

PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.

**Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la Pinza Desembragable A108C  
del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar.**

Johan Javier Parada Escalante

Rafael José Salas Arrieta

PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

**Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la Pinza Desembragable A108C  
del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar.**

Johan Javier Parada Escalante

Código: 125641

Rafael José Salas Arrieta

Código: 125654

Asesor

Carlos Linares Valentin

Especialización en Gerencia de mantenimiento

Universidad ECCI

2023

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

**Tabla de contenido**

1 Problema De Investigación.....	13
1.1 Título.....	13
1.2 Descripción del problema. ....	13
1.3 Pregunta problema .....	14
2 Objetivo General.....	15
3 Objetivos Específicos.....	15
4 Justificación .....	16
4.1 Marco de referencia .....	17
4.2 Estado del arte nacional .....	18
<b>4.2.1 Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al SITP.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.2 Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.3 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.4 Diseño de un plan basado en las herramientas del mantenimiento centralizado en la confiabilidad para la flota Volvo de los vehículos del SITP en la empresa “ETIB SAS UNE SAN JOSE II”.....</b>	<b>21</b>

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

<b>4.2.5 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM aplicado al sistema ADBLUE en los BLUE BIRD EURO4.</b> .....	22
4.3 Estado del arte internacional.....	23
<b>4.3.1 Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses en una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo.</b> .....	23
<b>4.3.2 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP.</b> .....	24
<b>4.3.3 Implementación de un plan de mantenimiento basado en (RCM) para incrementar la productividad del proceso de mantenimiento de los buses de Empresa Buena Estrella, S.A.C., La Victoria, Lima, 2021.</b> .....	24
<b>4.3.4 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito.</b> .....	25
<b>4.3.5 Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar el factor de disponibilidad mecánica de los buses de la empresa 3 De Octubre S.A., En la ciudad de Arequipa – 2022.</b> .....	26
4.4 Marco teórico .....	27
<b>4.4.1 Sistemas de transporte</b> .....	27
<b>4.4.2 Evolución de los sistemas de transporte</b> .....	27
<b>4.4.3 Actualidad en sistemas de transporte</b> .....	28
<b>4.4.4 Sistemas de transporte por cable</b> .....	29

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

4.4.5 Teleféricos.....	30
4.4.6 Tipos de teleféricos.....	31
4.4.7 Descripción general del teleférico de Ciudad Bolívar .....	32
4.4.8 Teleférico tipo monocable desembagables.....	33
4.4.9 Componentes generales de un teleférico tipo monocable desembagables.....	33
4.4.10 Mantenimiento de pinza desembagables A108C.....	38
4.4.11 Sistema de gestión de mantenimiento .....	39
4.4.12 Mantenimiento industrial.....	41
4.4.13 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM .....	42
4.5 Marco legal .....	44
5 Marco metodológico .....	46
5.1 Enfoque.....	46
5.2 Alcance de la investigación .....	47
5.3 Paradigma .....	47
5.4 Fase del estudio.....	48
5.4.1 WBS.....	48
5.4.2 Diagrama de Gantt. ....	50
5.5 Recopilación de la información .....	54
5.5.1 Fuentes primarias de la información. ....	54
5.5.2 Fuente secundaria de la información. ....	55

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

<b>5.5.3 Información recopilada.</b> .....	55
5.6 Análisis de la información recopilada.....	58
6 Resultados .....	60
6.1 Análisis e interpretación de los resultados esperados .....	60
6.2 Propuesta de solución .....	62
7 Análisis financiero .....	90
8 Conclusiones .....	93
9 Recomendaciones .....	95
10 Referencia bibliografía.....	97

**Tabla de tablas**

Tabla I.....	49
Tabla II.....	51
Tabla III .....	52
Tabla IV .....	53
Tabla V.....	54
Tabla VI .....	56
Tabla VII.....	57
Tabla VIII.....	63
Tabla IX .....	65
Tabla X.....	67

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

Tabla XI .....	72
Tabla XII.....	91

**Tabla de anexos**

Anexo 1. Repuesto

Anexo 2. Taxonomía

Anexo 3. RCM

Anexo 4. Plan de mantenimiento

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **Resumen**

Este proyecto tiene como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la Pinza Desembragable A108C del sistema teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar. El propósito es optimizar el plan de mantenimiento actual para minimizar los costos asociados a piezas de alto costo y mantener una alta confiabilidad del equipo.

Para desarrollar el plan de mantenimiento, se recopiló toda la información pertinente del equipo, como planos, manuales y normas. Se elaboró la taxonomía del equipo y se llevó a cabo un análisis RCM para identificar los modos de falla, las causas de las fallas y la categorización de los efectos de las fallas.

Con la información recopilada, se desarrolló un plan de mantenimiento que incluye rutinas y actividades de mantenimiento. Se espera que, tras un año de implementación, se observen mejoras en el comportamiento de las pinzas y una reducción de los costos asociados al mantenimiento, sin afectar la confiabilidad del equipo.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **Abastrac**

This project aims to develop a reliability-centered maintenance plan for the A108C Detachable Clamp of the TransMiCable cable car system in Ciudad Bolívar. The purpose is to optimize the current maintenance plan in order to minimize costs associated with high-cost parts and maintain high equipment reliability.

To develop the maintenance plan, all relevant equipment information such as blueprints, manuals, and standards was gathered. The equipment taxonomy was established, and an RCM analysis was conducted to identify failure modes, causes of failures, and categorize the effects of failures.

Based on the collected information, a maintenance plan was developed, which includes maintenance routines and activities. It is expected that after one year of implementation, improvements in the clamp's performance will be observed, along with a reduction in maintenance costs, without compromising equipment reliability.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **Palabras claves**

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM): Enfoque sistemático para desarrollar planes de mantenimiento que identifiquen y aborden los modos de falla y requisitos específicos de los equipos, maximizando la confiabilidad y la disponibilidad.

Modos de falla: Las diferentes formas en que un equipo puede dejar de funcionar o no cumplir con su función prevista debido a fallas o degradación.

Causas raíz: Las causas fundamentales que contribuyen a la aparición de los modos de falla, generalmente identificadas a través de un análisis detallado.

Mantenimiento preventivo: Actividades planificadas y sistemáticas realizadas para prevenir fallas y mantener el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento.

Mantenimiento correctivo: Acciones tomadas para corregir una falla existente y restaurar el equipo a su estado operativo normal.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tiempos de inactividad no planificados: Periodos en los que el equipo no puede operar debido a fallas o necesidad de reparaciones no programadas, lo que puede causar interrupciones en la operación normal del sistema.

Disponibilidad del sistema: Medida de la capacidad del sistema para estar en funcionamiento cuando sea necesario, minimizando los tiempos de inactividad y maximizando la operatividad.

Confiabilidad: La capacidad de un equipo o sistema para funcionar de manera constante y predecible, sin experimentar fallas o interrupciones significativas.

Costos de mantenimiento: Los gastos asociados con la ejecución de actividades de mantenimiento, incluyendo mano de obra, piezas de repuesto, herramientas y equipos necesarios.

Optimización de costos: Proceso de reducir los costos de mantenimiento sin comprometer la confiabilidad y la calidad del equipo y los servicios.

Vida útil del equipo: El período de tiempo estimado durante el cual el equipo puede operar de manera eficiente y confiable antes de requerir una renovación o reemplazo.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Análisis de riesgos: Evaluación sistemática de los riesgos asociados con los modos de falla, que ayuda a priorizar las acciones de mantenimiento y mitigación.

Eficiencia operativa: Medida de la capacidad de un sistema para operar de manera efectiva y sin problemas, minimizando los desperdicios y maximizando la productividad.

Mejora continua: Proceso constante de buscar y aplicar mejoras en los métodos, procesos y resultados del mantenimiento, con el objetivo de lograr un rendimiento superior y una mayor eficacia.

