización de la gestión de mantenimiento según el estándar PMI en el área de ingeniería de aplicaciones de media en la empresa de Telecomunicaciones [en línea]. Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3521>
- VERELLEN, T., VERBELEN, F., STECKEL, J. y STOCKMAN, K., 2021. Beamforming Applied to Ultrasound Analysis in Detection of Bearing Defects. Sensors [en línea], 21(20), 6803. ISSN 1424-8220. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s21206803>
- VIVEROS, P., MENA, R. y ZIO, E., 2020. Optimal Grouping and Scheduling of Preventive Maintenance Activities. En: Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL) [en línea]. Singapore: Research Publishing Services. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3850/978-981-14-8593-0_5750-cd

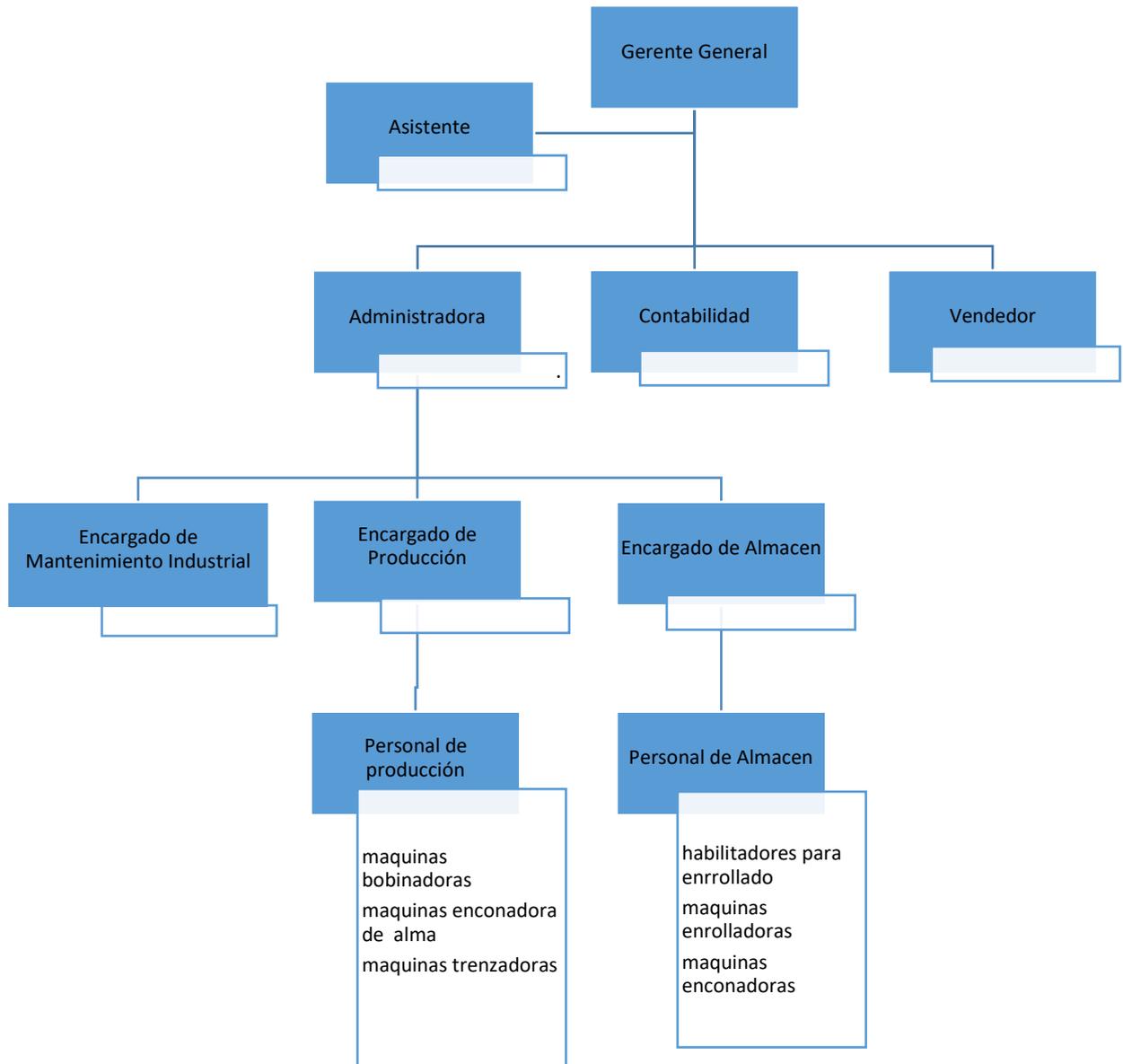
WERNER, A., ZIMMERMANN, N. y LENTES, J., 2019. Approach for a Holistic Predictive Maintenance Strategy by Incorporating a Digital Twin [en línea], volume 39. USA. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920303292>

