

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA**



**“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE
EQUIPOS LANZADORES DE SHOTCRETE EN UNA MINERA,
AYACUCHO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

AUTOR

PEDRO EDWIN BOCANEGRA SOLORZANO

ASESOR

Dr. ABEL TAPIA DIAZ

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	12. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PEDRO COCANEGRA.pdf (D174124406)
Submitted	9/18/2023 9:38:00 PM
Submitted by	UNIDAD DE POSGRADO FIME 2023
Submitter email	fime.posgrado@unac.edu.pe
Similarity	20%
Analysis address	fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / 17. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION (MANUEL BOZZO).pdf Document 17. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION (MANUEL BOZZO).pdf (D174124411) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	2
SA	Universidad Nacional del Callao / 10. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIFGACION Carlos Dolmos_& Luis Barrantes_ Levantamiento de observaciones (1).pdf Document 10. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIFGACION Carlos Dolmos_& Luis Barrantes_ Levantamiento de observaciones (1).pdf (D174124404) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	1
SA	Universidad Nacional del Callao / 8. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION WILSON - JARVIK REV FINAL.pdf Document 8. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION WILSON -JARVIK REV FINAL.pdf (D174124401) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	4
SA	Universidad Nacional del Callao / 19. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION MIGUEL CUEVA rev 4.pdf Document 19. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION MIGUEL CUEVA rev 4.pdf (D174124393) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	5
SA	Universidad Nacional del Callao / 15. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION DURAND - GRANDEZ levantamiento de observaciones.pdf Document 15. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION DURAND - GRANDEZ levantamiento de observaciones.pdf (D174124409) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	12
SA	06 T2_TALLER DE TESIS 2_RUIZ VASQUEZ HUGO.docx Document 06 T2_TALLER DE TESIS 2_RUIZ VASQUEZ HUGO.docx (D136788845)	3
SA	Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx Document Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx (D140697098)	8
W	URL: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/8532/1/Modelo_mantenimiento_centrado_en_confabi... Fetched: 9/18/2023 9:39:00 PM	2
W	URL: https://www.proquest.com/docview/2472669173/A81D6895FC864304PQ/3 Fetched: 9/18/2023 9:39:00 PM	3



INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

TÍTULO: “Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos Lanzadores de Shotcrete en una Minera Ayacucho”

AUTOR: Pedro Edwin Bocanegra Solorzano.

DNI: 44524691

ASESOR: Dr. Abel Tapia Diaz.

CODIGO ORCID: 0000-0003-3367-3490

DNI: 43129152

LUGAR DE EJECUCIÓN: Ayacucho

UNIDAD DE ANÁLISIS: Equipos Lanzadores de SHOTCRETE

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Tipo de Investigación Aplicada / Enfoque Cuantitativo / Diseño es de Investigación Experimental.

TEMA OCDE: Ingeniería, Tecnología

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Dr. PABLO GODOFREDO ARELLANO UBILLUZ: PRESIDENTE

MG. JUAN ADOLFO BRAVO FÉLIX : SECRETARIO

MG. JUAN GUILLERMO MANCCO PEREZ : MIEMBRO

MG. YOLANDA ROSA AVALOS SIGÜENZA : MIEMBRO

DR. ABEL TAPIA DIAZ. : ASESOR

N° DE LIBRO DE SUSTENTACIÓN: 01 FOLIO N° 76-77

N° DE ACTA DE SUSTENTACIÓN: 006-2023-ICTT/UPG

FECHA DE APROBACIÓN DE TESIS: 22 DE OCTUBRE 2023

DEDICATORIA

A mi familia por inculcarme valores desde
joven para orientar mis pasos a mi futuro
profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme y darme fuerza para lograr mis objetivos.

A los docentes de la Universidad Nacional del Callao por su paciencia y apoyo incondicional para mi carrera profesional

A mis padres por inculcarme valores desde joven para orientar mis pasos a mi futuro profesional

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	5
RESUMEN	6
RESUMO	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos	10
1.4. Justificación	11
1.5. Delimitantes de la investigación	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Bases teóricas	20
2.2.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad	20
2.3. Marco Conceptual	23
2.4. Definición de términos básicos	29
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
3.1. Hipótesis	30
3.1.1 Operacionalización de variable	31
<u>3.1.2 Operacionalización de la variable 2 (Dependiente)</u>	32
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	33
4.1. Diseño metodológico	33
4.2. Método de investigación	34
4.3. Población y muestra	34
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	34

4.5. Técnicas e instrumentos	35
4.6. Análisis y procesamiento de datos	36
4.7. Aspectos éticos en investigación	40
V. RESULTADOS	41
5.1. Resultados descriptivos	41
5.2. Resultados inferenciales	50
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	53
6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares	57
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	58
VII. CONCLUSIONES	59
VIII. RECOMENDACIONES	60
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
ANEXOS	66
Anexo 1: Matriz de consistencia	67
Anexo 2: Instrumento: Checklist de robot lanzador	68
Anexo 3: Instrumento: Reporte de mantenimiento	70
Anexo 4: Base de datos	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE 1.....	31
TABLA 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE 2.....	32
TABLA 4.1 ANÁLISIS DE PARETO DEL NÚMERO DE FALLAS DE LOS SISTEMAS DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE DE LANZADO DE SHOTCRETE.....	38
TABLA 5.1 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ANTES DE LA MEJORA. ..	41
TABLA 5.2 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DESPUÉS DE LA MEJORA.	41
TABLA 5.3 COMPARATIVO DE MEDIAS DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	43
TABLA 5.4 ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE LA DISPONIBILIDAD.	45
TABLA 5.5 ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DEL MTBF.....	47
TABLA 5.6 ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DEL MTBF.....	49
TABLA 5.7 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA CON SHAPIRO WILK.....	50
TABLA 5.8 PRUEBA DE NORMALIDAD DEL TIEMPO ENTRE FALLAS (MTBF) CON SHAPIRO WILK.....	51
TABLA 5.9 PRUEBA DE NORMALIDAD DEL TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR) CON SHAPIRO WILK	52
TABLA 6.1 COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LA DISPONIBILIDAD ANTES Y DESPUÉS CON T – STUDENT	53
TABLA 6.2 PRUEBA T-STUDENT COMPARACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD (D).....	54
TABLA 6.3 COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS ANTES Y DESPUÉS CON T – STUDENT	55
TABLA 6.4 PRUEBA T-STUDENT COMPARACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)	55
TABLA 6.5 COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL TIEMPO MEDIO PARA REPARAR ANTES Y DESPUÉS CON T – STUDENT.....	56
TABLA 6.6 PRUEBA T-STUDENT COMPARACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR).....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 ESTRUCTURA DE PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	21
FIGURA 2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO RCM	21
FIGURA 4.1 CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE LOS EQUIPOS LANZADORES DE SHOTCRETE	39
FIGURA 5.1 DISPONIBILIDAD ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	42
FIGURA 5.2 MTBF ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	42
FIGURA 5.3 MTTR ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	43
FIGURA 5.4 COMPARATIVO DE MEDIAS DE LA DISPONIBILIDAD ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	44
FIGURA 5.5 COMPARATIVO DE MEDIAS DEL MTBF ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	46
FIGURA 5.6 COMPARATIVO DE MEDIAS MTTR ANTES DE LA APLICACIÓN DEL RCM Y DESPUÉS DE APLICAR EL RCM	48

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

D: DISPONIBILIDAD MECÁNICA

MTBF: TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS

MTTR: TIEMPO PROMEDIO EN REPARACIÓN

RCM: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

RESUMEN

La presente investigación titulada Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOCRETE en una Minera, Ayacucho, tiene como objetivo principal determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho. Para lo cual se planteó como problema general: ¿De qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho? Como hipótesis general se formuló: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho. El estudio es de tipo aplicada con diseño no experimental y de enfoque cuantitativo. La muestra está conformada por 5 equipos de shotcreteras. La técnica para la recolección de la información es la observación y el análisis documental, y los instrumentos son el formato de plan de prevención, el formato de checklist y la ficha de registro. En los resultados se determinó que, a través de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, la disponibilidad de los equipos de lanzamiento de SHOTCRETE mejoró al 97% en el periodo julio a diciembre.

Palabras clave: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento preventivo.

RESUMO

A presente investigação intitulada Aplicação da manutenção centrada na fiabilidade para melhorar a disponibilidade do equipamento de lançamento SHOCRETE numa empresa mineira, Ayacucho, tem como principal objetivo determinar de que forma a aplicação da manutenção centrada na fiabilidade melhora a disponibilidade do equipamento de lançamento SHOTCRETE numa empresa mineira, Ayacucho. Para tal, colocou-se o seguinte problema geral: De que forma a aplicação da manutenção centrada na fiabilidade melhora a disponibilidade do equipamento de lançamento SHOTCRETE numa empresa mineira, Ayacucho? Como hipótese geral formulou-se: A aplicação da manutenção centrada na fiabilidade melhora a disponibilidade do equipamento de lançamento SHOTCRETE numa empresa mineira, Ayacucho. O estudo é um estudo aplicado com um desenho não-experimental e uma abordagem quantitativa. A amostra é composta de 5 equipamentos de concreto projetado. A técnica de recolha de dados foi a observação e a análise documental, e os instrumentos utilizados foram o formulário do plano de prevenção, o formulário da lista de verificação e o formulário de registo. Nos resultados foi determinado que, através da aplicação da manutenção centrada na fiabilidade, a disponibilidade dos equipamentos de lançamento da SHOTCRETE melhorou para 97% no período de julho a dezembro.

Palavras-chave: Manutenção centrada na fiabilidade, disponibilidade, manutenção preventiva.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación denominada Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOCRETE en una Minera, Ayacucho, está estructurada de la siguiente manera:

En La presente investigación se usó definiciones claras y precisas acerca de mantenimiento centrado en la confiabilidad, planes de mantenimiento de equipos, tipos de mantenimiento de los equipos, disponibilidad de los equipos, tipos de fallas de los equipos, planes de mantenimiento de los equipos.

La presente investigación se desarrolló en los meses de julio-2022 a diciembre-2022. Los cuales sirvieron para la recolección de datos, información para el desarrollo.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método sistemático porque se analizaron los acontecimientos relacionados al RCM y la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOTCRETE, partiendo de la formulación de una hipótesis para luego ser explicada. la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

LA investigación es de diseño pre -experimental, porque se observaron los fenómenos del uso del RCM y su participación en la disponibilidad mecánica.

Como conclusión principal después de realizar la investigación se concluye que La disponibilidad de los equipos de lanzamiento de SHOTCRETE mejoró de 83% a 97% durante el período de julio a diciembre gracias a la aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Como recomendación acerca de la investigación se plantea que la empresa realice un plan de mantenimiento continuo de acuerdo a la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional muchas empresas no disponen de un plan de mantenimiento para sus equipos y maquinarias de trabajo, por lo cual optan por elaborar acciones correctivas empíricamente sin emplear métodos adecuados de mantenimiento preventivo y control de equipos. Para (Martínez, 2019) indica que existen muchos casos donde las compañías presentan una reducción del nivel de eficiencia de los recursos humanos, debido a la falta de capacidades técnicas disponibles en el área de mantenimiento para la operatividad de los equipos durante sus actividades

A nivel latinoamericano, la disponibilidad mecánica de los equipos de trabajo son irregulares, reflejándose en los casos de paradas inesperadas y mantenimientos correctivos, perjudicando la producción. También comenta (Fuchs, et al. 2020) que la realidad ha exigido a las empresas considerar nuevas expectativas de mantenimiento a fin de mejorar la disponibilidad de equipos y la efectividad de costos, utilizando como recurso principal el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

A nivel nacional, se reporta cada año bajos niveles de infraestructura de las empresas, teniendo como principal causa la falta de aplicación de mantenimiento correctivo. Así mismo (Soto, 2019) explica como resultado que los equipos se encuentren sin funcionalidad durante largos plazos de tiempo, demostrándose en los retrasos de objetivos y pérdidas económicas para las compañías.

A nivel local, una Empresa Concretera ubicada en Ayacucho, tiene más de 50 años de experiencia en las actividades de distribución de concreto premezclado y soluciones integrales en medida, presentes en los países de Perú, Ecuador y Chile. Sin embargo, durante los últimos años, en la Empresa Concretera se han identificado falencias durante el uso de sus equipos, como fallas mecánicas y reparaciones de los mismos, causado por la falta de un plan de mantenimiento adecuado, impactando negativamente en la disponibilidad de los equipos, que fueron menores al

95%, en base a una metodología de gestión de mantenimiento, por lo que la empresa realiza dicho procedimiento de forma empírica, generando costos innecesarios de reparación y mantenimiento, reduciendo la productividad y funcionalidad de sus equipos de trabajo.

Por lo anterior expuesto, la presente investigación pretende realizar un diagnóstico de la disponibilidad mecánica de los equipos lanzadores de SHOTCRETE de la Empresa Concretera en la Unidad Minera Inmaculada – Ayacucho con la finalidad de implementar un plan de mantenimiento y prevención en base al mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar su disponibilidad, evitando pérdidas económicas para la organización.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio entre fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho?
- ¿De qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio en reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio entre fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.
- Determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Se justifica teóricamente porque brinda información vigente y clara en relación a las variables de estudio disponibilidad y mantenimiento centrado en la confiabilidad, siendo un aporte para el conocimiento de futuras investigaciones.