Gestión de mantenimiento: Planificación, organización y control de todas las actividades de mantenimiento, incluyendo la implementación de estrategias y planes para garantizar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

Pinza desembagable A108C: Componente específico del sistema teleférico

TransMiCable: Sistema teleférico urbano ubicado en Ciudad Bolívar, cuyo correcto funcionamiento es fundamental para el transporte confiable de pasajeros.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **1 Problema De Investigación.**

#### **1.1 Título.**

Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la Pinza Desembragable A108C del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar.

#### **1.2 Descripción del problema.**

La operación segura y eficiente del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar es crucial para garantizar el transporte confiable de pasajeros. Actualmente, el sistema cuenta con un plan de mantenimiento que ha demostrado buenos indicadores de gestión. Sin embargo, se identifica la necesidad de optimizar aún más dicho plan con el objetivo de mejorar la confiabilidad y prolongar la vida útil de la pinza desembragable A108C.

El problema radica en que, a pesar de los resultados satisfactorios, existen oportunidades para fortalecer el plan de mantenimiento centrándose en la confiabilidad de la pinza desembragable A108C. Se requiere una propuesta de implementación de un nuevo enfoque, basado en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que permita identificar y abordar de manera proactiva los modos de falla y los requisitos de mantenimiento específicos de la pinza desembragable A108C.

La investigación se basa en la importancia de maximizar la disponibilidad y la confiabilidad del sistema teleférico, reducir los tiempos de inactividad no planificados y mejorar la seguridad para

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

los usuarios. Además, se busca aprovechar los beneficios potenciales que ofrece el enfoque RCM para optimizar los recursos de mantenimiento y minimizar los costos asociados.

Esta investigación propondrá mejoras concretas y aplicables al plan de mantenimiento existente, utilizando un enfoque RCM adaptado a las necesidades del sistema. Se espera que los resultados obtenidos proporcionen recomendaciones prácticas para optimizar la confiabilidad y prolongar la vida útil de la pinza desembragable A108C, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la satisfacción de los usuarios del Sistema Teleférico TransMicable de Ciudad Bolívar. Además, esta propuesta de implementación podría servir como referencia para otros sistemas similares que busquen mejorar sus prácticas de mantenimiento y maximizar el rendimiento de sus equipos clave.

### **1.3 Pregunta problema**

¿Como optimizar el plan de mantenimiento de la pinza A108C que permita reducir costos sin afectar la confiabilidad?

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **2 Objetivo General**

Proponer un plan de mantenimiento basado en RCM para la pinza A108C del sistema TransMiCable de ciudad bolívar.

### **3 Objetivos Específicos**

1. Recopilar información del plan de mantenimiento de la pinza desembragable A108C.
2. Definir cuáles son las deficiencias del plan de mantenimiento de la pinza A108C que se deben mejorar.
3. Elaborar un plan de mantenimiento basado en RCM que reduzca los costos de mantenimiento y conserve una alta confiabilidad del equipo

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4 Justificación**

Este proyecto tiene como objetivo mejorar el comportamiento del gasto en repuestos asociados al equipo, lo que puede resultar en una disminución significativa de los costos de mantenimiento correctivo. Además, al aumentar la confiabilidad del equipo, se puede mejorar su disponibilidad, lo que tiene un gran impacto en la prestación del servicio. De hecho, la disponibilidad del equipo es un indicador clave para cumplir con las condiciones contractuales, que establecen una disponibilidad operativa del 98%.

La falta de confiabilidad del equipo puede tener consecuencias negativas, como interrupciones en el servicio y una disminución en la satisfacción del cliente. Además, los costos de mantenimiento correctivo pueden ser significativos, lo que afecta directamente la rentabilidad de la empresa. Por lo tanto, mejorar el comportamiento del gasto en repuestos asociados al equipo es fundamental para reducir los costos y mejorar la rentabilidad a mediano plazo.

Desde el inicio de la operación el 28 de diciembre del 2019 el sistema TransMicable ha movilizado más de 29.003.603 de personas lo que implica un aproximado de 345.280 viajes por buses, por lo tanto la operación del sistema TransMicable redujo la cantidad de dióxido de carbono que se desprende a la atmosfera. Los trayectos promedios por viajes vía terrestre implicaban un tiempo de 45 minutos por sentido diario, lo que implicaba un tiempo total de 1,5 horas diarias. La entrada en operación ha disminuido en gran medida estos aspectos ya que al ser un sistema 100% eléctrico y de movimiento continuo disminuye los tiempos de traslado y las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, la calidad de vida de los habitantes se ha visto beneficiada por mejor calidad de aire y mejoras en el tráfico de la localidad bajo la influencia directa del sistema TransMicable, por esto, en gran medida, es responsabilidad del operador



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

garantizar la disponibilidad del servicio operativo, de ahí la importancia de la implementación un modelo de mantenimiento que sea sostenible y seguro.

Se elaborará un nuevo plan de mantenimiento para la pinza desembagable A108C que estará estructurado en actividades de mantenimiento que permitirán cumplir con los objetivos del proyecto. Este nuevo plan de mantenimiento estará enfocado en mejorar la confiabilidad del equipo y reducir los costos de mantenimiento.

Se identificarán las deficiencias del plan de mantenimiento actual de la pinza desembagable A108C a través del análisis de su historial de correctivos. Este análisis permitirá corregir las deficiencias encontradas y reducir la cantidad de acciones correctivas necesarias, lo que implicará una reducción en los costos por recambios de piezas y repuestos. Se implementará el nuevo plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, lo que permitirá reducir los costos de mantenimiento sin afectar la alta confiabilidad del equipo. Esto se logrará a través de la realización de actividades de mantenimiento preventivo y predictivo en el momento oportuno, lo que evitará la aparición de fallos y la necesidad de realizar mantenimiento correctivo.

Se medirán los resultados del nuevo plan de mantenimiento y se compararán con los resultados del plan anterior. Esto permitirá evaluar el impacto del proyecto en la reducción de costos y la mejora de la confiabilidad del equipo

### **4.1 Marco de referencia**

Es importante destacar que, a pesar de que se realizó una búsqueda exhaustiva en la red, no se encontraron propuestas de plan de mantenimiento específicamente para sistemas por

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

cables. Debido a que los sistemas por cables son relativamente raros en comparación con otros sistemas de transporte. En este proyecto de tesis se utilizarán antecedentes basados en tesis de propuestas de plan de mantenimiento aplicado a sistemas de transporte bajo la metodología de RCM debido a que estos sistemas tienen características similares al sistema por cables que se estudiará en este proyecto. Por lo tanto, estos antecedentes pueden proporcionar información valiosa sobre la metodología y las mejores prácticas que se pueden aplicar al diseño del plan de mantenimiento para el sistema por cables.

### 4.2 Estado del arte nacional

#### **4.2.1 Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al SITP.**

En mayo del 2018, el profesional Jose Luis Rodríguez llevó a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniero mecánico, para la universidad Francisco Jose de Caldas Colombia

El trabajo es titulado “Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al SITP” el trabajo consiste en realizar un plan de mantenimiento para una flota de 202 vehículos de transporte público, ajustado a las condiciones reales de la geografía y medio ambiente en las rutas que opera la flota, ya que el plan de mantenimiento que brinda el fabricante no alcanza a cubrir el impacto real que resulta de la operación. Este proyecto se enfoca en desarrollar una

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

propuesta de plan de mantenimiento para la flota de vehículos de la empresa Tranzit S.A.S, que es parte del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) en Bogotá, Colombia.

La propuesta se basa en el análisis de la confiabilidad de los vehículos y se desarrolla en tres fases principales: el análisis de la información de la flota, el análisis de la confiabilidad y el desarrollo del plan de mantenimiento. La primera fase implica la recolección de información sobre los vehículos de la flota, incluyendo los datos técnicos y de mantenimiento. La segunda fase se enfoca en analizar la confiabilidad de los vehículos y sus componentes, utilizando técnicas estadísticas y de análisis de datos. Por último, en la tercera fase se desarrolla el plan de mantenimiento basado en la información recopilada y el análisis de la confiabilidad.