ZABALA, M., 2017. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FGWILSON P- 300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos zona Bucay [en línea], Riobamba Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7528>

ZENG, P., SHAO, W. y HAO, Y., 2021. Study on preventive maintenance strategies of filling equipment based on reliability-cantered maintenance [en línea], volume 28, China. Disponible en: <https://bit.ly/3N4M2Zb>

ANEXOS

Anexo 1 Organigrama de la MYPE textil



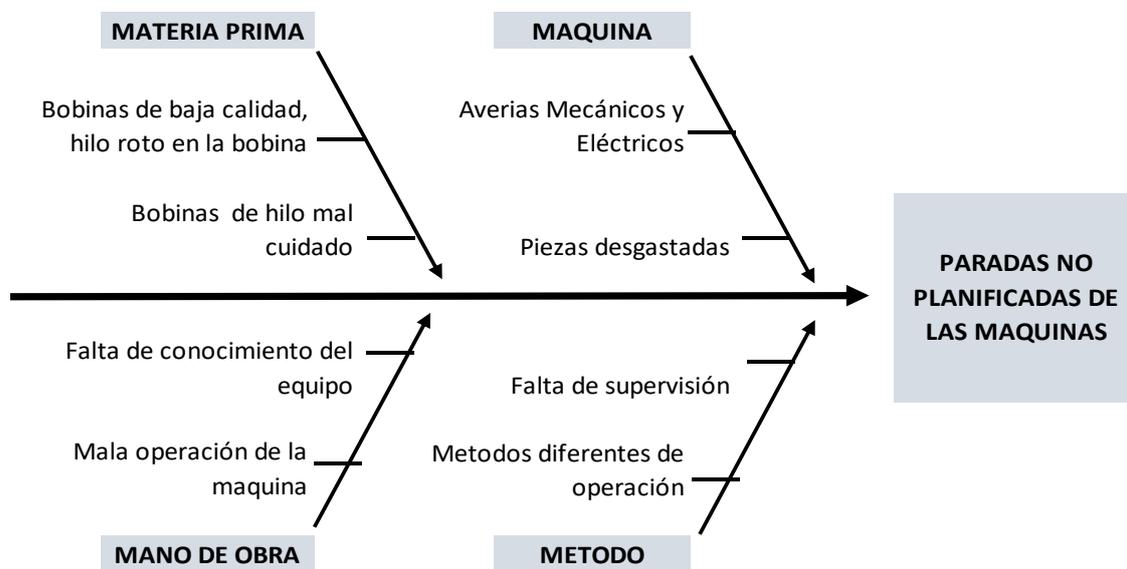
Fuente: elaboración propia

Anexo 2 Tabla de Priorización de Problemas

Lista De Problemas	Frecuencias Total	Importancia Total	Factibilidad Total	Puntaje Total	%	Prioridad
Productos defectuosos	23	20	19	62	15.7%	2
Desorganización en la producción	17	15	24	56	14.1%	6
Entregas de pedidos a destiempo	18	22	20	60	15.2%	3
Lugares de trabajo mal diseñado	11	16	15	42	10.6%	7
Escasez de operarios	19	17	23	59	14.9%	4
Constante paradas de máquinas no planificadas	22	21	21	64	16.2%	1
Materia prima maltratado	19	21	18	58	14.6%	5