1.4.2. Justificación práctica

Se justifica de manera práctica porque brinda propuestas de solución ante los problemas acontecidos en la minera relacionados a la disponibilidad y mantenimiento centrado en la confiabilidad, los resultados son considerados como recomendaciones que incentivan a una empresa Minera de Ayacucho a realizar mantenimientos preventivos aplicando el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.4.3. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente porque aporta a los futuros investigadores a través de los instrumentos de recolección de datos para medir las variables disponibilidad y mantenimiento centrado en la confiabilidad, siendo instrumentos validados por expertos.

1.4.4. Justificación social

Se justifica socialmente porque el mantenimiento centrado en la confiabilidad aporta a las empresas en general dar solución a los problemas de disponibilidad mecánica y rendimiento de los equipos y maquinas durante sus operaciones.

1.4.5. Justificación legal

Se justifica legalmente porque tiene en cuenta la Norma ISO 9001:2015 la cual sostiene los criterios y requisitos para incorporar los procesos de gestión en una Minera de Ayacucho.

1.4.6. Justificación tecnológica

Se justifica tecnológicamente porque brinda una solución tecnológica moderna para controlar los problemas de disponibilidad mecánica y rendimiento de los equipos y maquinas durante sus operaciones.

1.4.7. Justificación económica

Se justifica de manera económico, porque a través del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se logrará reducir los costos de mantenimiento, mejorando el rendimiento de las horas hombre y la rentabilidad de la empresa Unión de Concreteras.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitación teórica

¿De qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho?

En La presente investigación se usó definiciones claras y precisas acerca de mantenimiento centrado en la confiabilidad, planes de mantenimiento de equipos, tipos de mantenimiento de los equipos, disponibilidad de los equipos, tipos de fallas de los equipos, planes de mantenimiento de los equipos.

1.5.2. Delimitación temporal

La presente investigación se desarrolló en los meses de **julio-2022 a diciembre-2022**. Los cuales sirvieron para la recolección de datos, información para el desarrollo de la investigación.

1.5.3. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en una **empresa shocretera** la cual brinda servicios a una empresa minera la cual está ubicada en el departamento de **Ayacucho**, dicha minera hace uso de Shocrete para el sostenimiento de túneles en sus labores subterráneas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Con respecto a los estudios previos a nivel internacional, Martínez (2019) en su estudio realizado en Colombia, “Propuesta para la implementación de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para máquinas y equipos de mecanizado en el área de mantenimiento del Sena – Centro Metalmecánico” se basó en incorporar un modelo RCM para aumentar el índice de disponibilidad mecánica. Su investigación fue de tipo aplicada, de diseño correlacional – no experimental, cuya muestra fue constituida por 10 equipos de mecanizado. Los instrumentos que empleo fueron la ficha de registro y la ficha de observación. En sus resultados indicó que los equipos presentan como fallas más relevantes averías mecánicas, eléctricas e hidráulicas, representando un índice de condición normal del 64% y el 36%. Su estudio tiene relevancia significativa, porque demuestra que el RCM permite planificar y programar las actividades correctivas a considerar en el control de calidad de los equipos mecanizados.

Vidaurre, et al. (2022) en su estudio desarrollado en Portugal, “Aumento de la disponibilidad de equipos de una empresa de polímeros enfocado en el método RCM” tuvo como propósito utilizar el método RCM para mejorar la disponibilidad de equipos. Para lo cual definió una investigación tipo aplicada con diseño correlacional – no experimental, con una muestra de 3 equipos mecánicos. Teniendo como instrumentos de recolección la ficha de registro y la guía de observación. Demostrando en sus resultados que la disponibilidad promedio incrementó en un 92% en las máquinas de picadora, trituradora y extrusora. Su investigación muestra de forma clara y precisa que el RCM es un recurso que oriente a la empresa

a implementar y ajustar un plan de mantenimiento que garantice la disponibilidad de los equipos, permitiendo detectar con mayor facilidad los efectos y las fallas mecánicas en comparación a los métodos tradicionales de mantenimiento.

Así mismo, Fuchs, et al. (2020) en su investigación en Portugal, “Propuesta de mejora de plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean office en el proceso de inyección de polímeros”, se enfocó en implementar un plan de GM con el método RCM. Donde realizó un método de investigación aplicada con diseño correlacional – no experimental, teniendo como muestra a 7 equipos. Empleando los instrumentos de la ficha de registro y la ficha de observación para obtener los datos de estudio. Como resultados afirma que la disponibilidad de los equipos incrementó en un 83% y los retrasos de operatividad en un 30%, demostrando la efectividad del uso de la herramienta RCM. En su investigación sostiene a través de sus resultados que un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad reduce el índice de inoperatividad de los equipos, y los costos de mantenimiento, mejorando disponibilidad de equipos y la productividad organizacional.

Por otra parte, Alvarado y Sabando (2021) en su investigación en Ecuador, “Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio. Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE”, se centró en optimizar la gestión de mantenimiento de los equipos por medio del RCM. Presentando un estudio tipo aplicada con diseño correlacional – no experimental, con una muestra de 6 maquinarias. Empleando la ficha de registro y la ficha de observación como instrumentos. Al término de sus resultados, se evaluaron las características operacionales de los equipos, determinado mediante el RCM los indicadores técnicos de gestión en base a los requisitos de mantenimiento óptimos de los

equipos en la empresa DIALILIFE. Su investigación es relevante porque demuestra que el RCM es una guía que permite reforzar las fases de planificación, programación y ejecución de mantenimiento, utilizando de forma óptima los recursos disponibles.

Por su parte, Andrade y Herrera (2021) en su estudio elaborado en Ecuador, “Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM”, se orientó principalmente en analizar la influencia del método RCM en la disponibilidad de equipos. Donde aplicó un tipo de investigación aplicada con diseño descriptivo – no experimental, con una muestra de 10 equipos. Utilizando los instrumentos de la ficha de registro y la ficha documental. Al finalizar, sostiene en sus resultados que el incremento de la confiabilidad de un equipo o sistema se alcanza a través del uso de estrategias de mantenimiento, siendo el RCM un método sistemático que permite elaborar el análisis de modos y efectos de las fallas de los equipos durante su tiempo operativo. Su investigación demuestra que el principal beneficio del RCM es la reducción de costos de actividad de mantenimiento en conformidad al nivel de confiabilidad operacional del equipo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Con respecto a los estudios previos a nivel nacional, Soto (2019) en su estudio desarrollado en Huancayo, “Influencia del mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica del robot lanzador shotcrete en Consorcio Minero Horizonte”, tuvo como objetivo conocer la influencia del RCM en relación a la disponibilidad mecánica del robot lanzador de shotcrete en el CMH. Elaborando una investigación tipo aplicada con diseño correlacional – transversal, con una muestra constituida por un robot lanzador shotcrete. Cuyos instrumentos

aplicados fueron el check list, la ficha de trabajo y la guía de observación. Indicando en sus resultados que, por cada hora de mantenimiento preventivo, la disponibilidad incrementa en 15 horas, hallando una relación significativa entre ambas variables. En esta implementación se muestran que el uso del RCM mejora la disponibilidad mecánica y operativa de los lanzadores de shotcrete.

Valverde (2021) en su estudio elaborado en Lima, “Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en Minera Chinalco Perú S.A.”, tuvo como finalidad proponer una adecuada gestión de mantenimiento basado en el método RCM en maquinarias pesadas de una minera. La investigación fue de tipo aplicada con diseño correlacional – transversal, con una muestra de 36 equipos pesados. Usando como instrumentos de recolección la ficha de registro y la ficha de observación. Presentando en sus resultados que los equipos de perforación, carguío y acarreo incrementaron su uso efectivo de un nivel bajo a un nivel moderado en más del 50% tras el uso de la metodología propuesta. Su investigación indica resultados positivos de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, demostrando de forma clara y detallada las bases teóricas del RCM, como también los pasos a seguir para una correcta implementación del RCM.

A su vez, Acuña y Vargas (2019) desarrollaron un estudio en Lima, “Mantenimiento basado en confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora”, con el propósito de identificar el grado de influencia del RCM en una planta concentradora. La investigación que aplicó fue de tipo descriptiva con diseño no experimental, con una muestra conformada por 24

equipos mecánicos. Eligiendo como instrumentos la ficha de registro y de observación. Al culminar su estudio, halló en sus resultados que la aplicación del RCM permite definir las tareas de mantenimiento adecuadas para los equipos y sus frecuencias, como a su vez reconocer las principales fallas que afectaban la disponibilidad de los equipos. La investigación muestra que a través de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM mejora el control de mantenimiento y a su vez reduce sus costos.

Ypanaque y Vargas (2019) en su estudio elaborado en Lima, “Modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelos EC 145 y MI-17 de la dirección de aviación policial”, tuvo como objetivo proponer un modelo de RCM para mejorar la confiabilidad de los equipos. El estudio fue descriptivo y no experimental sobre una muestra de dos equipos: helicópteros de la Policía Aérea EC 145 y MI 17. Los instrumentos que emplearon fueron la ficha de registro y de observación. En sus resultados obtenidos, indican que a través de la propuesta se logra reducir la cantidad de aeronaves inoperativas, incrementando su confiabilidad. La investigación muestra que un modelo adecuado de gestión de mantenimiento basado en RCM optimiza significativamente la eficiencia y el tiempo de actividad del equipo.

Herrera (2021) en su estudio elaborado en Arequipa, “Método de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores C175-16 en la flota 793F del proyecto minero Constancia - Cusco”, tuvo como finalidad diseñar un modelo de gestión de mantenimiento en base al método RCM. Su

tipo de investigación fue descriptiva con diseño no experimental, con una muestra conformada por los motores C175-16 en la flota 793F de un proyecto minero. Utilizando como instrumentos la ficha de registro y de observación. A través de sus resultados sostiene que un plan de tareas de acuerdo al mantenimiento preventivo con RCM mejora el nivel de disponibilidad de maquinarias, evitando gastos de mantenimiento innecesarios. Brindado un aporte significativo, debido a que muestra que el RCM logra identificar las fallas de las maquinarias y equipos a tiempo, previniendo que su uso sea afectado, alcanzando resultados óptimos en base a los indicadores de disponibilidad mecánica, eficiencia operativa y uso de equipos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Ávila (2020) Es una metodología basada en el mantenimiento centrado en la confiabilidad que permite reducir las averías de los equipos, mejorar la capacidad de participación y reducir los costos por reparación.

Díaz (2021) sostiene que consiste en un conjunto de técnicas aplicadas para ejecutar un programa de mantenimiento, que marca la diferencia a comparación de otras metodologías de mantenimiento tradicionales, debido a que se enfoca en la mejora continua y confiable de los equipos de una línea o componentes de un conjunto articulado. Este método permite alcanzar mejores resultados durante la operatividad de los equipos en base a los principios de confiabilidad.

Plan de mantenimiento RCM

Chacaliaza y Estela (2021) indican que se divide en tres fases, siendo la etapa inicial, el taller y la implementación.

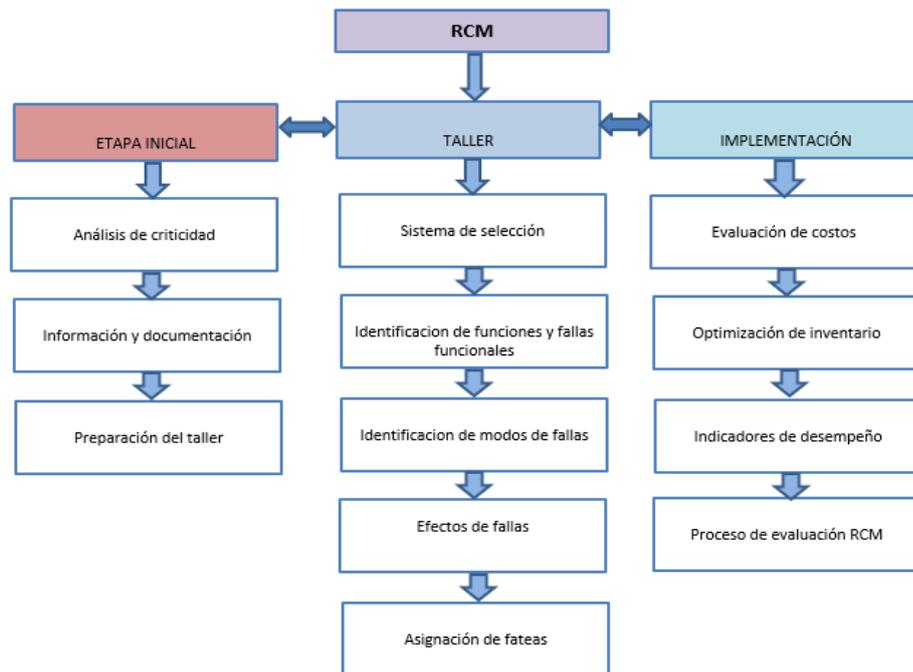


Figura 2.1 Estructura de plan de mantenimiento RCM

Fuente: Ávila, J. (2020).