En este proyecto nos permite identificar una metodología con enfoque cuantitativo, el autor utilizó técnicas estadísticas y de análisis de datos para analizar la confiabilidad de los vehículos y sus componentes, lo que implica la cuantificación de datos y la realización de cálculos numéricos para obtener resultados objetivos y medibles. Además, el desarrollo del plan de mantenimiento se basa en la información recopilada y el análisis cuantitativo de la confiabilidad de los vehículos, lo que sugiere un enfoque cuantitativo para la toma de decisiones.

### **4.2.2 Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público.**

En Marzo del 2019, los profesionales Rafael Antonio Cárdenas Malagón, Andrés Leonardo Bocanegra Ramírez, Sergio Eduardo Moreno Ramírez llevaron a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de especialista en gerencia de mantenimiento para la universidad ECCI Bogotá D.C Colombia.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El trabajo es titulado “Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público” el proyecto consiste en determinar cuáles son las causales del no cumplimiento del indicador DPV para los autobuses objeto de la investigación para proponer una mejora al plan de mantenimiento de una flota de autobuses de servicio público para aumentar la disponibilidad, reducir los costos y prolongar la vida útil de los mismos.

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó un diagnóstico del plan de mantenimiento existente en la empresa, se identificaron las fallas más comunes y se propusieron estrategias de mejora. Se utilizó la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para diseñar el nuevo plan de mantenimiento, el cual incluye la identificación de los equipos críticos, la definición de las tareas de mantenimiento y la programación de las mismas en función de la criticidad de los equipos.

### **4.2.3 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009.**

En el 2020, el profesional Sebastián Tabares Ríos lleva a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título Ingeniero mecánico en la universidad de Antioquia Medellín Colombia.

El trabajo es titulado “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009” en este trabajo se identifican los componentes y su funcionamiento, se aplica la metodología RCM para determinar los componentes críticos que requieren un mantenimiento adecuado, una vez identificados los

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

componentes críticos se establecen las tareas de mantenimiento específicas que se deben llevar a cabo, se establecen las frecuencias recomendadas para realizar estas tareas con el fin de garantizar la confiabilidad y el rendimiento del sistema de tracción.

Finalmente se evalúa la efectividad del plan de mantenimiento propuesto mediante el análisis de costos y beneficios. Se consideran los costos asociados con la implementación del plan de mantenimiento y los beneficios esperados, como la reducción de fallas y el aumento de la vida útil del sistema de tracción.

### **4.2.4 Diseño de un plan basado en las herramientas del mantenimiento centralizado en la confiabilidad para la flota Volvo de los vehículos del SITP en la empresa “ETIB SAS UNE SAN JOSE II”.**

En el 2019 el profesional Jose Inocencio Herrera H, lleva a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de ingeniero mecánico en la universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Bogotá D.C.

La tesis aborda la problemática de mantener una flota de vehículos Volvo en óptimas condiciones para brindar un servicio de transporte urbano eficiente en la localidad de BOSA, en cumplimiento del contrato de concesión 003/2010. Se identifican diversos desafíos, como el desgaste prematuro de los vehículos debido al estado vial, el cambio de operador y la gran demanda de usuarios en la zona. Estos factores generan la necesidad de mejorar continuamente los planes de mantenimiento, aumentando la confiabilidad y disponibilidad de la flota. En este trabajo de grado se plantean objetivos específicos, como analizar los indicadores de gestión para evaluar el desempeño de la flota, identificar los fallos reiterativos mediante un análisis Pareto,

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

evaluar fortalezas y debilidades del mantenimiento preventivo actual, y diseñar un plan de mantenimiento ajustado a las necesidades de la flota contribuyendo así a brindar un servicio de transporte urbano más eficiente y satisfactorio para los usuarios.

### **4.2.5 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM aplicado al sistema ADBLUE en los BLUE BIRD EURO4.**

En el 2019 los ingenieros Karina A, López, Ivan Bardoza, Diego F, Ruge llevan a cabo un proyecto de tesis para obtener el título de especialista en gerencia de mantenimiento en la universidad ECCI bajo la dirección de postgrados Bogotá.

El trabajo de tesis se enfoca en el sector automotriz, específicamente en los buses del sector público, el objetivo principal es obtener disponibilidad y confiabilidad, disminuyendo el número de buses inoperativos debido a fallas en este sistema y garantizar una reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente. La metodología utilizada en el marco metodológico es un enfoque de estudio, observación y análisis, se utilizó el software de mantenimiento SIEF para obtener datos históricos de las fallas recurrentes en la flota Blue Bird, también se consultaron los manuales técnicos del fabricante para obtener información técnica adicional.

En cuanto a los resultados, se concluye que el enfoque RCM II es integral y completo para analizar las fallas en los equipos, se establecieron una serie de actividades y tareas basadas en la metodología RCM II, lo que permitirá alargar la vida útil de los equipos y cumplir con los requerimientos de mantenimiento. En cuanto al análisis financiero El ROI obtenido es del 4.64%, lo que indica una factibilidad económica positiva.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 4.3 Estado del arte internacional

#### **4.3.1 Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses en una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo.**

En septiembre del 2018, el profesional Durand Delgado Harold Noe, llevó a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniero industrial, para la Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Perú

El trabajo es titulado “Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses de una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo” En el desarrollo de este proyecto se identifican las causas de las paradas no programadas y se proponen acciones correctivas y preventivas para mejorar el proceso de mantenimiento y la gestión del mantenimiento. Además, se evalúa la efectividad de la propuesta de mejora mediante un análisis de costo-beneficio y se concluye que la aplicación de la metodología RCM y el mantenimiento autónomo son efectivos para mejorar la eficiencia de la empresa de transporte público y reducir los costos asociados a las paradas no programadas, además se identifican metodologías aplicadas como las 5S, se aplicaron técnicas de análisis de datos cualitativos, como la codificación y el análisis temático para identificar patrones y temas recurrentes en las respuestas obtenidas. La información obtenida a través de este análisis cualitativo fue fundamental para la posterior aplicación de las metodologías de mejora propuestas en la tesis.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4.3.2 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP.**

En el 2021, los profesionales Doménica Jaqueline Flores Romero, Dennis Mateo Molina Rivera, llevaron a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniera mecánica automotriz e Ingeniero mecánico automotriz, para la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Ecuador

El trabajo es titulado “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP”. Para lograr este objetivo, los autores realizaron un análisis de la flota vehicular y de los procesos de mantenimiento existentes en la empresa. Luego, se implementa la metodología de RCM para identificar los modos de falla de los vehículos y determinar las tareas de mantenimiento necesarias para prevenir dichas fallas.

En el Capítulo 3 de la tesis es de gran aporte dado que proporciona una revisión de la literatura especializada en el área de mantenimiento de vehículos y la aplicación de la metodología RCM en el sector, brindando una base teórica sólida para el desarrollo del plan de mantenimiento

### **4.3.3 Implementación de un plan de mantenimiento basado en (RCM) para incrementar la productividad del proceso de mantenimiento de los buses de Empresa Buena Estrella, S.A.C., La Victoria, Lima, 2021.**

En el año 2021 el profesional Arias Torres María del Rosario llevaron a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniera industrial, para la escuela profesional de ingeniería industrial Lima Perú.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El trabajo es titulado “Implementación de un plan de mantenimiento basado en (RCM) para incrementar la productividad del proceso de mantenimiento de los buses de Empresa Buena Estrella, S.A.C., La Victoria, Lima, 2021” En este proyecto se observan unos objetivos bastante similares bajo un enfoque de eficiencia, eficacia y productividad, el cual es desarrollado bajo la aplicación de los pasos para implementar un plan de mantenimiento basado en RCM en la empresa Buena Estrella.

En la tesis se realiza una revisión bibliográfica sobre los conceptos y metodologías de mantenimiento preventivo, predictivo y RCM, así como un análisis de la situación actual del proceso de mantenimiento en la empresa Buena Estrella. Luego se describe el proceso de implementación del plan de mantenimiento basado en RCM, el cual consiste en la identificación de los componentes críticos de los buses, la evaluación de los modos de falla y la definición de las tareas de mantenimiento necesarias para prevenir o mitigar dichas fallas.