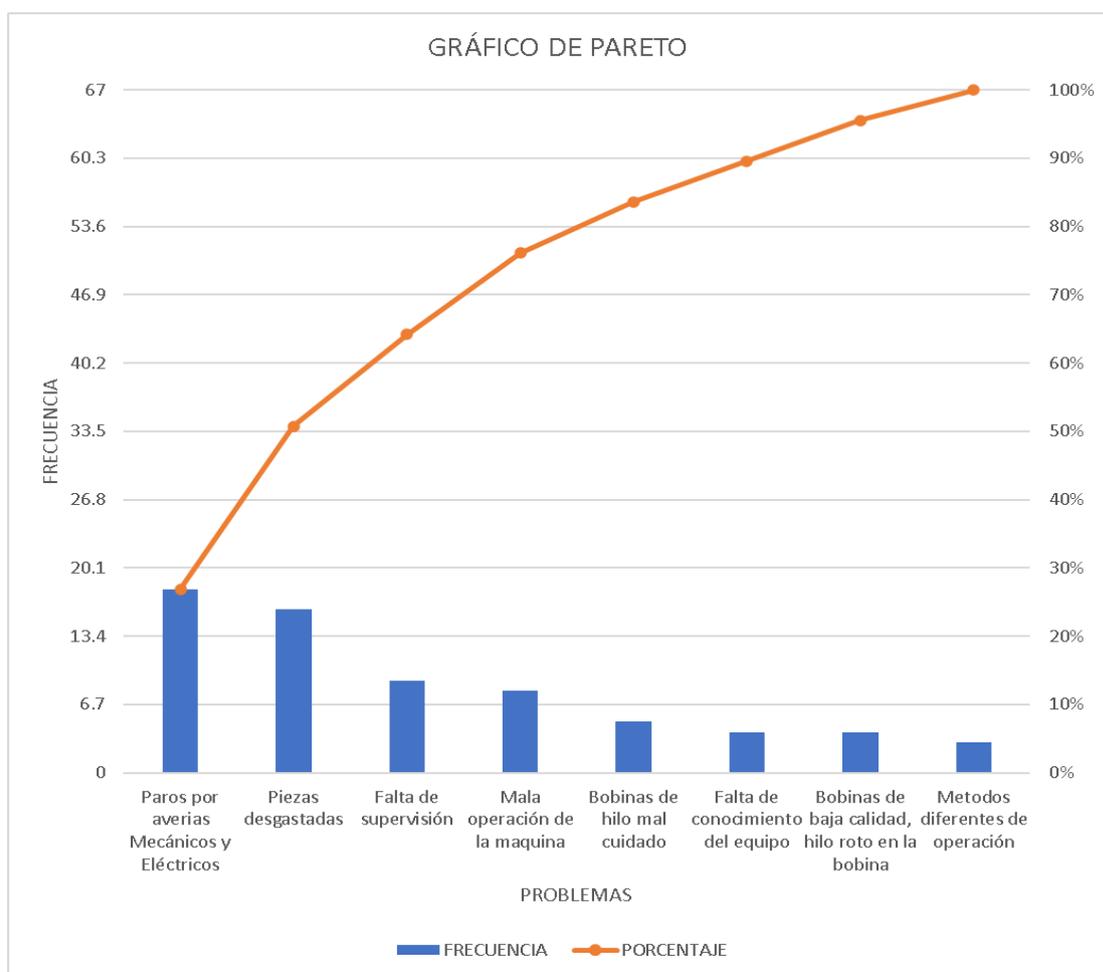
Fuente: elaboración propia

Anexo 3 Diagrama de Hishikawa



Fuente: elaboración propia

Anexo 4 Gráfico de Pareto



Fuente: elaboración propia

Anexo 5 Tabla de frecuencia de causas

CAUSAS QUE ORIGINAN LAS PARADAS NO PLANIFICADAS	FRECUENCIA	TOTAL ACUMULADO	COMPOCISIÓN PORCENTUAL	PORCENTAJE ACUMULADO
Paros por averías Mecánicas y Eléctricos	18	18	27%	27%
Piezas desgastadas	16	34	24%	51%
Falta de supervisión	9	43	13%	64%
Mala operación de la maquina	8	51	12%	76%
Bobinas de hilo mal cuidado	5	56	7%	84%
Falta de conocimiento del equipo	4	60	6%	90%
Bobinas de baja calidad, hilo roto en la bobina	4	64	6%	96%
Metodos diferentes de operación	3	67	4%	100%
TOTAL	67		100%	