Tipos de mantenimiento

Según Macedo y López (2020) existen tres tipos (preventivo correctivo y predictivo), los cuales se presentan en el siguiente esquema:

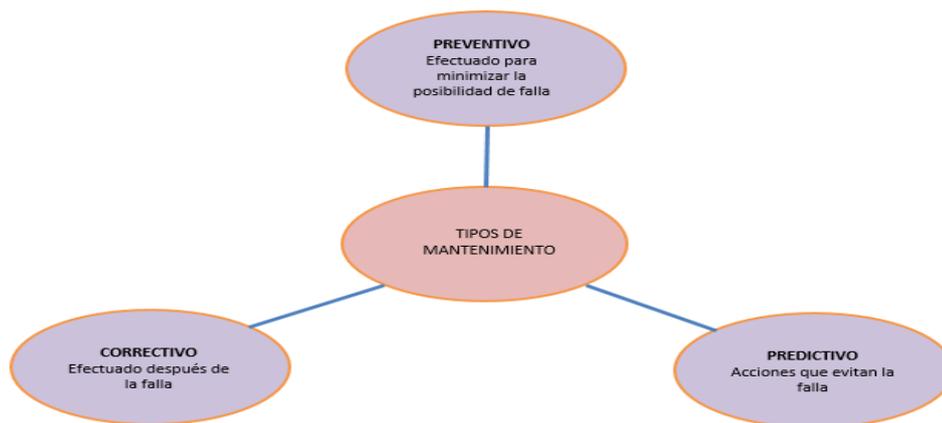


Figura 2.2 Tipos de mantenimiento RCM

Fuente: Macedo, D. y López, F. (2020).

2.2.2 Disponibilidad

Escarcena y Carrillo (2019) La disponibilidad de un equipo puede ser ejecutado durante sus funciones operativas, definiéndose como la posibilidad de que trabaje en condiciones óptimas durante un tiempo determinado.

Martínez (2019) sostiene que para determinar la disponibilidad de un equipo se realiza mediante la ecuación:

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

Donde:

MTBF = Tiempo promedio entre fallas

MTTR = Tiempo promedio en reparación

Eficiencia de equipos

Osorio (2020) afirma que la inadecuada eficiencia de los equipos está vinculada con el nivel bajo de disponibilidad, el uso inadecuado de los equipos, la baja productividad y las fallas de calidad, causando un nivel de riesgo durante las actividades operativas. Cuando el equipo este operativo, puede ocurrir fallas o averías significativas que influyen en el tiempo de reparación y mantenimiento que se le asigna, a las condiciones del medio de trabajo, las características del material que generan interrupciones en su operatividad, generando un bajo nivel de disponibilidad.

Tipos de fallas

Martínez (2019) indica que son consideradas como la interrupción o falta de continuidad en la funcionabilidad de un trabajo, paralizando las acciones y produciendo demoras en el alcance de los objetivos propuestos. Estos cambios pueden darse desde uno a varios de los componentes de un equipo, imposibilitándolo de que ejecute una determinada tarea de manera adecuada. Existen dos tipos de fallas principales, las cuales son las fallas funcionales y las fallas ocultas.

Fallas funcionales

Este tipo de falla se presenta en el momento en que el equipo pierde dos o más funciones operativas, como en el caso en que se encuentre debajo de su capacidad mínima o no cumple con su finalidad de diseño.

Fallas ocultas

Este tipo de fallas no se identifican de manera evidente, estando relacionadas a un mecanismo de seguridad del sistema que obstaculiza su operatividad, pero si le limita a lograr su objetivo durante su funcionamiento.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Ávila (2020) El RCM permite reducir las averías de los equipos, reforzando la capacidad de participación y reducir los costos por reparación.

Soto (2019) Es una técnica que se aplica para identificar las acciones a realizar, con el objeto que el activo físico siga realizando lo que el usuario desee que se ejecute en un ámbito operacional.

Martínez (2019) Es un método que consiste en aplicar los procedimientos de mantenimiento, basándose en el reconocimiento, efectos de falencias y su índice de ocurrencia, para posteriormente proponer una lista de actividades con el objetivo de contrarrestar los registros de fallas vinculados a las maquinarias de trabajo, incrementando su grado de disponibilidad.

Chacaliaza y Estela (2021) Es el proceso mediante el cual se logra detectar las políticas requeridas para controlar los modos de fallas que generen posibles averías y afecten contra la disponibilidad mecánica del sistema.

Osorio (2020) Método que analiza de forma rigurosa los tipos de falla o averías de los equipos, realizando un estudio minucioso en la manera en que se producen dichas fallas y cómo influyen en los costos y reparaciones.

Preguntas básicas del RCM:

Martínez (2019) afirma que para realizar un adecuado proceso del RCM se debe tomar en cuenta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué funciones y parámetros de funcionamiento están vinculados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué forma falla en satisfacer sus funciones?
3. ¿Cuáles son las causas de las fallas funcionales?
4. ¿Qué ocurre durante una falla?
5. ¿Qué relevancia tiene cada falla?
6. ¿Qué se debe realizar para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe realizar si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Recursos del RCM

Osorio (2020) sostiene que se debe tomar en cuenta los siguientes recursos y herramientas:

- Documento del proceso RCM
- Software de análisis de incidencias
- Experiencia en herramientas de resolución de problemas
- Material de información del uso RCM
- Procesos de gestión de cambio organizativo
- Base de datos de los equipos disponibles y su historial de incidencias
- Software de seguimiento de métricas para monitorear el desempeño en relación a los objetivos propuestos

Modos de fallo

Soto (2019) afirma que son eventos que ocasionan una falla en el equipo, y puede generarse por una o más causas. También se tiene que considerarlos errores de diseño, errores humanos y administrativos. Al ser identificados, el siguiente paso a realizar es identificar los hechos causantes de dicha falla.

Macedo y López (2020) sostiene que, durante el análisis de tipos de falla, efectos y criticidad, se debe ser incorporado en el periodo de diseño, con el fin de alcanzar el máximo nivel de impacto en el diseño. Esta técnica se emplea para comprender las causas que producen los factos, y los efectos en la seguridad, producción, etc. Este proceso también es denominado bottoms up, en el cual se designa un valor de criticidad y una posibilidad de ocurrencia en relación a las probabilidades de fallas.

Prevención de fallas:

Chacaliaza y Estela (2021) indica que es un procedimiento que implica un adecuado sistema de mantenimiento en base a las políticas de la empresa, previniendo el incremento de la tasa crítica de fallas y desencadenar daños mayores.

Implementación del RCM:

Ávila (2020) afirma que para implementar la metodología RCM, se debe realizar los siguientes pasos:

- Paso 1: definir el sistema
- Paso 2: identificar las funciones
- Paso 3: identificar los fallos funcionales
- Paso 4: identificar las causas de cada fallo funcional
- Paso 5: asignar tareas de mantenimiento adecuados
- Paso 6: elaborar un plan de ejecución
- Paso 7: evaluar los resultados

2.3.1.1 Dimensiones del RCM

Confiabilidad

Diaz (2017) La confiabilidad de un equipo se basa en la posibilidad que se pueda realizar sus actividades de manera óptima sin manifestarse fallas en un tiempo específico y bajo condiciones normales de operación.

Mantenibilidad

Diaz (2017) La mantenibilidad se basa en la posibilidad de que un equipo puede regresar a su estado de funcionalidad después de haber presentado fallas o averías por medio de reparaciones que implican la implementación de un plan de mantenimiento para eliminar las causas de dichas interrupciones.

2.3.2 Disponibilidad

Escarcena y Carrillo (2019) Es la seguridad de que un sistema que ha pasado por un mantenimiento puede realizar su función de manera efectiva en un tiempo determinado.

Diaz (2017) Es la posibilidad para que el equipo realice de manera óptima sus tareas en condiciones estables desde el inicio de su actividad.

Valverde (2021) Son los parámetros que indican las condiciones de funcionabilidad que presenta un equipo o máquina para ejecutar sus tareas en función a las condiciones esperadas.

Macedo y López (2020) Es el tiempo que presenta el equipo en total disponibilidad para iniciar su operación.

Ávila (2020) Es la condición de un equipo o máquina para desempeñar sus funciones en un periodo determinado.

2.3.2.1 Dimensiones de la disponibilidad

Disponibilidad mecánica

Osorio (2020) La disponibilidad mecánica se refiere al porcentaje de tiempo la cual indica qué tan bien está funcionando un equipo o sistema mecánico, determinando sus condiciones actuales para la ejecución de sus tareas. El cálculo de la disponibilidad se realiza mediante:

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

Donde:

MTBF: tiempo promedio entre fallas

MTTR: Tiempo promedio en reparación

Tiempo promedio para fallas

Osorio (2020) denominado por las siglas MTBF, es el tiempo promedio en que una máquina opera sin mostrar alguna falla. El cálculo del MTBF se realiza de la siguiente forma:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de funcionamiento}}{\textit{número de fallas}}$$

Tiempo promedio para reparar

Osorio (2020) denominado por las siglas MTTR es el tiempo promedio requerido para reparar una maquina con el objetivo de lograr su funcionalidad. El cálculo del MTTR se realiza de la siguiente forma:

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total de INACTIVIDAD}}{\textit{número de fallas}}$$

2.4. Definición de términos básicos

Disponibilidad mecánica

Es el porcentaje de tiempo que indica la operatividad eficiente de un equipo.

Tiempo promedio entre fallas

Es el tiempo promedio en que una máquina opera sin mostrar alguna falla.

Tiempo promedio de reparación

Es el tiempo promedio indispensable para reparar una maquina con la finalidad de lograr su funcionalidad.

Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de acciones de mantenimiento realizadas con el propósito de evitar anomalías en los equipos operativos.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Es una técnica basada en la confiabilidad que brinda una serie de ventajas en los equipos, tales como la eliminación de averías, la reducción de costos, la toma de decisiones correctivas a tiempo y el mejoramiento participativo del área de mantenimiento.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Hipótesis específicas

- La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio entre fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho
- La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

3.1.1 Operacionalización de variable

Operacionalización de la variable 1 (Independiente)

Tabla 3.1 Operacionalización de la variable 1.

variable 1							
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Definición Dimensiones Subvariables	Indicadores	Definición del indicador	Técnicas y/o Instrumentos
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	Ávila (2020) Es una metodología basada en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) que permite reducir las averías de los equipos, mejorar la capacidad de participación y reducir los costos por reparación.	Es un método basado en el RCM que permite elaborar un plan de prevención con la finalidad de mejorar la disponibilidad y rendimiento de los equipos y máquinas de operación.	Confiabilidad	Evaluación del equipo	Sistemas y Sub sistemas del Equipo	Son las medidas de prevención aplicadas al equipo de trabajo con la finalidad de ejecutar sus operaciones de manera eficiente	Checklist de robot lanzador
			Mantenibilidad	Evaluación de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Son los indicadores de mantenimiento preventivo que permiten controlar y evaluar los indicadores de mantenimiento acuerdo al tiempo de operación requerido.	Reporte de mantenimiento
					Mantenimiento correctivo		
Mantenimiento programado							

3.1.2 Operacionalización de la variable 2 (Dependiente)

Tabla 3.2 Operacionalización de la variable 2.

variable 2							
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Definición Dimensiones Subvariables	Indicadores	Definición del indicador	Técnicas y/o Instrumentos
Disponibilidad	Escarcena y Carrillo (2019) Es la confianza de que un sistema que tuvo mantenimiento realice su función de manera óptima en un tiempo determinado.	Es la disponibilidad de que una maquinaria elabore su función de forma adecuada durante sus horas de trabajo	Disponibilidad	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de funcionamiento}}{\textit{Numero de fallas}}$	Es el tiempo total de funcionamiento entre el número de fallas	Ficha de registro
				Tiempo promedio en reparación (MTTR)	$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de inactividad}}{\textit{Numero de fallas}}$	Es el tiempo total de inactividad entre el número de fallas	

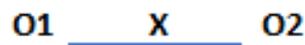
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

La investigación se desarrolló un diseño pre - experimental debido a que se conoce que hay variables extrañas que tengan la posibilidad de impactar en la variable dependiente, sin saber cuáles son. Mediante este diseño cabe la probabilidad riesgo de que la validez sea mínima o nula, ilustrando la manera en que dichas variables influyan en la validez interna, indicándonos a la vez las acciones a realizar. El diseño es mayormente aplicado en estudios exploratorios (Espinoza, 2014).

Es de diseño pre -experimental, porque se observaron los fenómenos del uso del RCM y su participación en la disponibilidad mecánica.

El diseño presenta el esquema siguiente:



Donde:

X = Variable independiente.

O1 = Medición pre-experimental de la variable independiente.

O2 = Medición post-experimental de la variable dependiente.

La presente investigación es de tipo tecnológica porque se basa en aplicar el conocimiento científico para brindar solución a distintos problemas a favor de la comunidad. (Espinoza, 2014).

El nivel de investigación es de tipo aplicativo porque evalúa y determina si la combinación de configuraciones del objeto de estudio ha logrado aumentar la productividad del flujo aumentando la eficiencia de su funcionamiento, ambos medidos con la variable dependiente. (Espinoza, 2014).