Finalmente, se presentan los resultados de la implementación del plan de mantenimiento, cifras para los indicadores planteados como son los de productividad, mantenibilidad, confiabilidad para finalmente tener un incremento en la disponibilidad de la flota, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

### **4.3.4 Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito.**

En el año 2021 el profesional Yanez Jaramillo Jose Alfonso, llevó a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniero industrial, para la Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito Ecuador.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El estudio se enfocó en una flota de buses urbanos en el sur de Quito, donde se realizó un análisis de la situación actual de mantenimiento y se identificaron los principales problemas y deficiencias en el proceso de mantenimiento existente.

En este proyecto nos permite identificar una metodología con enfoque cuantitativo ya que usa técnicas de recolección de datos a la flota analizada, la trazabilidad de la información previa al estudio determina un factor diferencial para la ejecución del proyecto en consecución de los objetivos planteados

### **4.3.5 Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar el factor de disponibilidad mecánica de los buses de la empresa 3 De Octubre S.A., En la ciudad de Arequipa – 2022.**

En el año 2022 el profesional Rolando Ala Infa, llevó a cabo un trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniero mecánico, para la Universidad Autónoma San Francisco. Arequipa Perú.

El objetivo principal del proyecto de investigación es proponer un enfoque de mantenimiento que seleccione las actividades adecuadas y logre incrementar la disponibilidad mecánica y la confiabilidad de los buses por medio de la implementación de la metodología RCM

En este trabajo de grado se obtuvieron resultados satisfactorios en el proyecto de mejora de la disponibilidad mecánica de los buses de la empresa 3 de Octubre S.A. Los incrementos en la disponibilidad mecánica y la confiabilidad, así como la reducción de las fallas a corto plazo y

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

las quejas de los usuarios, demostrando que el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad fue efectivo. Además, el aumento en la productividad y la superación de las consideraciones técnicas en cuanto a la disponibilidad mecánica confirman el éxito de la propuesta de mejora. En general, los resultados obtenidos respaldan la efectividad del enfoque implementado y su impacto positivo en el rendimiento y la calidad del servicio de los buses.

### **4.4 Marco teórico**

#### **4.4.1 Sistemas de transporte**

Los sistemas de transporte han sido creados con el propósito de facilitar los desplazamientos a través de largas distancias. A lo largo de la historia, han desempeñado un papel fundamental en la exploración de nuevos territorios y en el desarrollo de civilizaciones. Sin embargo, con el paso del tiempo, estos sistemas han experimentado una constante evolución para adaptarse a las cambiantes necesidades de la humanidad.

#### **4.4.2 Evolución de los sistemas de transporte**

Inicialmente, los sistemas de transporte se limitaban principalmente al ámbito terrestre, con el uso de animales de carga y, más tarde, con la invención de la rueda, carros y los vehículos motorizados. Estos primeros medios de transporte fueron vitales para conectar comunidades y fomentar el comercio, permitiendo el intercambio de bienes y el crecimiento económico.

No obstante, con el avance de la tecnología y la creciente demanda de desplazamientos más rápidos y eficientes, surgieron nuevos métodos de transporte. El transporte marítimo, por ejemplo, revolucionó la forma en que las personas se desplazaban a través de los océanos y conectaba

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

diferentes continentes. Los barcos permitieron la exploración de nuevos territorios, el comercio a gran escala y el intercambio cultural entre diferentes civilizaciones.

Posteriormente, el transporte aéreo se convirtió en otro hito significativo en la historia de los sistemas de transporte. La invención del avión revolucionó la forma en que las personas viajan a largas distancias, reduciendo significativamente el tiempo de viaje y abriendo nuevas posibilidades para el turismo y los negocios internacionales. La aviación también ha sido fundamental en casos de emergencia y ayuda humanitaria, permitiendo una respuesta rápida y eficaz en situaciones de desastre.

Además de estos avances en el transporte marítimo y aéreo, la infraestructura terrestre también ha experimentado mejoras significativas. La construcción de carreteras modernas, sistemas ferroviarios de alta velocidad y el desarrollo de transporte público eficiente han contribuido a una mayor accesibilidad y movilidad dentro de las ciudades y entre diferentes regiones.

### **4.4.3 Actualidad en sistemas de transporte**

Actualmente, el enfoque del transporte de personas se centra en optimizar la movilidad, crear sistemas ecológicamente amigables y sostenibles, e impulsar el uso de energías renovables para reducir el impacto ambiental. Así, se busca mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el planeta al mismo tiempo.

Dentro del amplio abanico de sistemas de transporte disponibles, es interesante destacar la diversidad de alternativas terrestres, aéreas y marítimas que continúan evolucionando constantemente. En particular, se pueden mencionar los sistemas de tracción por cable, los cuales desempeñan un papel importante en el transporte de materiales y personas. Estos sistemas se dividen en dos categorías principales: los funiculares y los teleféricos.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4.4.4 Sistemas de transporte por cable**

Los funiculares son una forma especializada de transporte por cable diseñada para superar pendientes pronunciadas o terrenos accidentados. Utilizando un sistema de cables y poleas, estos vehículos pueden ascender y descender con seguridad por laderas empinadas. Los funiculares se encuentran en muchas partes del mundo y se utilizan tanto para el transporte público en áreas urbanas como para el acceso a zonas montañosas y turísticas. Además de su función práctica, los funiculares también se han convertido en atracciones turísticas debido a las impresionantes vistas panorámicas que ofrecen durante el ascenso o descenso.

Por otro lado, los teleféricos son sistemas de tracción por cable que operan en el aire y se utilizan para el transporte de materiales o personas en distancias relativamente cortas. Consisten en cabinas, telesillas, u otros medios de transporte suspendidos en el aire sujetos a cables aéreos, que se desplazan de un punto a otro. Los teleféricos son conocidos por su capacidad de brindar vistas espectaculares del entorno y su uso frecuente en destinos turísticos y áreas montañosas. También se utilizan en algunas ciudades como un medio de transporte eficiente y atractivo para conectar diferentes puntos dentro de la urbe.

Ambos sistemas de tracción por cable, funiculares y teleféricos, han experimentado mejoras significativas en términos de tecnología y seguridad a lo largo del tiempo. Se han implementado medidas avanzadas para garantizar la estabilidad, comodidad y confiabilidad de estos sistemas de transporte. Además, en algunos casos, se han incorporado características ecológicas, como el uso de energía renovable o tecnologías de bajo impacto ambiental, para minimizar el impacto en el entorno natural.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 4.4.5 Teleféricos

Los sistemas de transporte aéreo por cable, conocidos como teleféricos, han sido tradicionalmente utilizados en deportes de invierno y como atracciones turísticas. Sin embargo, su creciente popularidad en el transporte urbano se debe a su comodidad, innovación y características únicas, como la flexibilidad y la rentabilidad que ofrecen.

En el ámbito del transporte urbano, los teleféricos están ganando terreno como una alternativa eficiente y sostenible. Estos sistemas proporcionan una forma de moverse por la ciudad de manera rápida y sin congestión de tráfico, ya que se desplazan por encima de las calles y pueden evitar los obstáculos terrestres. Además, su capacidad para cubrir distancias relativamente cortas de manera rápida y eficiente los convierte en una opción atractiva para el transporte intraurbano, como la conexión entre barrios o el acceso a áreas de difícil acceso.

La comodidad es otro factor que ha contribuido a la creciente popularidad de los teleféricos en el transporte urbano. Las cabinas de los teleféricos suelen ser espaciosas y cuentan con asientos cómodos, lo que permite a los pasajeros viajar de manera relajada mientras disfrutan de las vistas panorámicas de la ciudad. Además, los teleféricos suelen tener una capacidad mayor en comparación con otros medios de transporte, lo que permite transportar a un mayor número de personas de manera simultánea.