Fuente: elaboración propia

Anexo 6 Matriz de consistencia

Titulo: Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú 2022									
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMULAS	ESCALA DE LOS INDICADORES	TÉCNICA E INSTRUMENTO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General							
¿En qué medida la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú?	Determinar como la gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú.	La gestión de mantenimiento mejora la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú.	Independiente: Gestión de Mantenimiento	La gestión del mantenimiento es un conjunto de actividades de planificación, organización y control de las operaciones de mantenimiento que tienen el objetivo de mantener la capacidad de los equipos e instalaciones industriales; de continuar funcionando correctamente o en una condición lista para usar (SETIAWAN et al., 2019).	Impacto de Efecto de falla	Numero de prioridad de riesgo (NPR)	$NPR = D \times S \times O$ Donde: NPR: Numero de Prioridad de Riesgo D : Detectabilidad S : Severidad O : Ocurrencia	Razón	Observación / Ficha de registro
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos					Plan de mantenimiento preventivo / correctivo		
¿En qué medida la gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú?	Determinar en qué medida la gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú.	La gestión de mantenimiento aumenta el tiempo medio entre fallas de la línea de producción de una MYPE textil en Perú	Dependiente: Disponibilidad	Según ERKOYUNCU et al. (2017) "la disponibilidad es la probabilidad de que el sistema o equipo utilizado en las condiciones establecidas se encuentre en un estado operativo y comprometible en un momento dado"	Fiabilidad	Tiempo medio entre fallas	$\frac{MTBF}{\text{Horas de operación}} = \frac{\text{Numero Total de fallas}}{\text{Mean Time Between Failures}}$ tiempo medio entre fallas	Razón	Observación / Ficha de registro
¿En qué medida la gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú?	Determinar en qué medida la gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú.	La gestión de mantenimiento reduce el tiempo medio para reparar la línea de producción de una MYPE textil en Perú.			Mantenibilidad	Tiempo medio para reparar	$\frac{MTTR}{\text{Numero Total de fallas}} = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Mean Time To Repair}}$ tiempo medio para reparar	Razón	Observación / Ficha de registro

Anexo 7 Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE UNIDADES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
Independiente: Gestión de Mantenimiento	La gestión del mantenimiento es un conjunto de actividades de planificación, organización y control de las operaciones de mantenimiento que tienen el objetivo de mantener la capacidad de los equipos e instalaciones industriales; de continuar funcionando correctamente o en una condición lista para usar (SETIAWAN et al., 2019).	Impacto de Efecto de falla	es un método de análisis de confiabilidad destinado a identificar fallas que afectan el funcionamiento de un sistema y permitir establecer prioridades de acción. Tolentino Eslava et al., 2019	$NPR = D \times S \times O$ Donde: NPR: Numero de Prioridad de Riesgo D : Detectabilidad S : Severidad O : Ocurrencia	Razón
		Plan de mantenimiento preventivo / correctivo	Para Duffuaa et al., (2015) un plan de mantenimiento es una lista que asigna tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos.	$\text{Cumplimiento del PM} = \frac{ToPMe}{ToPMp}$ ToPMe: Total de OT del PM ejecutados ToPMp: Total de OT del PM programados	Razón
Dependiente: Disponibilidad	Según ERKOYUNCU et al. (2017) “la disponibilidad es la probabilidad de que el sistema o equipo utilizado en las condiciones establecidas se encuentre en un estado operativo y comprometible en un momento dado”	Fiabilidad	MOREIRA, A. et al (2018) define al MTBF, como su nombre lo indica, es el tiempo promedio entre que ocurre una falla, desde la última falla	$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ Mean Time Between Failures tiempo medio entre fallas	Razón
		Mantenibilidad	MOREIRA, A. et al (2018) indica que el MTTR se utiliza para evaluar el desempeño de las actividades de mantenimiento	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ Mean Time To Repair tiempo medio para reparar	Razón