4.2. Método de investigación

Se usa el método sistemático ya que el fenómeno en estudio se observa a través de una hipótesis, para tratar de explicar este evento deduciendo las causas principales de la hipótesis formulada. (Fidas, 2012). Se utilizó el método sistemático porque se analizaron los acontecimientos relacionados al RCM y la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOTCRETE, partiendo de la formulación de una hipótesis para luego ser explicada.

4.3. Población y muestra

Población Censal

Se trata de una agrupación de todos los casos que coinciden con un cierto número de características. (Hernández, Fernández y Bautista, 2014).

La población estará conformada por 5 equipos lanzadores de SHOTCRETE de una Empresa Concretera en la Unidad Minera Ayacucho. Los códigos de los equipos lanzadores de shotcrete son:

- Shotcretera SHO034
- Shotcretera SHO035
- Shotcretera SHO037
- Shotcretera SHO040
- Shotcretera SHO044

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El estudio de la investigación se realizó en Ayacucho, en una Empresa Concretera, la cual brinda servicios de sostenimiento y lanzamiento de shotcrete a una empresa minera.

La investigación se desarrolló en el periodo de **julio a diciembre del 2022**.

4.5. Técnicas e instrumentos

Técnicas

Las técnicas son una serie de medios utilizados para recolectar la información, siendo entre los más destacados la observación, el cuestionario, la entrevista y las encuestas (Hernández, Fernández y Bautista, 2014).

- **Observación:** Se utilizó esta técnica para poder recolectar datos de las variables en estudio, como por ejemplo el tiempo de operación de los equipos.
- **Análisis documental:** Se revisó libros, documentos, relacionados con las variables en estudio, acerca del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Instrumentos

Los instrumentos son un grupo de herramientas que utiliza el investigador para acercarse a los hechos y registrar información. (Hernández, Fernández y Bautista, 2014).

- **Formato de checklist:** Este instrumento permitió controlar y evaluar los indicadores de mantenimiento acuerdo al tiempo de operación requerido.
- **Reporte de mantenimiento:** Este instrumento permitirá controlar y evaluar el tipo de mantenimiento requerido de acuerdo al tiempo de operación de los equipos.
- **Ficha de registro:** Este instrumento permitirá tomar registro de los tiempos de falla y de reparación de maquinarias para identificar su disponibilidad mecánica.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El análisis y procesamiento de datos se dividirá en 3 etapas, las cuales son:

Etapas de pre campo

En esta etapa se iniciará a través de la revisión de estudios previos y antecedentes relacionados al tema de estudio, en el ámbito internacional, nacional y local, utilizando como fuente de apoyos distintos repositorios universitarios virtuales, convirtiéndose como puntos de referencia al tema del uso del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos lanzadores de SHOTCRETE de la empresa Concretera.

Etapas de campo

Consignación de datos de los manuales de mantenimiento

Levantamiento de datos de los equipos

Análisis de las historias de fallas

Porcentaje de disponibilidad de equipos

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{2MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF = Tiempo promedio entre fallas

MTTR = Tiempo en reparación

Etapas de post campo

El proceso de análisis de datos se realiza mediante el software Microsoft Excel en la versión actual, que facilita el análisis e interpretación de los datos obtenidos, representados por cuadros y gráficos estadísticos, y permite una clara identificación de la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas y el medio de tiempo para reparar el equipo de arranque de

SHOTCRETE cuando se realiza un mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Para el análisis se utilizó el programa SPSS para identificar y analizar los resultados obtenidos, descriptivos e inferenciales. Por tanto, para probar si la aplicación del RCM influyen en en la disponibilidad de los equipos de transporte de Lanzado de Shotcrete se realizará pruebas paramétricas T de Student para muestras relacionadas para las variables disponibilidad %, tiempo medio para reparar MTTR, y tiempo medio entre fallas MTBF por mes.

Desarrollo de la implementación de las estrategias del RCM

Al analizar las respuestas a las siguientes siete preguntas, la aplicación de la metodología RCM sugiere un proceso para determinar los requisitos reales de mantenimiento de los activos en su contexto operativo. (MOUBRAY ,2004)

1. ¿Cuál es la función del activo? **(Funciones)**
2. ¿De qué manera pueden fallar? **(Fallas Funcionales)**
3. ¿Qué origina la falla? **(Modos de Falla)**
4. ¿Qué pasa cuando falla? **(Efectos de Falla)**
5. ¿Importa si falla? **(Consecuencias de Falla)**
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla? **(Tareas Preventivas y Frecuencia)**
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla? **(Tareas por Omisión)**

Para darle respuestas a estas 7 preguntas se utilizan dos herramientas:

- Análisis de Modo y Efecto de Falla. (AMEF)
- Diagrama de decisiones.

Las plantillas del libro de John Moubray RCM II, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, sirvieron como punto de partida para la aplicación y como medio para tomar decisiones sobre cómo aplicarlo a los sistemas críticos del equipo de transporte de Lanzado de Shotcrete en este caso particular. El análisis de Pareto se muestra en la siguiente tabla, que tiene una alta incidencia de fallas.

ANALISIS PARETO DE LOS SISTEMAS - SUBSISTEMAS DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE DE LANZADO ENERO -JUNIO 2022

Tabla 4.1 Análisis de Pareto del Número de Fallas de los sistemas de los equipos de transporte de Lanzado de Shotcrete

ITEM	SISTEMA /SUBSISTEMA	N° DE FALLAS	%RELATIVO	%ACUMULADO
1	SISTEMA HIDRAULICO PLUMA	57	26.27%	26.27%
2	MOTOR	42	19.35%	45.62%
3	SISTEMA ELECTRICO	36	16.59%	62.21%
4	LLANTAS	30	13.82%	76.04%
5	SISTEMA ELECTRICO DE BOMBA	17	7.83%	83.87%
6	ESTRUCTURA	10	4.61%	88.48%
7	TUBERIAS y ACCESORIOS	8	3.69%	92.17%
8	SISTEMA DE ADITIVO	5	2.30%	94.47%
9	SISTEMA HIDRAULICO BOMBA	6	2.76%	97.24%
10	SISTEMA ELECTRICO PLUMA	3	1.38%	98.62%
11	CHASIS	2	0.92%	99.54%
12	DIRECCION	1	0.46%	100.00%

217

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.1, registra la cantidad de fallas en los equipos de transporte de Lanzado de Shotcrete ordenados de mayor a menor, la frecuencia muestra a manera de porcentaje la mayor cantidad de fallas en el sistema hidráulico de la pluma, motor, sistema eléctrico y llantas, también se registra un total de 217 fallas de la flota de equipos de transporte de Lanzado de Shotcrete. que mediante diagrama de Pareto se configuran de la siguiente manera:

Figura 4.1 Criticidad de los sistemas de los equipos Lanzadores de Shotcrete



Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.1, indica que el 80% de incidencia de fallas corresponde a los sistemas críticos, sistema hidráulico de la pluma (57), motor (42), sistema eléctrico (36) y llantas (30).

Se utilizaron las siguientes plantillas para aplicar el RCM:

- “HOJA DE INFORMACIÓN RCM II”, Revisar el (Anexo 5)
- “HOJA DE DECISION RCM II”, Revisar el (Anexo 6)

Estas hojas de información y decisiones han sido desarrolladas para los sistemas críticos de equipos de lanzamiento de shotcrete.

4.7. Aspectos éticos en investigación

Veracidad: Los datos obtenidos durante el desarrollo del presente estudio serán basados en la verdad.

Respeto: Los instrumentos serán realizados con total respeto a la opinión de las personas participantes, sin que el investigador intervenga en ellos.

Honestidad: El análisis y desarrollo de la presente investigación será elaborada desde un principio con total transparencia.

Se ha respetado derecho de autores siendo referenciados.

Los índices de similitud están dentro de los parámetros solicitados de la FIME.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Tabla 5.1 Indicadores de gestión de mantenimiento antes de la mejora.

INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO EQUIPOS DE TRANSPORTE DE LANZADO DE SHOTCRETE ENERO- JUNIO 2022							
MES	HORAS PROGRAMADAS	HORAS OPERACIÓN	N° DE FALLAS	HORAS CORRECTIVO	DISPONIBILIDAD (%)	MTBF (HORAS)	MTTR (HORAS)
ENERO	3720	1840	45	580	84%	41	13
FEBRERO	3360	1739	32	608	82%	54	19
MARZO	3720	1660	38	580	84%	44	15
ABRIL	3600	1596	40	760	79%	40	19
MAYO	3720	1600	30	620	83%	53	21
JUNIO	3720	1640	32	650	83%	51	20
TOTAL	21840	10075	217	3798	83%	47	18

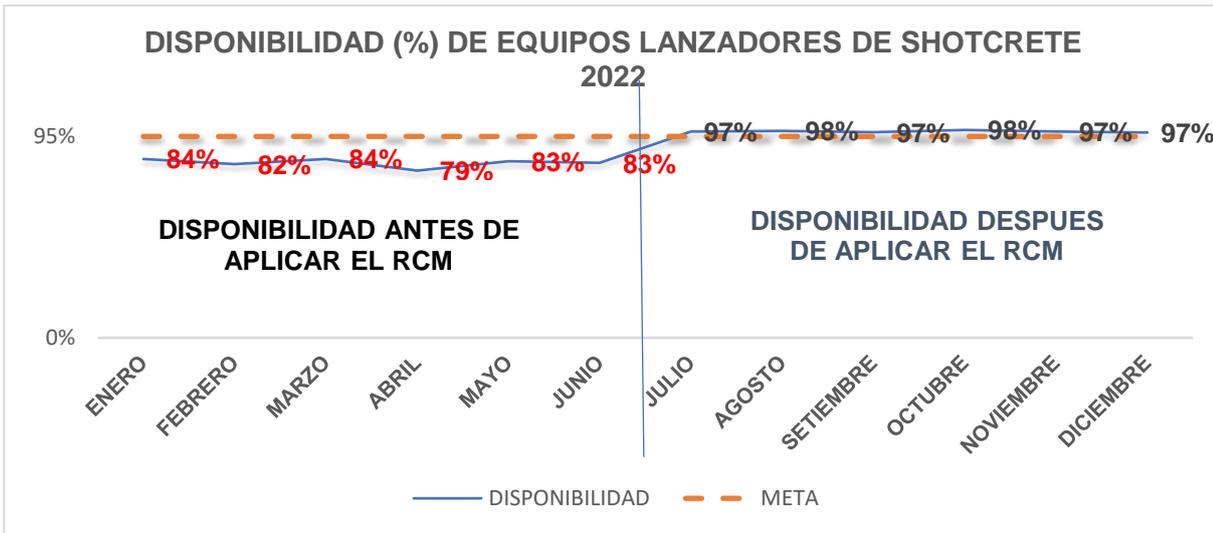
En la Tabla 5.1, se aprecia los resultados promedios de los equipos de transporte de SHOTCRETE para disponibilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR) antes de la mejora, para enero-junio de 2022, muestras medidas antes de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Tabla 5.2 Indicadores de gestión de mantenimiento después de la mejora.

INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO EQUIPOS DE TRANSPORTE DE LANZADO DE SHOTCRETE JULIO - DICIEMBRE 2022							
MES	HORAS PROGRAMADAS	HORAS OPERACIÓN	N° DE FALLAS	HORAS CORRECTIVO	DISPONIBILIDAD (%)	MTBF (HORAS)	MTTR (HORAS)
JULIO	3720	1850	20	100	97%	93	5
AGOSTO	3720	1600	22	88	98%	73	4
SETIEMBRE	3600	1780	21	105	97%	85	5
OCTUBRE	3720	1746	18	72	98%	97	4
NOVIEMBRE	3600	1650	19	95	97%	87	5
DICIEMBRE	3720	1740	19	114	97%	92	6
TOTAL	22080	10366	119	574	97%	88	5

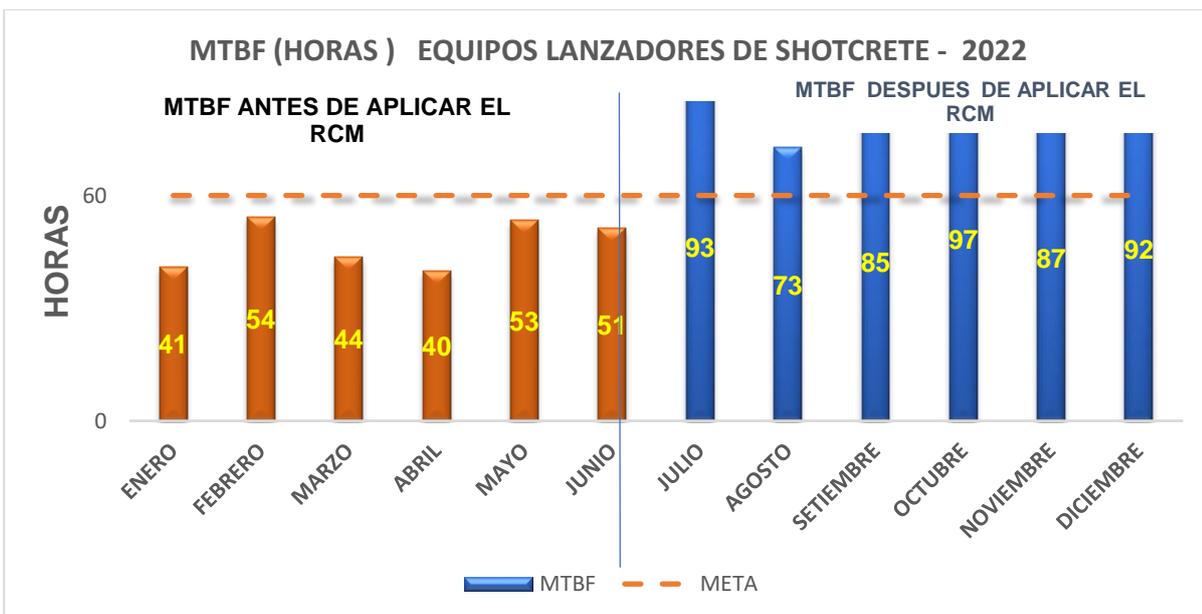
En la Tabla 5.2, se aprecia el resultado promedio de los equipos de transporte de SHOTCRETE, con respecto a disponibilidad, Tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparar (MTTR) después de la mejora, referente al periodo Julio – diciembre 2022 muestras medidas después de aplicar el mantenimiento de confiabilidad centrado.