La innovación también ha desempeñado un papel importante en la evolución de los teleféricos urbanos. Se han implementado avances tecnológicos en términos de seguridad, control y eficiencia energética. Por ejemplo, algunos sistemas de teleféricos utilizan motores eléctricos de bajo consumo energético, lo que los convierte en una opción más respetuosa con el medio ambiente.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Además, se han desarrollado sistemas inteligentes de control y monitoreo para garantizar la seguridad y la operación eficiente de los teleféricos.

### **4.4.6 Tipos de teleféricos**

En cuanto a los diferentes tipos de teleféricos, existen diversas clasificaciones utilizadas por los fabricantes para nombrarlos según su funcionamiento. Entre los más comunes se encuentran los teleféricos de tipo Vaivén, que se desplazan de ida y vuelta entre dos estaciones; los Teleféricos Tricables Desembragables, que utilizan tres cables para proporcionar mayor estabilidad y capacidad; los Telesillas Desembragables, que son sillas que se desenganchan del cable para permitir un embarque y desembarque más sencillo; y los Teleféricos Desembragables, que son cabinas que se desenganchan del cable para una entrada y salida más fluida de los pasajeros.

Los sistemas de transporte aéreo por cable, especialmente los teleféricos, han encontrado una amplia aplicación en Latinoamérica debido a su capacidad para adaptarse a las diversas tipologías de terreno urbano que existen en la región. Estos sistemas ofrecen soluciones de movilidad eficientes y efectivas en áreas donde la topografía presenta desafíos significativos.

Un ejemplo destacado es la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, que ha implementado un teleférico desembragable como parte de su red de transporte masivo. Este sistema de teleférico urbano se encuentra ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar y ha mejorado significativamente la conectividad y la movilidad en esa área de la ciudad.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4.4.7 Descripción general del teleférico de Ciudad Bolívar**

El teleférico de Ciudad Bolívar cuenta con cuatro estaciones estratégicamente ubicadas para facilitar el acceso y el descenso de los usuarios. Una de estas estaciones es la estación Tunal, que ofrece una conexión directa con el Portal El Tunal del sistema de transporte masivo de buses articulados de la ciudad. Esta integración multimodal permite a los usuarios realizar transbordos sin problemas entre el teleférico y otros medios de transporte público, optimizando la eficiencia de los desplazamientos y reduciendo los tiempos de viaje.

El sistema de teleférico urbano en Bogotá, ubicado en Ciudad Bolívar, es un ejemplo destacado de un sistema tipo monocable desembragable, también conocido como 10-MGD. Este sistema se extiende a lo largo de aproximadamente 3200 metros, conectando la estación inferior con la estación superior. Con una velocidad máxima de 5,5 metros por segundo, este sistema garantiza un desplazamiento rápido y eficiente para los pasajeros.

Cada una de las cabinas del teleférico tiene una capacidad para transportar hasta 10 pasajeros, lo que permite un flujo constante de personas a lo largo del sistema. Con esta capacidad, el sistema de teleférico puede transportar hasta 3600 pasajeros por hora en cada sentido, brindando una solución de transporte masivo para la comunidad de Ciudad Bolívar y sus alrededores.

La capacidad de transporte del sistema es fundamental para garantizar la eficiencia y la comodidad de los usuarios, puede atender una alta demanda de pasajeros, asegura tiempos de espera reducidos y una experiencia de viaje más agradable para todos. Además, la velocidad máxima del sistema permite a los pasajeros llegar a su destino de manera rápida y eficiente, ahorrando tiempo y mejorando la accesibilidad.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4.4.8 Teleférico tipo monocable desembragables**

Los teleféricos tipo monocable desembragables son sistemas de transporte complejos que constan de una serie de subsistemas y equipos que desempeñan un papel crucial en su funcionamiento eficiente y seguro. Cada uno de estos componentes contribuye de manera significativa para garantizar el correcto desplazamiento de las cabinas y la comodidad de los usuarios.

### **4.4.9 Componentes generales de un teleférico tipo monocable desembragables**

#### **4.4.9.1 Motor principal**

Su función es generar la energía necesaria para poner en movimiento todo el sistema. Este motor impulsa el reductor principal, encargado de ajustar y transmitir la potencia del motor según las necesidades específicas del teleférico.

#### **4.4.9.2 Reductor principal**

Este equipo está conectado mediante un cardan al volante motriz, que es una polea resistente acoplada mediante rodamientos a un eje.

#### **4.4.9.3 Volante motriz**

Tiene como tarea principal transmitir el movimiento al cable portador-tractor.

#### **4.4.9.4 Cable portador-tractor**

Es un bucle cerrado de cable resistente que recorre todo el sistema de teleférico. Este cable es el encargado de transmitir el movimiento del volante motriz a las cabinas, permitiendo su desplazamiento a lo largo de las estaciones y trayectos establecidos.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para mantener el cable portador-tractor en su lugar y garantizar un movimiento fluido, se utilizan las torres o pilonas.

### **4.4.9.5 Torres o pilonas**

Están estratégicamente ubicadas a lo largo del recorrido del teleférico. Estas pilonas están equipadas con poleas y su función principal es soportar y guiar el cable portador-tractor, manteniéndolo a una altura adecuada y evitando cualquier obstáculo que pueda interferir en el movimiento del sistema, como construcciones, montañas o árboles.

### **4.4.9.6 Volantes de retorno**

las cuales se encuentran en la última o primera estación y esta permite recibir el movimiento del cable portador-tractor y guiarlo por su recorrido dentro de la estación.

### **4.4.9.7 El sistema de control**

Es otro componente vital del teleférico, ya que supervisa y monitorea constantemente las variables y las medidas de seguridad del sistema. Este sistema se encarga de garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes, así como de detectar y corregir posibles irregularidades que puedan surgir durante el funcionamiento del teleférico.

### **4.4.9.8 Cabinas**

Son elementos fundamentales en el transporte de los usuarios a lo largo del sistema. Estas cabinas, diseñadas para ofrecer comodidad y seguridad, son las encargadas de transportar a los pasajeros entre las estaciones. Para lograr esto, las cabinas se acoplan al cable portador-tractor mediante pinzas desembregables.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **4.4.9.9 Pinzas desembagables**

Son los equipos que permiten la conexión y el desplazamiento de las cabinas a lo largo del sistema. Estas pinzas desempeñan un papel crucial, ya que soportan el peso de las cabinas y los usuarios, garantizando un viaje seguro y confortable.

En el caso específico del proyecto en desarrollo, la selección y utilización de las pinzas desembagables es de vital importancia. Estas pinzas deben cumplir con los estándares de seguridad y resistencia necesarios, ya que serán las responsables de garantizar la seguridad de los usuarios y el correcto desplazamiento de las cabinas a lo largo del sistema de teleférico.

### **4.4.9.10 Generalidades del sistema teleférico ubicado en Ciudad Bolívar**

El sistema teleférico ubicado en Ciudad Bolívar consta de cuatro estaciones estratégicamente ubicadas a lo largo de su recorrido. Estas estaciones son puntos clave donde los usuarios pueden acceder y descender de las cabinas.

Este sistema cuenta con un motor principal, un reductor principal, volante motriz de doble garganta ubicado en una estación intermedia el cual transmite el movimiento a dos bucles de cables potadores tractores, así mismo cuenta con dos volantes de retorno, ubicados en la estación superior y la estación inferior con el fin de retornar el movimiento de los bucles de cables cerrados.

El sistema teleférico cuenta con un total de ciento sesenta y tres cabinas, de las cuales ciento sesenta están en funcionamiento, asegurando una capacidad adecuada para transportar a los usuarios de manera eficiente. El resto de las cabinas se encuentra en el área de mantenimiento, donde se llevan a cabo tareas de inspección y reparación para garantizar su óptimo rendimiento.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para la conexión entre las cabinas y el cable portador-tractor, se utilizan ciento sesenta y tres pinzas desembagables modelo A108C. Estas pinzas son responsables de sostener el peso de las cabinas y los pasajeros, y garantizar un desplazamiento seguro y suave a lo largo del teleférico.