Anexo 8 Tabla. *evaluación de criticidad para la obtención de la muestra*

Matriz de análisis de criticidad de activos por proceso productivo										
Área	Driza	Activos	Operación	Mantto	Producción	Seguridad	Probabilidad	Total, Puntaje	Nivel	Estado
Producción de Sogas	1"	3 máq.	4	4	4	2	3	42	1	Critico
	3/4"	3 máq.	4	4	4	2	3	42	2	Critico
	5/8"	6 máq.	4	4	4	2	3	42	3	Critico
	1/2"	8 máq.	4	4	4	2	3	42	4	Critico
	7/16"	2 máq.	3	3	3	2	3	33	5	Semi Critico
	3/8"	7 máq.	3	3	3	1	3	30	6	Semi Critico
	5/16"	12 máq.	3	3	2	1	3	27	7	Semi Critico
	1/4"	10 máq.	3	3	2	1	3	27	8	Semi Critico
	3/16"	11 máq.	2	2	2	1	3	21	9	No Critico
	5/32"	20 máq.	2	2	1	1	3	18	10	No Critico
	1/8"	47 máq.	2	2	1	1	3	18	11	No Critico

Fuente: elaboración propia

Anexo 9 Tabla. *Criterios de selección de máquinas para la muestra por la capacidad de producción*

Producción de sogas	numero de máquinas empleadas	Cantidad de producción (Kg)	capacidad de producción por medida (%)	capacidad de producción por maquina (%)
1 pulgada	3	150	8%	2.7%
3/4 pulgada	3	140	8%	2.5%
5/8 pulgada	6	150	8%	1.3%
1/2 pulgada	8	300	16%	2.0%
7/16 pulgada	2	80	4%	2.2%
3/8 pulgada	7	196	11%	1.5%
5/16 pulgada	12	290	16%	1.3%
1/4 pulgada	10	200	11%	1.1%
3/16 pulgada	11	132	7%	0.6%
5/32 pulgada	20	100	5%	0.3%
1/8 pulgada	47	120	6%	0.1%
	129	1858	100.00%	

Fuente: *elaboración propia*

Anexo 10 Tabla. Datos semanales de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad promedio (Pretest)

Semana	Nº total de reparaciones (und)	Tiempo total de reparación (Hr)	Tiempo total útil de trabajo (Hr)	MTTR	MTBF	Disponibilidad
1	20	122	1218	6.100	60.900	0.909
2	16	130	1210	8.125	75.625	0.903
3	15	113	1227	7.533	81.800	0.916
4	18	108	1232	6.000	68.444	0.919
5	19	107	1233	5.632	64.895	0.920
6	17	126	1214	7.412	71.412	0.906
7	16	129	1211	8.063	75.688	0.904
8	20	115	1225	5.750	61.250	0.914
9	15	127	1213	8.467	80.867	0.905
10	15	114	1226	7.600	81.733	0.915
11	14	127	1213	9.071	86.643	0.905
12	19	133	1207	7.000	63.526	0.901
13	16	112	1228	7.000	76.750	0.916
14	20	117	1223	5.850	61.150	0.913
15	21	132	1208	6.286	57.524	0.901
16	18	109	1231	6.056	68.389	0.919
17	15	100	1240	6.667	82.667	0.925
				6.98	71.72	91.12%

Fuente: elaboración propia

Anexo 11 Tabla. Cuadro de codificación de activos de investigación (muestra)

N.º	Activos	Abreviatura	Código
1	Maquina Trenzadora	MT	MT-01
2	Maquina Trenzadora	MT	MT-02
3	Maquina Trenzadora	MT	MT-03
4	Maquina Trenzadora	MT	MT-04
5	Maquina Trenzadora	MT	MT-05
6	Maquina Trenzadora	MT	MT-06
7	Maquina Trenzadora	MT	MT-07
8	Maquina Trenzadora	MT	MT-08
9	Maquina Trenzadora	MT	MT-09
10	Maquina Trenzadora	MT	MT-10
11	Maquina Trenzadora	MT	MT-11
12	Maquina Trenzadora	MT	MT-12
13	Maquina Trenzadora	MT	MT-13
14	Maquina Trenzadora	MT	MT-14
15	Maquina Trenzadora	MT	MT-15
16	Maquina Trenzadora	MT	MT-16
17	Maquina Trenzadora	MT	MT-17
18	Maquina Trenzadora	MT	MT-18
19	Maquina Trenzadora	MT	MT-19
20	Maquina Trenzadora	MT	MT-20

Fuente: elaboración propia

Anexo 12 Tabla. Criticidad de modos de falla en el sistema eléctrico y mecánico.