Figura 5.1 Disponibilidad antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



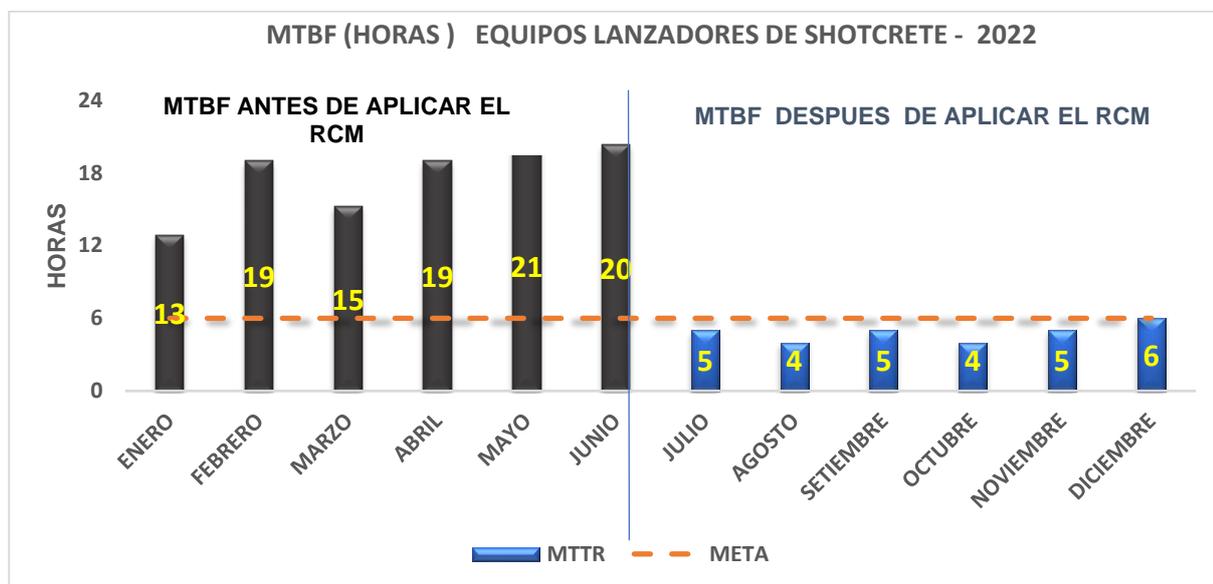
En la figura 5.1, se muestra la disponibilidad a partir del periodo Julio – diciembre 2022, después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, empiezo a mejorar y a estar por encima de la meta que es 95%.

Figura 5.2 MTBF antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



En la figura 5.2, se visualiza el tiempo promedio entre fallas a partir del periodo Julio – diciembre 2022, después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad empieza a mejorar y a estar por encima de la meta que es 60 horas.

Figura 5.3 MTTR antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



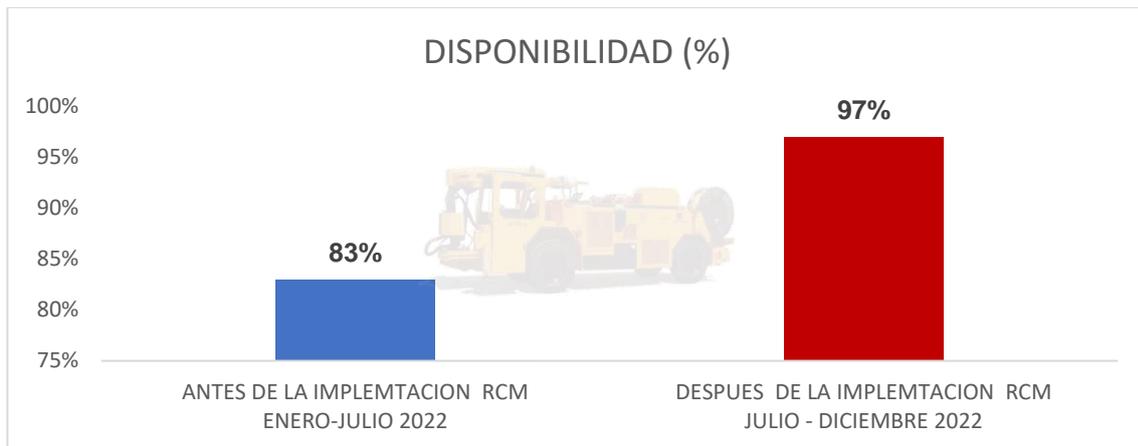
En la figura 5.3, se visualiza el tiempo promedio para reparar a partir del periodo Julio – diciembre 2022, después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad empieza a mejorar y a estar por encima de la meta que es 6 horas.

Tabla 5.3 Comparativo de medias de Indicadores de mantenimiento

INDICADORES	ANTES DE LA IMPLEMNTACION RCM ENERO-JULIO 2022	DESPUES DE LA IMPLEMNTACION RCM JULIO - DICIEMBRE 2022
MTTR (HORAS)	18	5
MTBF (HORAS)	47	88
DISPONIBILIDAD (%)	83%	97%

En la tabla 5.3, se aprecia el análisis comparativo de los equipos de lanzamiento de shotcrete, las medias antes y después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Figura 5.4 Comparativo de medias de la disponibilidad antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



En la figura 5.4, indica que la disponibilidad de los equipos de lanzado la muestra, en promedio es mayor en 14 %, después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad. El promedio antes de la mejora es 83% y después de la mejora el promedio es 97.

En conclusión, se afirma que la disponibilidad promedio de los equipos de lanzado de concreto es mayor después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

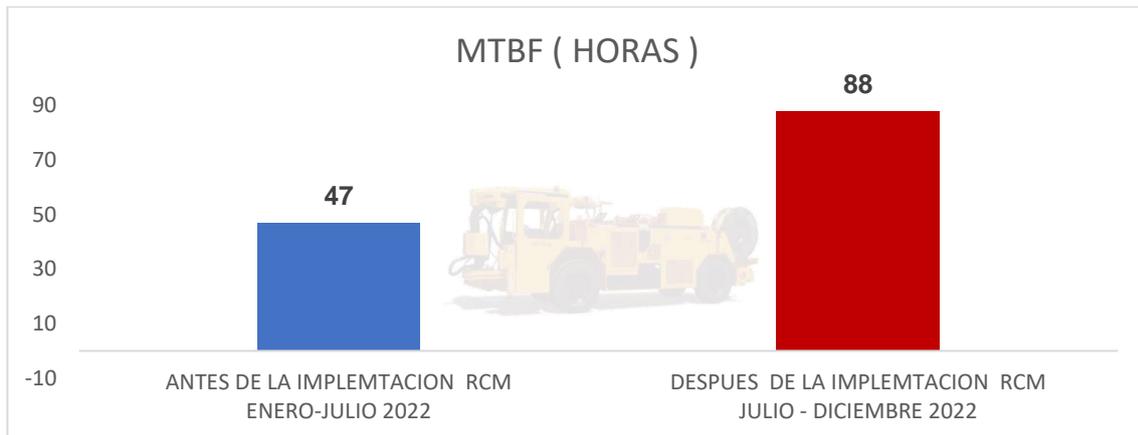
En la siguiente tabla se puede observar la disponibilidad anterior y la pronosticada según la posible mejora de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Tabla 5.4 Análisis descriptivos de la Disponibilidad.

Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
Disponibilidad Pre-Test	Media		82,5000	,76376
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	80,5367	
		Límite superior	84,4633	
	Media recortada al 5%		82,6111	
	Mediana		83,0000	
	Varianza		3,500	
	Desviación estándar		1,87083	
	Mínimo		79,00	
	Máximo		84,00	
	Rango		5,00	
	Rango intercuartil		2,75	
	Asimetría		-1,649	,845
	Curtosis		2,914	1,741
	Disponibilidad Post-Test	Media		97,3333
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	96,7914	
		Límite superior	97,8753	
Media recortada al 5%		97,3148		
Mediana		97,0000		
Varianza		,267		
Desviación estándar		,51640		
Mínimo		97,00		
Máximo		98,00		
Rango		1,00		
Rango intercuartil		1,00		
Asimetría		,968	,845	
Curtosis		-1,875	1,741	

En la tabla 5.4, se muestran los datos recolectados donde se obtuvo la media de la disponibilidad anterior es de 82.50 % y luego de simular la propuesta de mejora es la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad la media de la disponibilidad aumento en 97.33 %.

Figura 5.5 Comparativo de medias del MTBF antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



En la figura 5.5, indica que el tiempo entre fallas de los equipos de lanzado la muestra, en promedio es mayor en 41 horas, después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad. El promedio antes de la mejora es 47 y después de la mejora el promedio es 88. En conclusión, se afirma que el promedio del tiempo promedio entre fallas de los equipos de lanzado de concreto es mayor después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

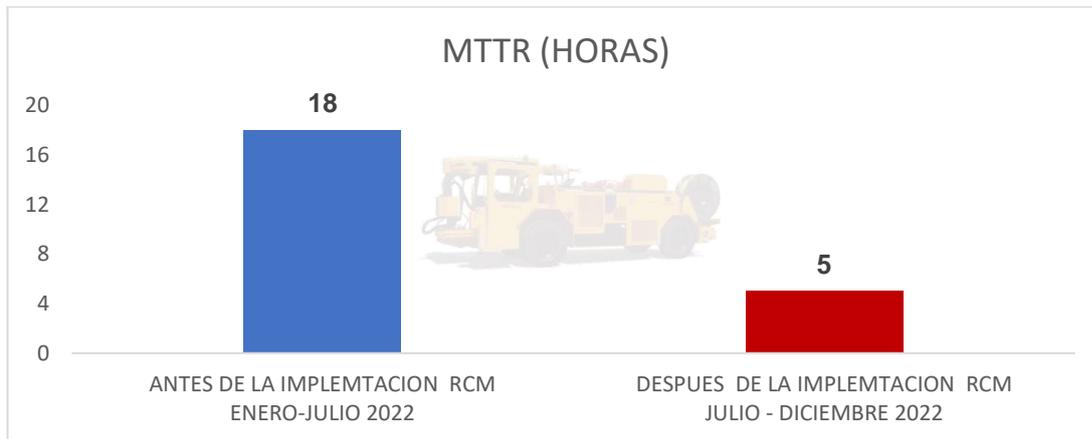
En la siguiente tabla se puede observar el MTBF anterior y la pronosticada según la posible mejora de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Tabla 5.5 Análisis descriptivos del MTBF.

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
MTBF Pre - Test	Media		47,1667	2,54842
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	40,6157	
		Límite superior	53,7176	
	Media recortada al 5%		47,1852	
	Mediana		47,5000	
	Varianza		38,967	
	Desviación estándar		6,24233	
	Mínimo		40,00	
	Máximo		54,00	
	Rango		14,00	
	Rango intercuartil		12,50	
	Asimetría		-,075	,845
	Curtosis		-2,682	1,741
MTBF Post - Test	Media		87,8333	3,44883
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	78,9678	
		Límite superior	96,6988	
	Media recortada al 5%		88,1481	
	Mediana		89,5000	
	Varianza		71,367	
	Desviación estándar		8,44788	
	Mínimo		73,00	
	Máximo		97,00	
	Rango		24,00	
	Rango intercuartil		12,00	
	Asimetría		-1,148	,845
	Curtosis		1,522	1,741

En la tabla 5.5, se muestran los datos recolectados donde se obtuvo la media del tiempo promedio entre fallas (MTBF) anterior es de 47.16 horas y luego de simular la propuesta de mejora que es la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad la media aumento el MTBF en 87.83 horas.

Figura 5.6 Comparativo de medias MTTR antes de la aplicación del RCM y después de aplicar el RCM



En la figura 5.6, se visualiza que el tiempo medio de reparación de los equipos de lanzado de concreto, en promedio es menor en 13 horas, después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad. El promedio antes de mejorar es de 18 horas y después de la mejora el promedio es 5 horas.