### **4.4.9.11 La Pinza Desembragable A108C**

Es una pieza fundamental en el sistema teleférico, ya que desempeña diversas funciones durante su operación. Su principal tarea es abrir y cerrar sus mandíbulas para desembagarse y embragarse del cable portador-tractor. Esta maniobra se realiza de manera mecánica y automática, y ocurre únicamente cuando las cabinas ingresan a las estaciones para desembagarse y cuando salen de las estaciones para embragarse nuevamente.

Durante el recorrido aéreo, las cabinas viajan sujetas al cable por medio de las pinzas desembagables. La velocidad a la que se desplazan las cabinas es constante y está determinada por la velocidad del cable, la cual es transmitida por el motor principal. Sin embargo, al ingresar a las estaciones, las pinzas se abren y liberan el cable portador-tractor, permitiendo que las cabinas se desplacen a una velocidad controlada mediante el uso de transportadores ubicados en la estación.

Este proceso de desembague en las estaciones facilita el abordaje y el desabordaje de los usuarios, ya que la velocidad de las cabinas se reduce considerablemente en comparación con el recorrido en el aire. Los usuarios tienen la oportunidad de abordar o descender de las cabinas de manera más segura y cómoda, gracias a que el desplazamiento dentro de la estación es más lento y controlado.

Una vez que las cabinas han pasado por las estaciones, las pinzas continúan su trayecto hacia la salida. En este punto, las pinzas vuelven a realizar la maniobra de apertura y cierre para acoplarse

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

nuevamente al cable portador-tractor, permitiendo que las cabinas retomen su recorrido aéreo por el sistema teleférico.

Las pinzas desembragables A108C están compuestas por una variedad de componentes que trabajan en conjunto para llevar a cabo sus diversas funciones. Estos componentes son esenciales para el correcto funcionamiento de las pinzas y garantizan un transporte seguro y eficiente de las cabinas a lo largo del sistema teleférico.

### **4.4.9.12 Mandíbula fija y la mandíbula móvil**

Una de las funciones principales de las pinzas es su acoplamiento al cable portador-tractor. Esto se logra mediante la mandíbula fija y la mandíbula móvil, las cuales se ajustan alrededor del cable, manteniendo la pinza firmemente sujeta a él. De esta manera, las cabinas pueden ser transportadas de manera segura durante su recorrido aéreo hasta la siguiente estación.

### **4.4.9.13 Paquete de resortes**

Para evitar el deslizamiento de la pinza en relación con el cable, se utiliza un paquete de resortes que ejerce la fuerza necesaria para mantener una sujeción adecuada. Estos resortes aseguran que la pinza permanezca firmemente acoplada al cable en todo momento, brindando estabilidad y seguridad durante el transporte.

### **4.4.9.14 Polea de acoplamiento**

En la estación, la apertura de la pinza se lleva a cabo mediante la polea de acoplamiento. Esta polea mediante un riel comprime los resortes, lo que provoca la apertura de la pinza para permitir el embrague o desembrague de la pinza. Asimismo, la polea guía tiene la función de estabilizar la

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

cabina en la estación, proporcionando un punto de apoyo adicional y asegurando un movimiento suave y controlado durante el abordaje y el desabordaje de los pasajeros.

### **4.4.9.15 Forro de fricción**

Otro componente importante de las pinzas desembagables es el forro de fricción, que recibe la tracción de los transportadores ubicados en la estación. Este forro de fricción garantiza que la pinza pueda recibir y transmitir la tracción de manera efectiva, facilitando el movimiento de las cabinas dentro de la estación.

### **4.4.9.16 Ruedas de rodadura**

Además, las pinzas cuentan con ruedas de rodadura que soportan el peso de las cabinas y las desplazan a lo largo de los rieles de rodadura dispuestos en las estaciones. Estas ruedas permiten un movimiento suave y controlado de las cabinas dentro de la estación, contribuyendo a una experiencia segura y cómoda para los usuarios.

### **4.4.9.17 Corona de cierre**

Finalmente, la corona de cierre desempeña un papel crucial en las pinzas desembagables. Esta corona es responsable de mantener el brazo de suspensión de la cabina en la posición correcta de la pinza, asegurando así una conexión adecuada entre la cabina y la pinza durante el recorrido.

## **4.4.10 Mantenimiento de pinza desembagables A108C**

Las pinzas desembagables A108C se componen de varios componentes funcionales que permiten su correcto funcionamiento. Estos componentes, como las mandíbulas, los resortes, las poleas, los forros de fricción, las ruedas de rodadura y la corona de cierre, trabajan en conjunto para asegurar un transporte seguro, confiable y eficiente de las cabinas a lo largo del sistema teleférico.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Debido a la naturaleza electromecánica de los sistemas teleféricos y a su función de transporte de personas, es fundamental contar con un riguroso control y supervisión de su operación. Para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente, se han desarrollado manuales específicos de mantenimiento que detallan los procedimientos necesarios para mantener en óptimas condiciones tanto los componentes mecánicos como los sistemas eléctricos.

Además de los manuales de mantenimiento, existen normas y regulaciones específicas que rigen el desempeño y la seguridad de los sistemas teleféricos. Las normas abarcan desde requisitos técnicos para los componentes y sistemas del teleférico hasta procedimientos de emergencia, sistemas de control y seguridad, y capacitación del personal. Estas regulaciones se actualizan regularmente para adaptarse a los avances tecnológicos y a las mejores prácticas en la industria.

### **4.4.11 Sistema de gestión de mantenimiento**

Dentro de la gestión de activos, es fundamental destacar que la implementación de metodologías significativas conlleva un aporte invaluable para un desarrollo integral y efectivo de la gestión de activos. Estas metodologías, al ser aplicadas de manera adecuada, permiten optimizar la utilización de los recursos, minimizar riesgos y maximizar el rendimiento de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Además, fomentan la toma de decisiones informadas y estratégicas, así como la mejora continua en la gestión de activos, generando un impacto positivo en la eficiencia operativa y en los resultados financieros de la organización.

Un activo es un elemento, cosa o entidad que tiene un valor real o potencial para una organización. El valor variará para las diferentes organizaciones y sus accionistas, y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero (Norma Internacional de Organización ISO (201). p. 2)

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para garantizar el cumplimiento de las normas y manuales de mantenimiento, es esencial implementar un sistema de gestión de mantenimiento eficiente. Este sistema se enfoca en lograr un rendimiento óptimo de los equipos de manera rentable, cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad establecidos.

La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento requiere la adopción de diversas técnicas y metodologías.

*La gestión de mantenimiento forma parte de la moderna dirección de operaciones y se orienta a la utilización óptima de unos medios y recursos, con la finalidad de conservar y/o restituir la función de los equipos de producción a unas condiciones que les permitan cumplir con los objetivos requeridos durante unos determinados periodos de tiempo. (Carlos, A. y Adolfo, C (2019) p.5)*

La gestión de mantenimiento se aplica a los activos de la empresa con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos para su implementación. Dentro de las metodologías implementadas en la gestión de mantenimiento se encuentra el análisis de criticidad el cual se realiza aplicando diversas metodologías, como la cualitativa, cuantitativa, semicuantitativa, entre otras. Estos métodos sirven para evaluar y clasificar los activos según su importancia y riesgo asociado, lo que nos permite priorizar las labores de mantenimiento, así mismo se puede obtener un claro panorama de cuales activos pueden llegar a tener un impacto significativo en la operación y la continuidad del negocio, con esto se pueden determinar que recursos se deben invertir para conseguir resultados de manera eficiente y así garantizar la disponibilidad del activo, además, un análisis bien detallado puede



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

respaldar la toma de decisiones estratégicas, como la asignación de presupuesto y la implementación de estrategias que permitan mitigar el riesgo, para lograr optimizar los resultados.

Para minimizar los riesgos y maximizar el rendimiento de los activos, durante años se han venido implementando y mejorando metodologías que logren el cumplimiento de los objetivos de la industria.