Sistema	Modos de Falla	Detectabilidad	Severidad	Ocurrencia	NPR
Sistema Eléctrico	Transformador de control defectuoso	4	1	1	4
	Contactador deteriorado	3	4	4	48
	Pulsadores deteriorados	3	2	2	12
	Guardamotor defectuoso o regulación sobredimensionada	2	1	1	2
	Llave de fuerza principal deteriorado o sobredimensionado	2	1	1	2
	Limitador de corriente sobredimensionado	3	2	2	12
	Cable de energizado roto	3	1	1	3
	Rodamientos interiores defectuosos	3	3	4	36
	Bobinado cortocircuitado	4	1	1	4
	Rotura / desgaste de piñón de movimiento	3	2	2	12
Sistema mecánico	Rotura por pernos de platinas sin ajuste	4	1	1	4
	Rotura de cojinetes por desgaste y deterioro	3	4	4	48
	Rotura por fuentes externas (pernos, sogas, tijeras, etc.)	4	1	1	4
	Atascamiento por restos de hilachas en las guías de los husos	3	3	4	36
	Rotura de piñón por atascamiento por la soga que produce	4	1	1	4
	Desgaste de piñón de salida	4	4	3	48
	Rotura de guía por desgaste y deterioro	4	2	2	16

Fuente: elaboración propia

Anexo 13 Tabla. Plan de mantenimiento preventivo (actividades preventivas de operación).

Actividad año 2022	Junio		Julio				Agosto					Septiembre				Octubre	
	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM6	SEM7	SEM8	SEM9	SEM10	SEM11	SEM12	SEM13	SEM14	SEM15	SEM16	SEM17
Cambio de cojinetes de nylon	mt01 mt02	mt03	mt04	mt05	mt06	mt07	mt08 mt09	mt10	mt11	mt12	mt13 mt14	mt15	mt16	mt17	mt18	mt19	mt20
Cambio de contactor			mt03	mt04		mt05	mt06	mt08	mt09	mt10		mt12	mt13		mt15	mt16	
Cambio de piñón de salida	mt02	mt05		mt08	mt09	mt10		mt12	mt13		mt15			mt17			mt20
Cambio de rodamientos a motor principal		mt2 mt3	mt4 mt5	mt6				mt7	mt11			mt14 mt15			mt16	mt19 mt20	
Cambio de pulsadores deteriorados					mt2					mt4			mt12	mt15	mt16		mt17 mt19
Reajuste de limitador de corriente	mt1				mt08	mt09	mt10			mt12	mt13		mt17	mt18			

Fuente: elaboración propia

Anexo 14 Tabla de Detalle de datos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad promedio (*Post-test*)

Semana	N.º total de Mantto Preventivo	N.º total de Mantto Reactivo	Tiempo total de reparación (Hr)	Tiempo total útil de trabajo (Hr)	MTTR	MTBF	Disponibilidad
1	4	4	44	1296	5.500	162.000	0.967
2	4	6	59	1269	5.900	126.900	0.956
3	4	5	55	1285	6.111	142.778	0.959
4	4	5	53	1287	5.889	143.000	0.960
5	4	5	49	1291	5.444	143.444	0.963
6	4	3	27	1295	3.857	185.000	0.980
7	4	3	43	1291	6.143	184.429	0.968
8	4	1	27	1313	5.400	262.600	0.980
9	4	4	52	1288	6.500	161.000	0.961
10	4	2	24	1316	4.000	219.333	0.982
11	4	3	39	1289	5.571	184.143	0.971
12	4	4	47	1293	5.875	161.625	0.965
13	4	3	45	1295	6.429	185.000	0.966
14	4	3	39	1301	5.571	185.857	0.971
15	4	3	37	1303	5.286	186.143	0.972
16	4	1	25	1318	5.000	263.600	0.981
17	4	1	23	1317	4.600	263.400	0.983
					5.48	185.90	0.970

Fuente: elaboración propia

Anexo 15 Tabla. Criticidad de modos de falla en el sistema eléctrico y mecánico.
Post test