En conclusión, se afirma que el promedio del tiempo medio de reparación de los equipos de lanzado de concreto es menor después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

En la siguiente tabla se puede observar el MTTR anterior y la pronosticada según la posible mejora de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Tabla 5.6 Análisis descriptivos del MTBF.

Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
MTTR Pre - Test	Media		17,8333	1,27584
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,5537	
		Límite superior	21,1130	
	Media recortada al 5%		17,9259	
	Mediana		19,0000	
	Varianza		9,767	
	Desviación estándar		3,12517	
	Mínimo		13,00	
	Máximo		21,00	
	Rango		8,00	
	Rango intercuartil		5,75	
	Asimetría		-,890	,845
	Curtosis		-,845	1,741
	MTTR Post - Test	Media		4,8333
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	4,0433	
		Límite superior	5,6233	
Media recortada al 5%		4,8148		
Mediana		5,0000		
Varianza		,567		
Desviación estándar		,75277		
Mínimo		4,00		
Máximo		6,00		
Rango		2,00		
Rango intercuartil		1,25		
Asimetría		,313	,845	
Curtosis		-,104	1,741	

En la tabla 5.6, se muestran los datos recolectados donde se obtuvo la media del tiempo promedio para reparar (MTTR), anterior es de 17.83 horas y luego de simular la propuesta de mejora que es la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad la media disminuyó el MTTR en 4.83 horas.

5.2. Resultados inferenciales

Para validar las hipótesis planteadas en la investigación se realizará la prueba de normalidad para determinar el tipo de prueba inferencial a aplicar y seleccionar el estadístico apropiado de acuerdo al tamaño de la muestra (N).

Criterios de decisión:

- $N \leq 30$, se aplicará Shapiro Wilk.

- $N \geq 30$, se aplicará Kolmogorov Smirnov.

Para la evaluación de los 5 equipos lanzadores de SHOTCRETE, se aplicará la prueba estadística Shapiro Wilk.

Para ello, se aplicará la siguiente regla de decisión

:

-Si $p \leq 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

-Si $p \geq 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Análisis inferencial de la hipótesis general

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad mecánica de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad mecánica de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Tabla 5.7 Prueba de normalidad de la Disponibilidad Mecánica con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
DM ANTES DEL RCM	0.815	6	0.080
DM DESPUES DEL RCM	0.640	6	0.060

En la tabla 5.4, Se puede observar que el nivel de significancia p de la disponibilidad antes del RCM es de 0,080 y la disponibilidad después del RCM es de 0,060. En el primer sig. se obtiene un valor superior a 0.05 con datos paramétricos, mientras que en el segundo siglo se obtiene un valor superior a

0.05 con datos paramétricos. Como resultado, la prueba estadística de T-Student se utilizará para la contratación de hipótesis.

Análisis inferencial de la hipótesis específica 1

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho

Tabla 5.8 Prueba de normalidad del tiempo entre fallas (MTBF) con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
MTBF ANTES DEL RCM	0.866	6	0.210
MTBF DESPUES DEL RCM	0.920	6	0.505

En la tabla 5.5, se observa que el nivel de significancia p del MTBF antes del RCM es de 0,210, mientras que el MTBF después del RCM es de 0,505, lo que significa que en el primer y segundo sig. se obtienen datos paramétricos con un valor superior a 0.05. Como resultado, la prueba estadística de T-Student se utilizará para la contratación de hipótesis.

Análisis inferencial de la hipótesis específica 2

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio en reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Tabla 5.9 Prueba de normalidad del tiempo promedio para reparar (MTTR) con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
MTTR ANTES DEL RCM	0.878	6	0.259
MTTR DESPUES DEL RCM	0.866	6	0.212

En la tabla 5.6, se observa que el nivel de significancia p del MTTR antes del RCM es 0.259 y MTTR después del RCM es de 0.212, lo que significa que en el primer y segundo sig. se obtienen datos paramétricos con un valor superior a 0.05. Como resultado, la prueba estadística de T-Student se utilizará para la contratación de hipótesis.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis general

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Planteamiento de la hipótesis estadística.

Ho: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad mecánica de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Regla de decisión:

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0).
- Si $p \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Tabla 6.1 Comparación de medias de la disponibilidad antes y después con t – Student

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
DM ANTES DEL RCM	82.5000	6	1.87083	0.76376
DM DESPUES DEL RCM	97.3333	6	0.51640	0.21082

En la tabla 6.1, se observa la disponibilidad de los equipos de la muestra localizados en una minera el promedio es mayor en 14.83 % ,después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) , a un 95% de confiabilidad de acuerdo a la prueba paramétrica T de Student para las muestras relacionadas, tanto para el antes de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Promedio 82.50) como para el después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad

(Promedio 97.33), lo que indica un aumento en la disponibilidad del equipo estadísticamente significativo. En conclusión, después de implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), se afirma que la disponibilidad de los equipos de lanzamiento de shotcrete de la mina es mayor.

Tabla 6.2 Prueba T-Student Comparación de la disponibilidad (D)

Prueba t Student para muestras relacionadas	Muestras emparejadas		t	Valor p
	Media	Desv.		
DM ANTES DEL RCM - DM DESPUES DEL RCM	-14.83333	2.31661	-15.684	0.000

En la tabla 6.2 se observa que el valor calculado en la T Student es de 15.684 y tiene un nivel de significancia es 0,000 la cual es menor que el valor de significancia establecida en la investigación (0.05), Como resultado, la hipótesis nula (Ho) se rechaza y la hipótesis alternativa (Ha) se acepta, lo que demuestra que la aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos.

Hipótesis específica N°1

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho

Planteamiento de la hipótesis estadística.

Ho: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no mejora el tiempo promedio de fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Regla de decisión:

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (Ho).
- Si $p \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula (Ho).

Tabla 6.3 Comparación de medias del tiempo promedio entre fallas antes y después con *t* – Student

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MTBF ANTES DEL RCM	47.17	6	6.242	2.548
MTBS DESPUES DEL RCM	87.83	6	8.448	3.449

En la tabla 6.3, se aprecia que el tiempo medio entre fallas de los equipos de la muestra localizados en una minera el promedio es mayor en 40.66 horas ,después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) , al 95% de confiabilidad de acuerdo a la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas, tanto para el antes de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Promedio 47.17) y después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Promedio 87.83), presentando incremento del tiempo medio de fallas de los equipos , estadísticamente significativo. En conclusión, después de la aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, podemos afirmar que el promedio de horas del tiempo medio entre fallas de los equipos de lanzado de shotcrete en la mina es mayor.

Tabla 6.4 Prueba T-Student comparación del tiempo medio entre fallas (MTBF)

Prueba t Student para muestras relacionadas	Muestras emparejadas			Valor p
	Media	Desv.	t	
MTBF ANTES DEL RCM - MTBF DESPUES DEL RCM	-40.667	13.486	-7.386	0.001

En la tabla 6.4 se observa que el valor calculado en la T Student es de 7,386 y el nivel de significancia es 0,001 siendo menor que el valor de significancia establecida en la investigación (0.05), Por lo tanto, según la regla de descision se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), lo cual nos indica que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de fallas de los equipos.

Hipótesis específica N°2

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Planteamiento de la hipótesis estadística.

Ho: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Ha: La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho.

Regla de decisión:

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0).
- Si $p \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Tabla 6.5 Comparación de medias del tiempo medio para reparar antes y después con t – Student

	Estadísticas de muestras emparejadas			
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MTTR ANTES DEL RCM	17.83	6	3.125	1.276
MTTR DESPUES DEL RCM	4.83	6	0.753	0.307

En la tabla 6.5, se aprecia que el tiempo medio para reparar de los equipos de la muestra ubicados en una minera el promedio es menor en 13 horas ,después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) , al 95% de confiabilidad de acuerdo a la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas, tanto para el antes de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Promedio 17,83) y después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Promedio 4.83), presentando disminución promedio del tiempo medio para reparar de los equipos , estadísticamente significativo. En conclusión, después de implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad, podemos afirmar

que el tiempo promedio de reparación de los equipos de lanzado de shotcrete en la mina es menor.

Tabla 6.6 Prueba T-Student comparación del tiempo promedio para reparar (MTTR)

Prueba t Student para muestras relacionadas	Muestras emparejadas		t	Valor p
	Media	Desv.		
MTTR ANTES DEL RCM - MTTR DESPUES DEL RCM	13.000	3.225	9.874	0.000

En la tabla 6.6 se observa que el valor calculado en la prueba estadística T Student es de 9.874 y el nivel de significancia es 0,000 siendo menor que el valor de significancia establecida en la investigación (0.05), Por lo tanto, La hipótesis nula (Ho) se rechaza y la hipótesis alternativa (Ha) se acepta, lo que indica que el mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de equipos en una minera.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

Según el objetivo general , determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho, los resultados obtenidos en la tabla 23 se evidencia un incremento de la disponibilidad de los equipos de lanzado de shotcrete es 14.83 %, los resultados concuerdan con la investigación de Soto (2019) quien indica que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos. Valverde (2021) en su estudio Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en Minera Chinalco Perú S.A., con una muestra de 36 equipos pesados. Obtuvo como resultados: los equipos de perforación, carguío y acarreo incrementaron su uso efectivo de un nivel bajo a un nivel moderado en más del 50% tras el uso del RCM.

Según el objetivo específico 1, determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio entre fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho, los resultados obtenidos en la tabla 20 se evidencia una reducción de la cantidad de fallas de los equipos lanzadores de shotcrete, los resultados concuerdan con la investigación de Valverde (2021) quien indica que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce el número de fallas de los equipos durante su funcionalidad.

Según el objetivo específico 2, determinar de qué manera la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho., los resultados obtenidos en la tabla 21 se evidencia una reducción los tiempos de inactividad de los equipos de lanzado de Shotcrete, los resultados concuerdan con la investigación de Acuña y Vargas (2019) quien indica que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de inactividad de los equipos durante su funcionalidad.

Fuchs, et al. (2020) en su estudio Propuesta de mejora del plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean office en el proceso de inyección de polímeros en Portugal, se observa sus resultados: la disponibilidad de los equipos incrementó en un 83% y los retrasos de operatividad en un 30%.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Mi compromiso ético es que mi trabajo de investigación lo realice con profesionalismo, respetando el código de ética de investigación de la UNAC, dedicándole tiempo a mi investigación, también lo realice de manera transparente utilizando información clara y precisa, no invente datos, respete los derechos de autoría, utilice redacción clara. Este trabajo de investigación también lo realice de manera objetiva. En el curso de titulación con mis colegas nos tratamos de manera igualitaria, me comprometí a realizar este trabajo de investigación ya que me es útil donde laboro actualmente y también mi compromiso es con la UNAC aportando nuevos temas de investigación, este trabajo lo realice de manera honesta, no estoy engañando ni falsificando.

VII. CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones

Primera:

Se determinó que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho, debido que la disponibilidad de los equipos de lanzado de SHOTCRETE mejoró de 83% a 97% durante el periodo julio a diciembre.

Segunda:

Se determinó que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio entre fallas de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho, debido que el MTBF de los equipos de lanzado de SHOTCRETE se incrementó de 47 a 88 horas durante el periodo julio a diciembre.

Tercera:

Se determinó que la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora el tiempo promedio de reparación de los equipos lanzadores de SHOTCRETE en una Minera, Ayacucho, debido que el MTTR de los equipos de lanzado de SHOTCRETE se redujo de 18 a 5 horas durante el periodo julio a diciembre.

VIII. RECOMENDACIONES

8.1. Recomendaciones

Es recomendable que la empresa realice un control y almacenamiento de datos de los equipos, con la finalidad de elaborar un seguimiento de la evolución de la disponibilidad de los equipos.

Se deben ejecutar capacitaciones continuas a los trabajadores de la empresa concretera con la finalidad de utilizar adecuadamente los equipos y a su vez reportar fallas o averías durante su tiempo de operatividad.