### **4.4.12 Mantenimiento industrial**

El mantenimiento industrial ha cambiado de forma significativa, ya que inicialmente el mantenimiento se centraba en la limpieza, lubricación y corrección de las fallas, estos mantenimientos menores no aportaban a la reducción de los tiempos de inactividad.

Posteriormente el mantenimiento toma un nuevo rumbo, evoluciona y se implementa el mantenimiento preventivo que empezaba a funcionar con frecuencias de mantenimiento definidas, lo que ayudo a controlar la evolución de los fallos en los diferentes equipos. Así mismo los costos de mantenimiento empezaron a incrementar, por lo que se empezaron a aplicar técnicas administrativas como la planificación y programación de actividades de mantenimiento.

Sin embargo, el mantenimiento ha seguido evolucionando lo que ha traído la implementación de nuevas técnicas ya que el sector industrial se ha ido automatizando cada día más, lo que ha provocado una creciente dependencia de la industria y por lo tanto se requiere un incremento a la disponibilidad de los equipos. Es por esto por lo que se siguen actualizando técnicas para mejorar la disponibilidad y la confiabilidad en el ámbito industrial. Estas deficiencias acarrear repercusiones significativas tanto para el medio ambiente como para la seguridad, especialmente en una era en la que los estándares en estos aspectos están en constante aumento. En diversos

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

lugares del mundo, se está alcanzando un punto en el cual una entidad debe asegurar la protección de la sociedad y el entorno natural, o, de lo contrario, se le exige cesar sus operaciones.

### **4.4.13 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM**

En vista de estas necesidades de la industria, desde la gestión de mantenimiento se han desarrollado técnicas como el mantenimiento centrado en confiabilidad.

*El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.). Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo (Omar Campus, L., Guilibaldo Tolentino, E., Miguel Toledo V. y René Tolentino, E. (2018) p.52)*

Para el desarrollo de la metodología RCM se realiza una taxonomía en la cual se clasifican jerárquicamente los sistemas y subsistemas de los activos, posteriormente se realiza la descripción de la función del activo. Una vez identificadas las funciones del activo, se determinan las fallas funcionales.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

*los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario. En adición a la incapacidad total para funcionar, esta definición abarca fallas parciales, donde el bien todavía funciona, pero a nivel inaceptable de desempeño, (incluyendo también los casos donde no se alcanza el nivel de precisión o calidad), (John Moubray (1997), p.13)*

Cuando ya se identifican las fallas funcionales se realiza un análisis de los modos de falla. *“un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa que un bien (sistema o, proceso) puedan fallar.” (John Moubray (1997), p.53)*

Utilizando toda esta información valiosa, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de las causas subyacentes de las fallas, así como una evaluación detallada de los efectos perjudiciales que dichas fallas podrían desencadenar. Este análisis profundo permite identificar las vulnerabilidades y los puntos críticos en los equipos, lo cual brinda la oportunidad de implementar medidas preventivas y correctivas de manera proactiva para evitar consecuencias adversas y maximizar la confiabilidad y el rendimiento del sistema.

con toda esta información, es posible desarrollar un plan de mantenimiento basado en RCM que detalle las tareas de mantenimiento a realizar con la frecuencia adecuada. El objetivo principal de este plan es prevenir posibles fallos funcionales en los equipos, reducir los costos relacionados con las interrupciones operativas y optimizar los recursos de mantenimiento disponibles.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 4.5 Marco legal

La existencia de normas para transporte de personas en sistemas por cables se encuentra en una etapa muy precaria a nivel nacional y regional. La inexistencia de legislación local que regule la operación y mantenimiento de este tipo de sistema se hace cada vez más necesaria por factores diversos como son las condiciones de uso urbano a las que están sometidos este tipo de sistemas, la calidad en eficiencia energética y la falta de recursos que garanticen su sostenibilidad ente otros.

Un país puede abordar adecuadamente los desafíos y riesgos particulares que se presentan en su topografía, situación económica y social, al tener normas locales se pueden establecer estándares y requisitos específicos para fomentar la seguridad, la calidad y la sostenibilidad del sector, de acuerdo con sus propias metas y prioridades.

Es por esta razón y dada la necesidad de cumplir con normativas y estándares internacionales, se toma la decisión de implementar las normas europeas ya existentes donde se definen criterios de gran exigencia para la operación y manteniendo de los componentes asociados a los equipos que conforman la instalación del teleférico.

El objetivo de este desarrollo se limita a proponer un modelo de mantenimiento basado en RCM para el activo más crítico seleccionado. Para lograrlo, se necesitó implementar normas asociadas con el tema en cuestión. la norma con que se elaboró la propuesta de mejora para el mantenimiento del activo son las normas UNE-EN 13796-1, UNE-EN 13796-2, UNE-EN 13796-3. Estas normas establecen los requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. El desarrollo propuesto, así como el plan de mantenimiento

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

actual, están regidos bajo estas normas que son las de mayor exigencia relacionados al transporte por cable de personas.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 5 Marco metodológico

#### 5.1 Enfoque

Este proyecto de tesis tiene un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. En el enfoque cuantitativo, se llevará a cabo un análisis estadístico de los datos de mantenimiento previo de la pinza desembragable A108C para identificar patrones y tendencias en el mantenimiento. Además, se recopilarán datos cuantitativos sobre el costo de las piezas de repuesto y los gastos de mantenimiento de la pinza A108C. Este enfoque permitirá identificar los problemas de mantenimiento críticos de la pinza y desarrollar una solución basada en datos.

Por otro lado, el enfoque cualitativo se utilizará para recopilar información sobre la experiencia de los trabajadores de mantenimiento en relación con la pinza desembragable A108C. Se llevarán a cabo entrevistas con los trabajadores de mantenimiento para entender sus experiencias con el equipo y las razones detrás de las deficiencias del plan de mantenimiento actual. Este enfoque cualitativo permitirá obtener una comprensión más profunda de las percepciones y experiencias de los trabajadores de mantenimiento y cómo influyen en el mantenimiento del equipo.

Los datos cuantitativos proporcionarán información objetiva y confiable sobre los patrones y tendencias del mantenimiento, mientras que los datos cualitativos permitirán comprender la perspectiva y la experiencia de los trabajadores de mantenimiento. Al combinar ambos enfoques, se logrará desarrollar un plan de mantenimiento efectivo que permita reducir los costos de mantenimiento y conservar la alta confiabilidad del equipo.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 5.2 Alcance de la investigación

Este proyecto de tesis se le da un alcance descriptivo porque el objetivo principal es describir las deficiencias del plan de mantenimiento actual y proponer un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para mejorar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento, al dar un alcance descriptivo al proyecto, se enfatiza en la descripción detallada de las deficiencias del plan de mantenimiento actual y cómo estas deficiencias afectan la confiabilidad y los costos de mantenimiento de la pinza A108C. Se describirán las tareas de mantenimiento actuales, los intervalos de mantenimiento y las piezas de repuesto utilizadas.

### 5.3 Paradigma

El enfoque interpretativo en la investigación es fundamental para comprender y dar significado a los fenómenos estudiados desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa. En este trabajo de grado se ha adoptado un enfoque mixto que combina elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión completa de los procesos de mantenimiento y sus efectos en la confiabilidad del equipo.

El enfoque interpretativo se basa en la premisa de que los participantes construyen significados y atribuyen valor a sus experiencias. Al aplicar esta perspectiva en la investigación, se busca comprender cómo los procesos de mantenimiento, sugeridos bajo la metodología RCM, pueden influir en la confiabilidad del equipo, teniendo en cuenta tanto las narrativas y perspectivas cualitativas como los datos cuantitativos recopilados.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Este trabajo de tesis adopta un enfoque interpretativo, el cual se basa en la combinación de elementos cualitativos y cuantitativos para explorar la elaboración de un plan de mantenimiento bajo la metodología RCM y su impacto en la confiabilidad del equipo. El uso de un enfoque interpretativo no implica descuidar la rigurosidad científica, por lo contrario se aplicarán estrategias de validación y confiabilidad de datos, así como una cuidadosa reflexión sobre las limitaciones y sesgos potenciales que puedan surgir durante el proceso de investigación.