Sistema	Modos de Falla	Detectabilidad	Severidad	Ocurrencia	NPR
Sistema Eléctrico	Transformador de control defectuoso	4	1	1	4
	Contactador deteriorado	3	4	1	12
	Pulsadores deteriorados	3	2	2	12
	Guardamotor defectuoso o regulación sobredimensionada	2	1	1	2
	Llave de fuerza principal deteriorado o sobredimensionado	2	1	1	2
	Limitador de corriente sobredimensionado	3	2	2	12
	Cable de energizado roto	3	1	1	3
	Rodamientos interiores defectuosos	3	3	1	9
	Bobinado cortocircuitado	4	1	1	4
	Rotura / desgaste de piñón de movimiento	3	2	2	12
Sistema mecánico	Rotura por pernos de platinas sin ajuste	4	1	1	4
	Rotura de cojinetes por desgaste y deterioro	3	4	1	12
	Rotura por fuentes externas (pernos, sogas, tijeras, etc.)	4	1	1	4
	Atascamiento por restos de hilachas en las guías de los husos	3	3	2	18
	Rotura de piñón por atascamiento por la soga que produce	4	1	1	4
	Desgaste de piñón de salida	4	4	1	16
	Rotura de guía por desgaste y deterioro	4	2	2	16

Fuente: elaboración propia

Anexo 16 Diagrama de análisis de proceso de cambio de contactor en (pre-test)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
EMPRESA:					FECHA: 13 / 04 / 2022				
PLANTA: ÁREA DE PRODUCCIÓN DE SOGAS Y DRIZAS					OBSERVADOR: EDSON I. INGA VÁSQUEZ				
PROCESO: REPARACIÓN DE TRENZADORA DE 2 MOTORES (CAMBIO DE CONTACTOR)									
RESUMEN	METD. ACT.	M	DIFERENCIA		METD. ACT.	X			
Operaciones ●	7				METD. MEJ.				
Transporte →	1				INICIO:				
Inspección ■	3				TERMINO:				
Almacenaje ▼	1				ESTUDIO	HOMBRE	MAQUINA		
Demora D	2				CROQUIS				
TOTAL:	14				DIBUJOS				
Distancia Total:					PLANOS				
Tiempo Total: 287.5 minutos					CANTIDAD				
N°	DESCRIPCIÓN	●	→	■	▼	D	DIST	MINT	OBSERVAC.
01	Abrir tablero de control y desenergizado general	●						0.5	C/ llave
02	Revisión de placa de la maquina trenzadora			■				0.5	Ver el año
03	Revisión de diferentes elementos eléctricos			■				10	
04	Desmontaje de contactor principal malogrado	●						2	
05	Encintado de protección a terminales expuestos	●						1	
06	Energizado y puesta en marcha para un motor	●						0.5	
07	Trasladarse a oficinas		→					5	
08	Requerir y búsqueda en oficina por la administradora							5	
09	Espera de compra de un nuevo contactor							240	
10	Recepción del contactor nuevo							10	
11	Abrir tablero de control y desenergizado general	●						0.5	C/ llave
12	Instalación y conexión de contactor nuevo	●						2	
13	Energizado y puesta en marcha para dos motores	●						0.5	
14	Inspección de prueba de funcionamiento			■				10	
Tiempo total en minutos								287.5 minutos	

Fuente: elaboración propia

Anexo 17 Diagrama de análisis de proceso de cambio de contactor (post-test)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO										
EMPRESA:					FECHA: 26-07-2022					
PLANTA: AREA DE PRODUCCIÓN DE SOGAS Y DRIZAS					OBSERVADOR: EDSON I. INGA VÁSQUEZ					
PROCESO: OT. DE MANTTO PREVENTIVO MAQUINA MAT 05 (CAMBIO DE CONTACTOR)										
RESUMEN	METD. ACTUAL	METD. MEJORADO	DIFERENCIA		METD. ACT.					
Operaciones ●	7	4	3		METD. MEJ.	X				
Transporte →	1	1	0		INICIO:					
Inspección ■	3	1	2		TERMINO:					
Almacenaje ▼	1	0	1		ESTUDIO	HOMBRE	MAQUINA			
Demora D	2	1	1		CROQUIS					
TOTAL:	14	7	7		DIBUJOS					
Distancia Total:					PLANOS					
Tiempo Total: 25 minutos					CANTIDAD					
N°	DESCRIPCIÓN		●	→	■	▼	D	DIST	MIN T	OBSERV.
08	Requerir contactor en almacén de repuestos								5	
07	Trasladarse a máquina E-0123								5	
01	Abrir tablero de control y desenergizado general								0.5	C/ llave
04	Desmontaje de contactor principal a cambiar								2	
12	Instalación y conexión de contactor nuevo								2	
13	Energizado y puesta en marcha para dos motores								0.5	
14	Inspección de prueba de funcionamiento								10	
Tiempo total en minutos									25 minutos	