Es indispensable que la empresa concretera realice un plan de mantenimiento continuo de acuerdo a la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, incentivando a los trabajadores al compromiso y la mejora continua de la organización.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACUÑA, E. y VARGAS, R. 2019. *Mantenimiento basado en confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora*. Tesis [Maestro en Gerencia de Mantenimiento]. Lima: Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6032/TESIS_MAESTRIA_VARGAS_ACU%c3%91A_FIME_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

ALVARADO, E. y SABANDO, L. 2021. Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio. Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE. *Revista científica INGENIAR: Ingeniería, tecnología e investigación* [en línea]. Julio, 4(8), 46-77. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/33>

ANDRADE, C. y HERRERA, M. 2021. Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. *Revista científica INGENIAR: Ingeniería, tecnología e investigación*. [en línea]. Julio, 4(8). Pp: 2-18. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/31>

ÁVILA RODRÍGUEZ, Jorge Luis. 2020. *Implementación de la metodología RCM para los Scooptrams Caterpillar R1600G con la finalidad de mejorar la disponibilidad en la empresa Contratistas Mineros y Civiles del Perú*. Tesis [Ingeniero mecánico electricista]. Trujillo: Universidad César Vallejo en Trujillo. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50010/%c3%81vila_RJL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHACALIAZA, Y. y ESTELA, E. 2021. *Aplicación de la metodología RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos de carguío y acarreo en una Empresa Minera de Cajamarca*. Tesis

[Ingeniero de minas]. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27344/Estela%20Vasquez%20Eybis%20Michel_Chacaliaza%20Barrantes%20Yessica%20Mabel_Total.pdf?sequence=2&isAllowed=y

DÍAZ, Henry. 2021. *Optimización del plan de mantenimiento usando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para los equipos de la flota tractores orugas de Carbones del Cerrejón Limited*. Tesis [Ingeniero electromecánico]. Bogotá: Universidad Antonio Nariño. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5736/1/2021HenryDiaz.pdf>

DIAZ VILLAR, Jesús David. 2017. *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*. Tesis [Ingeniero mecánico]. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5240/digital_36246.pdf?sequence=1

ESCARCENA, C. y CARRILLO, R. 2019. *Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de sostenimiento bolter 88*. Tesis [Ingeniero mecánico]. Lima: Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5582>

ESPINOZA MONTES, Ciro, 2014. *Metodología de la investigación Tecnológica Pensando en Sistemas*. Huancayo - Perú: Soluciones Gráficas S. A. C. 9786120016671.

FUCHS, M. et al. 2020. *Propuesta de mejora de plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean office en el proceso de inyección de polímeros*. Revista Ibérica de sistemas y tecnología de información. [en línea]. noviembre, (37). Pp: 41-51. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023].

Disponible en:
<https://www.proquest.com/docview/2472669173/A81D6895FC864304PQ/3>

HERRERA ZEVALLOS, Percy Alberto. 2021. *Método de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores C175-16 en la flota 793F del proyecto minero Constancia - Cusco*. Tesis [Maestro en ciencias]. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/14531/UPhezepa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MACEDO, D. y LÓPEZ, F. 2020. *Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho – Perú, utilizando RCM*. Tesis [Ingeniero industrial]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653812/Macedo_ND.pdf?sequence=3

MARTÍNEZ MORALES, Oscar Fabian. 2019. *Propuesta para la implementación de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para máquinas y equipos de mecanizado en el área de mantenimiento del Sena – Centro Metalmecánico*. Tesis [Maestro en gestión de integridad y corrosión]. Bogotá: Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en:
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/8532/1/Modelo_mantenimiento_centrado_en_confiabilidad.pdf

MOUBRAY, John. 2004. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. Traducción por Eliman Suerios y Asociados*. Buenos Aires, Argentina - Madrid, España, Edición en español, USA: Lillington, North Carolina. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. ISBN: 09539603-2-3. Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/399048691/1-Libro-RCM-J-Moubray-pdf#>

NORMA SAE JA1011. 1999. *Evaluation Criteria for Reability Centered Maintenance (RCM) Processes*, Society of Automotive Engineers, Inc The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space. EEUU. Disponible en: <http://www.gobookee.org/sae-ja1011/>

NORMA SAE JA1012 .2002. *A guide to the Reability Centered Maintenance (RCM) Standard*. Society of Automotive Engineers, Inc The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space. EEUU. Disponible en: <http://es.escribd.com/doc/93442957/Norma-SAEJA1012>

OSORIO LARA, Elvis Orlando. 2020. *Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55xp para mejorar su disponibilidad en una mina subterránea para el año 2020*. Tesis [Ingeniero mecánico]. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3604/Elvis%20Osorio_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SOTO MARTÍNEZ, Fredde Sixto. 2019. *Influencia del mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica del robot lanzador shotcrete en Consorcio Minero Horizonte*. Tesis [Ingeniero mecánico]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6557/T010_20038908_M.pdf?sequence=1

VALVERDE OBREGÓN, Abel Dino. 2021. *Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en Minera Chinalco Perú S.A*. Tesis [Maestro en gerencia del mantenimiento]. Lima: Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5884/TESIS_MAESTR%c3%8da_VALVERDE%20OBREGON_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VIDAURRE, J. et al. 2022. *Aumento de la disponibilidad de equipos de una empresa de polímeros enfocado en el método RCM*. Revista Ibérica de sistemas y tecnología de información. [en línea]. agosto, (52),148-160. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2758392122/A81D6895FC864304PQ/1>

YPANAQUE, C. y VARGAS, R. 2019. *Modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelos EC 145 y MI-17 de la dirección de aviación policial*. Tesis [Maestro en gerencia del mantenimiento]. Lima: Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta: 1 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6514/TESIS_MAESTRIA_YPANAQUE_VARGAS_FIME_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 2: Instrumento: Checklist de robot lanzador

CHECK LIST DE ROBOT LANZADOR

FECHA: _____

OPERADOR: _____

TURNO: _____

EQUIPO: _____

Horometro diesel : _____

Horometro Electrico: _____

Inicial: _____

Inicial: _____

Final: _____

Final: _____

N°	ITEMS A SER VERIFICADOS	ENTRADA		SALIDA		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
MOTOR DIESEL						
1	NV. ACEITE MOTOR					
2	RADIADOR					
3	CATALIZADOR					
4	ENFRIADOR HIDRAULICO					
5	FUGAS DE ACEITES					
6	FAJAS VENTILADOR					
7	FAJA DEL ALTERNADOR					
SIST. HIDRAULICO						
8	NIV. ACEITE HIDRAULICO					
10	CILINDRO DE DIRECCIÓN					
11	CILINDRO DE EXTENSIÓN EXTERIOR					
12	CILINDRO EXTENSIÓN INTERIOR					
13	CILINDRO DE LEVANTE					
14	MANGUERAS HIDRAULICAS DE PLUMA					
15	FUGAS DE ACEITES					
SIST. DE BOMBEO						
16	CILINDROS BUZOS					
17	TUBO "S"					
19	PLACA GAFA					
20	TINA LUBRICACIÓN CIL. BOMBEO					
21	MANGUERAS BOA					
22	MANGUERA DE AIRE					
23	MANOMETROS DE PRESION DE AIRE					
24	MANGUERA DE ADITIVO					
25	VÁLVULAS					
26	PIPA					
27	BOMBA DE ADITIVO					
SISTEMA ELECTRICO						
28	FAROS DELANTEROS					
29	FAROS POSTERIORES					
30	FAROS DE TRABAJO					
31	CLAXON					
32	ALARMA DE MARCHA DELANTERA/RETROCESO					
33	CIRCULINA					
34	ARRANCADOR					
35	INSTRUMENTOS DEL TABLERO					
36	CABLE ELECTRICO CONTROL					
37	TABLERO CONTROL					
38	CONTROL REMOTO					

ENROLLACABLE						
39	CONTROL VISUAL DEL CABLE ELECTRICO					
40	CONTROL VISUAL DE COUPLER ELECTRICO 440 V					
41	ESTADO DEL CABLE, PRESENCIA DE CORTES					
42	ESTADO DEL SUJETADOR DEL CABLE					
43	ESTADO DEL ENROLLACABLES					
CHASIS						
44	ASIENTO DE OPERADOR					
45	BRAZO TELESCOPICO					
46	EJES OSCILANTES					
47	GUARDA CABEZA					
48	PARRILLA					
49	PERNOS DE SOPORTE DIFERENCIAL					
50	SET DE PLACAS CABEZA ROBOTIZADA					
51	SOPORTE DE BRAZO (TORRETA)					
52	TANQUE DE ADITIVO					
53	TANQUE DE COMBUSTIBLE					
54	TANQUE HIDRÁULICO					
55	ESLINGAS,GRILLETES					
56	TINA DE CONCRETO					
57	VIBRADORA					
58	CADENA DE PUESTA A TIERRA					
LLANTAS						
59	NEUMÁTICOS					
60	TUERCAS DE NEUMATIC.					
61	SEGURO DE PESTAÑAS					
62	PESTAÑAS DE NEUMATIC.					
SEGURIDAD						
63	EXTINTOR					
64	CUÑAS DE SEGURIDAD					
65	CONOS DE SEGURIDAD					
66	CIRCULINA					
67	CORREA DE SEGURIDAD					
68	ESTADO DE ASIENTO					
69	BASTON LUMINOSO					
70	BOTQUIN					
Falla	Observaciones	Hora Inicial	Hora Final	Codigo		
				Mto Preventivo		
				Reparacion Programada		
				Falla Mecanica		
				Falla Electrica		
				Corte Energia		
				Accidentes		

Firma Operador

Firma de Supervisor

Anexo 3: Instrumento: Reporte de mantenimiento

REPORTE DE MANTENIMIENTO

EQUIPO	HOROMETRO	TURNO	FECHA																																				
TIPO DE TRABAJO																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MTT. PREVENTIVO</td><td style="width: 20px;"></td></tr> <tr><td>MTTO.CORRECTIVO</td><td></td></tr> <tr><td>MTTO.PROGRAMADO</td><td></td></tr> </table>	MTT. PREVENTIVO		MTTO.CORRECTIVO		MTTO.PROGRAMADO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">HORA INICIO</th> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	HORA INICIO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>INSPECCION</td><td style="width: 20px;"></td></tr> <tr><td>AUXILIO MECANICO</td><td></td></tr> <tr><td>OTROS</td><td></td></tr> </table>	INSPECCION		AUXILIO MECANICO		OTROS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">HORA FINAL</th> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table>	HORA FINAL																					
MTT. PREVENTIVO																																							
MTTO.CORRECTIVO																																							
MTTO.PROGRAMADO																																							
HORA INICIO																																							
INSPECCION																																							
AUXILIO MECANICO																																							
OTROS																																							
HORA FINAL																																							
SISTEMA																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MOTOR DIESEL</td><td style="width: 20px;"></td></tr> <tr><td>SIST.ELECTRICO/LUCES</td><td></td></tr> <tr><td>CORONAS Y EJES</td><td></td></tr> <tr><td>SIST. HIDRAULICO</td><td></td></tr> <tr><td>SIST.FRENOS</td><td></td></tr> <tr><td>CHASIS</td><td></td></tr> </table>	MOTOR DIESEL		SIST.ELECTRICO/LUCES		CORONAS Y EJES		SIST. HIDRAULICO		SIST.FRENOS		CHASIS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>SIST. HIDRAULICO BOMBA</td><td style="width: 20px;"></td></tr> <tr><td>SIST.HIDRAULICO PLUMA</td><td></td></tr> <tr><td>ELEMENTOS DE DESGASTE DE BOMBA</td><td></td></tr> <tr><td>ESTRUCTURA PLUMA/ESTABILIZADORES</td><td></td></tr> <tr><td>TUBERIAS Y ACCESORIOS</td><td></td></tr> <tr><td>SISTEMA ELECTRICO DE PLUMA</td><td></td></tr> </table>	SIST. HIDRAULICO BOMBA		SIST.HIDRAULICO PLUMA		ELEMENTOS DE DESGASTE DE BOMBA		ESTRUCTURA PLUMA/ESTABILIZADORES		TUBERIAS Y ACCESORIOS		SISTEMA ELECTRICO DE PLUMA		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>DIRECCION/SUSPENSION</td><td style="width: 20px;"></td></tr> <tr><td>SIST. DE ADITIVO</td><td></td></tr> <tr><td>LLANTAS</td><td></td></tr> <tr><td>COMPRESOR DE TORNILLO</td><td></td></tr> <tr><td>SISTEMA ELECTRICO BOMBA</td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </table>	DIRECCION/SUSPENSION		SIST. DE ADITIVO		LLANTAS		COMPRESOR DE TORNILLO		SISTEMA ELECTRICO BOMBA				
MOTOR DIESEL																																							
SIST.ELECTRICO/LUCES																																							
CORONAS Y EJES																																							
SIST. HIDRAULICO																																							
SIST.FRENOS																																							
CHASIS																																							
SIST. HIDRAULICO BOMBA																																							
SIST.HIDRAULICO PLUMA																																							
ELEMENTOS DE DESGASTE DE BOMBA																																							
ESTRUCTURA PLUMA/ESTABILIZADORES																																							
TUBERIAS Y ACCESORIOS																																							
SISTEMA ELECTRICO DE PLUMA																																							
DIRECCION/SUSPENSION																																							
SIST. DE ADITIVO																																							
LLANTAS																																							
COMPRESOR DE TORNILLO																																							
SISTEMA ELECTRICO BOMBA																																							
DESCRIPCION DE FALLA O ACTIVIDAD																																							
TRABAJOS REALIZADOS																																							

Anexo 4: Base de datos

Lista de quipos

ITEM	TIPO DE EQUIPO	CÓDIGO INTERNO	MARCA
1	Shotcretera	SHO034	WETKRET4
2	Shotcretera	SHO035	WETKRET4
3	Shotcretera	SHO037	WETKRET4
4	Shotcretera	SHO040	WETKRET4
5	Shotcretera	SHO044	WETKRET4