Fuente: elaboración propia

Anexo 18 Validación del Instrumento



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor:

MBA. Malca Hernández, Alexander David

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Este, promoción 2022, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar la investigación.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú 2022" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresando mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Edson Ignacio Inga Vásquez

DNI: 45916485

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE /DIMENSION	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
Dimensión 1: Impacto de Efecto de Falla $NPR = D \times S \times O$ Donde: NPR: Numero de Prioridad de Riesgo D : Detectabilidad S : Severidad O : Ocurrencia	X		X		X		
Dimensión 2: Cumplimiento del Plan de Mantenimiento $\text{Cumplimiento del PM} = \frac{ToPMe}{ToPMp}$ Donde: ToPMe: Total de OT del PM ejecutados ToPMp: Total de OT del PM programados	X		X		X		

 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: **MBA. Malca Hernández, Alexander David**

 DNI: **096789.36**

 Especialidad del validador: **Magister en Planeamiento y Gestión**

Viernes, 18 de noviembre del 2022

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: 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 LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE /DIMENSION	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD							
Dimensión 1: Confiabilidad $MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ MTBF: Mean Time Between Failures (tiempo medio entre fallas)	X		X		X		
Dimensión 2: Mantenibilidad $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ MTTR: Mean Time To Repair (tiempo medio para reparar)	X		X		X		

 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: **MBA. Malca Hernández, Alexander David**

 DNI: **09678936**

 Especialidad del validador: **Magister en Planeamiento y Gestión**

Viernes, 18 de noviembre del 2022

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: 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

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor:

Mgtr. Fahsbender Cespedes, Severin Augusto

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Este, promoción 2022, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar la investigación.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú 2022" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresando mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Edson Ignacio Inga Vásquez

DNI: 45916485

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE /DIMENSION	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
Dimensión 1: Impacto de Efecto de Falla $NPR = D \times S \times O$ Donde: NPR: Numero de Prioridad de Riesgo D : Detectabilidad S : Severidad O : Ocurrencia	X		X		X		
Dimensión 2: Cumplimiento del Plan de Mantenimiento $\text{Cumplimiento del PM} = \frac{ToPMe}{ToPMp}$ Donde: ToPMe: Total de OT del PM ejecutados ToPMp: Total de OT del PM programados	X		X		X		

 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: **Mgtr. Fahsbender Cespedes, Severin Augusto**

DNI: 02644838

 Especialidad del validador: **Ingeniero Industrial**

Viernes, 08 de noviembre del 2022

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: 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


Mg. Severin Fahsbender Cespedes
 CIP N° 32560

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE /DIMENSION	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD							
Dimensión 1: Confiabilidad $MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ MTBF: Mean Time Between Failures (tiempo medio entre fallas)	X		X		X		
Dimensión 2: Mantenibilidad $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Numero Total de fallas}}$ MTTR: Mean Time To Repair (tiempo medio para reparar)	X		X		X		

 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: **Mgtr. Fahsbender Cespedes, Severin Augusto**

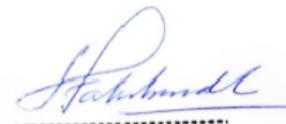
DNI: 02644838

 Especialidad del validador: **Ingeniero Industrial**

Viernes, 08 de noviembre del 2022

- ¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: 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



Mgtr. Severin Fahsbender Cespedes
 CIP N° 32560

Firma del Experto Informante



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MALCA HERNANDEZ ALEXANDER DAVID, 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: "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en la línea de producción de una MYPE textil en Perú 2022", cuyo autor es INGA VASQUEZ EDSON IGNACIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, 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, 10 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MALCA HERNANDEZ ALEXANDER DAVID DNI: 09678936 ORCID: 0000-0001-9843-7582	Firmado electrónicamente por: AMALCAH el 16-12- 2022 10:06:09

Código documento Trilce: TRI - 0481809