Datos obtenidos de los equipos al aplicar los instrumentos

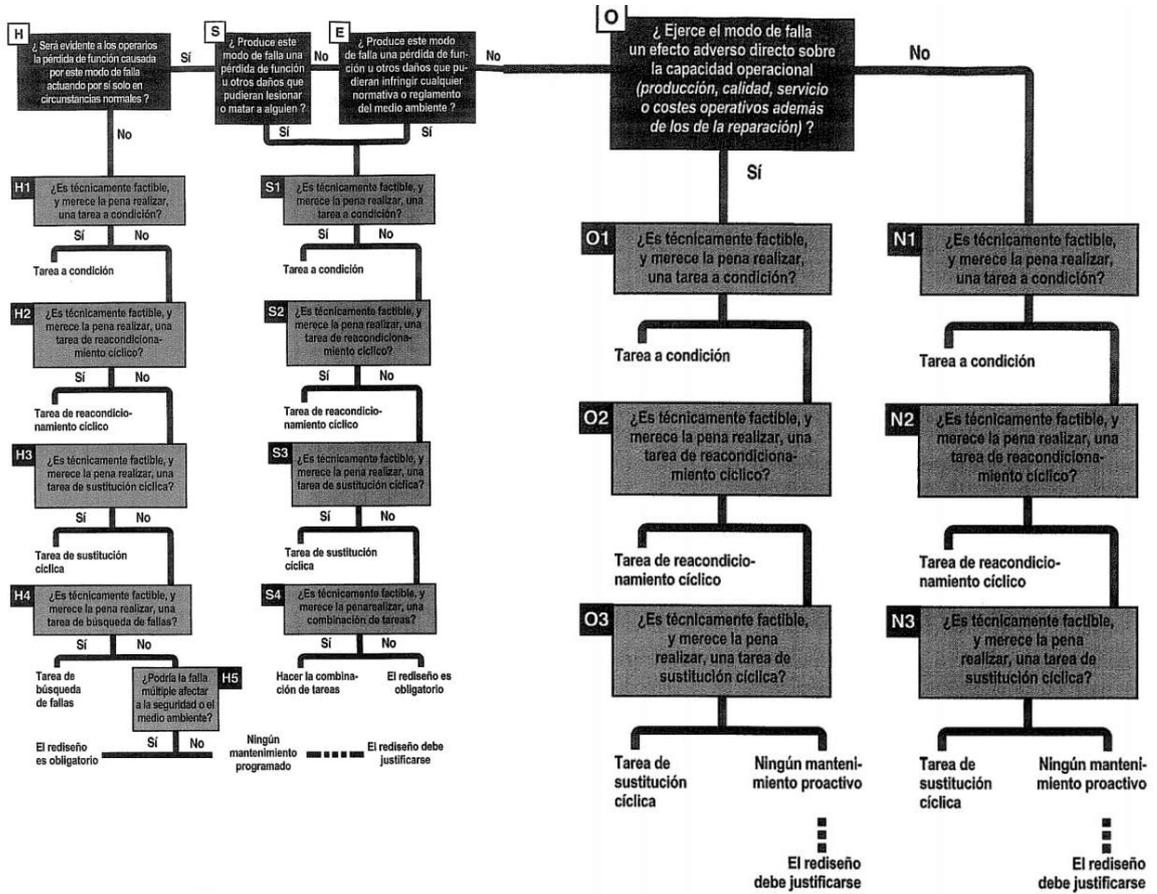
ITE	UBICACIÓN	TIPO EQUIPO	TIPO INSTRUMENTO	HR. TRABAJOS	HOROMETRO DIESEL INICIAL	FECHA DE INICIO	HORA INICIO DE PARADA	HORA FIN DE PARA	TIPO DE PARADA	TIPO DE ATENCION	COMPONENTE DE FALLA	SUB COMPONENTE DE FALLA	DESCRIPCION DE LA FALLA / OBSERVACIONES	TIPO DE FALLA	RIESGO	HORAS PROGRAMADAS	HRS. OPERATIVAS	HRS. OPERATIVOS M. ELECT.
20	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2558	1/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	BATEA	DESMTONAJE PARA CAMBIO CIL TRANSPORTE	Desgastado	3	0	0.00	0.
21	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2055	1/01/2022	13:00	15:00	AUXILIO		SIST_HDR_BOMBA	MANGUERA		Fuga	3	0	0.00	0.
22	INMACULADA	shotcretera	SHO040	MANTTO	1679	1/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	CILINDRO DIFERENCIAL	DESMTONAJE PARA CAMBIO CIL TRANSPORTE	Desgastado	3	0	0.00	0.
43	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2065	2/01/2022	12:00	13:00	CORRECTIVO		MOTOR	CAÑERIA		Fuga	3	0	0.00	0.
44	INMACULADA	shotcretera	SHO040	MANTTO	1679	2/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	CILINDRO DIFERENCIAL	DESMTONAJE PARA CAMBIO CIL TRANSPORTE	Desgastado	3	0	0.00	0.
64	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2558	3/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	CILINDRO DIFERENCIAL	DESMTONAJE PARA CAMBIO CIL TRANSPORTE	Desgastado	3	0	0.00	0.
65	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2069	3/01/2022	13:00	14:00	AUXILIO		SISTEMA ELECTRICICO	CLAXON		Desajustado	3	0	0.00	0.
126	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2558	6/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	CILINDRO DIFERENCIAL	DESMTONAJE PARA CAMBIO CIL TRANSPORTE	Desgastado	3	0	0.00	0.
127	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2087	6/01/2022	1:00	2:00	AUXILIO		SIST_HDR_PLUMA	MOTOR HIDRAULICO	MOTOR ORBITOR	Fuga	3	0	0.00	0.
146	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2854	7/01/2022	9:00	12:00	AUXILIO		SIST_ELECT_BOMBA	SENSOR	FALLA SENSOR DE EMBOLADAS	Roto	3	0	0.00	0.
147	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2558	7/01/2022	10:00	18:00	CORRECTIVO		ELEMENTOS_DESGASTE	CILINDRO DIFERENCIAL	SE CULMINA MONTAJE	Desgastado	3	0	0.00	0.
148	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2091	7/01/2022	19:00	20:00	CORRECTIVO		SISTEMA_DE_ADITIVO	MANGUERA	CAMBIO MANGUERA DE DIFUSOR	Roto	3	0	0.00	0.
163	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2858	8/01/2022	16:00	18:00	AUXILIO		SIST_HDR_PLUMA	CILINDRO	EXTENSION DE BRAZO	Fuga	3	0	0.00	0.
187	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2861	9/01/2022	8:00	18:00	CORRECTIVO		ESTRUCTURA_DE_PLUMA	LAINAS DESGASTE		Desgastado	3	0	0.00	0.
188	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2569	9/01/2022	11:00	12:00	AUXILIO		ESTRUCTURA_DE_PLUMA	CONECTOR	ROTURA CONECTOR 360	Roto	3	0	0.00	0.
209	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2868	10/01/2022	10:00	11:00	AUXILIO		SIST_HDR_PLUMA	CILINDRO HIDRAULICO	FUGA POR CONECTOR	Fuga	3	0	0.00	0.
228	INMACULADA	shotcretera	SHO040	MANTTO	1736	11/01/2022	8:00	14:00	CORRECTIVO		CHASIS	ESTRUCTURA	SOLDADURA DE PLUMA	Roto	3	0	0.00	0.
248	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2884	12/01/2022	14:00	15:00	AUXILIO		SIST_ELECT_BOMBA	SENSOR		Limpieza	3	0	0.00	0.
249	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2584	12/01/2022	16:00	17:00	AUXILIO		SIST_HDR_BOMBA	VALVULA	FUGA POR BLOCK	Fuga	3	0	0.00	0.
268	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2588	13/01/2022	2:00	5:00	AUXILIO		SISTEMA ELECTRICICO	ARRANCADOR		Desajustado	3	0	0.00	0.
269	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2117	13/01/2022	8:00	12:00	CORRECTIVO		ESTRUCTURA_DE_PLUMA	PLACA C	CHOQUE ROBOJET	Roto	3	0	0.00	0.
289	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2588	14/01/2022	1:00	2:00	AUXILIO		MOTOR	MOTOR	NO GIRA MOTOR	Desajustado	3	0	0.00	0.
309	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2125	15/01/2022	12:00	13:00	AUXILIO		SIST_HDR_PLUMA	MOTOR HID	CONECTOR 360	Roto	3	0	0.00	0.
329	INMACULADA	shotcretera	SHO035	MANTTO	2588	16/01/2022	8:00	18:00	INSPECCION		MOTOR	MOTOR	MOTOR NO GIRA	Roto	3	0	0.00	0.
371	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2144	18/01/2022	15:00	16:00	AUXILIO		LLANTAS	LLANTA		LLANTA BAJA	3	0	0.00	0.
390	INMACULADA	shotcretera	SHO040	MANTTO	1777	19/01/2022	10:00	13:00	CORRECTIVO		ESTRUCTURA_DE_PLUMA	BRAZO	SOLDADURA DE ESTRUCTURA	Roto	3	0	0.00	0.
430	INMACULADA	shotcretera	SHO037	MANTTO	2159	21/01/2022	12:00	16:00	PREVENTIVO		MP	PLAN A		MP EJECUTA	3	0	0.00	0.
450	INMACULADA	shotcretera	SHO034	MANTTO	2935	22/01/2022	6:00	10:00	PREVENTIVO		MP	PLAN A		MP EJECUTA	3	0	0.00	0.
507	INMACULADA	shotcretera	SHO040	MANTTO	1806	25/01/2022	6:00	12:00	PREVENTIVO		MP	PLAN B		MP EJECUTA	3	0	0.00	0.

Datos de los Equipos Aplicando los instrumentos

	#	CODIGO INTERNO	Horometro Diesel	FECHA	TIPO DE PARADA	COMPONENTE	SUB COMPONENTE	DESCRIPCION DE LA FALLA / OBS.	TIPO DE FALLA	HRS DE PARADA
↓ Seleccione el equipo ↓	1	SHO037		1-Jan	AUXILIO	SIST_HIDR_BOMBA	MANGUERA		Fuga	2.0
SHO037	2	SHO037		2-Jan	CORRECTIVO	MOTOR	CAÑERIA		Fuga	1.0
	3	SHO037		3-Jan	AUXILIO	SISTEMA_ELECTRICO	CLAXON		Desajustado	1.0
	4	SHO037		6-Jan	AUXILIO	SIST_HIDR_PLUMA	MOTOR HIDRAULICO	MOTOR ORBITOR	Fuga	1.0
	5	SHO037		7-Jan	CORRECTIVO	SISTEMA_DE_ADITIVO	MANGUERA	CAMBIO MANGUERA DE DIFUSOR	Roto	1.0
	6	SHO037		13-Jan	CORRECTIVO	ESTRUCTURA_DE_PLUMA	PLACA C	CHOQUE ROBOJET	Roto	4.0
	7	SHO037		15-Jan	AUXILIO	SIST_HIDR_PLUMA	MOTOR HID	CONECTOR 360	Roto	1.0
	8	SHO037		18-Jan	AUXILIO	LLANTAS	LLANTA		LLANTA BAJA	1.0
	9	SHO037		18-Feb	CORRECTIVO	CHASIS	ESTRUCTURA	SOLDADURA DE SOPORTES	Roto	3.0
	10	SHO037		27-Feb	AUXILIO	SISTEMA_ELECTRICO	SENSOR	SENSOR DE EMBOLADA DE BATEA	Desgastado	1.0
	11	SHO037		28-Feb	AUXILIO	SISTEMA_ELECTRICO	REARME	CAMBIO SENSOR EMBOLADAS	0	2.0
	12	SHO037		3-Mar	AUXILIO	MOTOR	RADIADOR	ROTURA DE RADIADOR	Roto	1.0
	13	SHO037		6-Mar	CORRECTIVO	MOTOR	RADIADOR	CAMBIO DE RADIADOR POR FUGA	Desgastado	10.0
	14	SHO037		8-Mar	AUXILIO	SIST_HIDR_PLUMA	ALVULA CONTRABALANC	FUGA POR VALVULA CONTRBALANCE	Desajustado	1.0
	15	SHO037		10-Mar	AUXILIO	SIST_HIDR_BOMBA	MANGUERA HIDRAULICA	FUGA POR MANGUERA DE BOMBA	Desajustado	2.0
	16	SHO037		11-Mar	AUXILIO	SIST_HIDR_PLUMA	CILINDRO HIDRAULICO	FUGA POR CONECORES DE CILINDRO	Desajustado	2.0
	17	SHO037		12-Mar	AUXILIO	SIST_ELECT_BOMBA	COLECTOR ARRASTRE	FALLA DE RODAMIENTOS DE CARRETE	Desgastado	3.0
	18	SHO037		13-Mar	CORRECTIVO	SIST_ELECT_BOMBA	COLECTOR ARRASTRE	FALLA DE RODAMIENTOS DE CARRETE	Desgastado	24.0
	19	SHO037		14-Mar	CORRECTIVO	SIST_ELECT_BOMBA	COLECTOR ARRASTRE	FALLA DE RODAMIENTOS DE CARRETE	Desgastado	24.0
	20	SHO037		15-Mar	CORRECTIVO	SIST_ELECT_BOMBA	COLECTOR ARRASTRE	FALLA DE RODAMIENTOS DE CARRETE	Desgastado	24.0

Anexo 7: Otros

Diagrama de decisión RCM



Operatividad SHOTCRETERA