### **5.4 Fase del estudio**

#### **5.4.1 WBS.**

Para garantizar el éxito del proyecto de tesis, fue esencial contar con una metodología adecuada que permitiera una planificación clara y una ejecución efectiva. En este contexto, la estructura de Desglose del Trabajo (WBS) se ha consolidado como una técnica ampliamente utilizada para descomponer y organizar las tareas de un proyecto permitiendo una mejor comprensión de las actividades requeridas para alcanzar los objetivos establecidos.

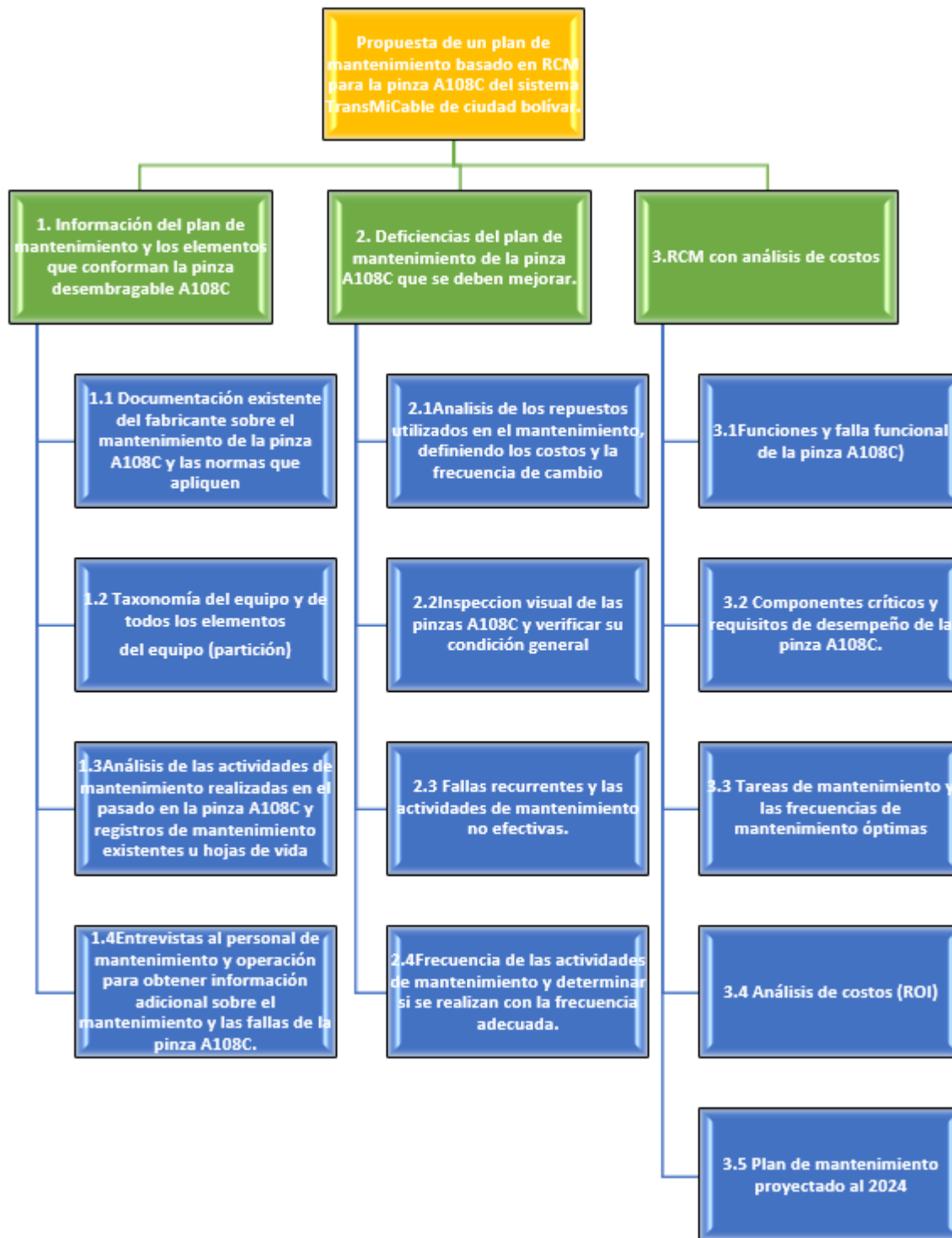
La adopción de la Estructura de Desglose del Trabajo (WBS) como metodología para el desarrollo de este proyecto brinda una guía clara y sistemática para su ejecución. La descomposición de tareas facilitó la gestión de recursos, la asignación de responsabilidades y el monitoreo del progreso, contribuyendo al logro exitoso de los objetivos planteados.



PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla I

Desglose del Trabajo (WBS)



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Cada tarea y sub-tarea se encuentra claramente definida, lo que permitirá una distribución efectiva de las actividades y una mejor coordinación entre los miembros del equipo.

### **5.4.2 Diagrama de Gantt.**

El diagrama de Gantt proporciona una representación visual del cronograma del proyecto, mostrando las tareas y su duración a lo largo del tiempo. Cada tarea es representada mediante una barra horizontal en el gráfico, cuya longitud indica la duración estimada. Además, se utiliza el código de colores para indicar la dependencia entre tareas, los hitos importantes o cualquier otra información relevante.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla III

*Se describen las tareas para la ejecución del Objetivo específico 1*

Actividad	Inicio	Final	Noviembre		Diciembre		Enero				Febrero		
			2022- S-47	2022- S-48	2022- S-49	2022- S-50	2023- S-2	2023- S-3	2023- S-4	2023- S-5	2023- S-6	2023- S-7	2023- S-8
Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM para la pinza A108C del sistema TransMiCable de ciudad bolívar	ago-22	may-23											
1. Información del plan de mantenimiento y los elementos que conforman la pinza desembragable A108C	nov-22	feb-23											
1.1 Documentación existente del fabricante sobre el mantenimiento de la pinza A108C y las normas que apliquen	nov-22	dic-22											
1.1.1 Identificar los manuales referentes a la pinza A108C	nov-22	dic-22											
1.1.2 Identificar las normas aplicables a la pinza A108C	dic-22	dic-22											
1.2 Taxonomía del equipo y de todos los elementos del equipo (partición)	ene-23	ene-23											
1.2.1 Identificar los subcomponentes que conforman la pinza	ene-23	ene-23											
1.2.2 Identificar los elementos que conforman los subcomponentes que conforman la pinza A108C	ene-23	ene-23											
1.2.3 Establecer la jerarquía de todos los elementos que conforman la pinza A108C	ene-23	ene-23											
1.3 Análisis de las actividades de mantenimiento realizadas en el pasado en la pinza A108C y registros de mantenimiento existentes u hojas de vida	ene-23	feb-23											
1.3.1 Recopilar las ordenes de trabajos de los mantenimiento realizados a la pinza A108C	feb-23	feb-23											
1.3.2 Recopilar las hojas de vida de la pinza A108C	feb-23	feb-23											
1.4 Entrevistas al personal de mantenimiento y operación para obtener información adicional sobre el mantenimiento y las fallas de la pinza A108C.	feb-23	feb-23											
1.4.1 Definir preguntas a realizar	feb-23	feb-23											
1.4.2 Realizar la encuesta por la plataforma elegida	feb-23	feb-23											
1.4.3 Analisis de los resultados	feb-23	feb-23											

Cronograma de tareas comprendido entre las semanas 47 del 2022 a la semana 08 del 2023

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla IV

*Se describen las tareas para la ejecución del Objetivo específico 2*

ITEM	Actividad	Inicio	Final	Febrero	Marzo				
				2023- S-9	2023- S-10	2023- S-11	2023- S-12	2023- S-13	
2.	2. Deficiencias del plan de mantenimiento de la pinza A108C que se deben mejorar.	feb-23	mar-23						
2.1	2.1 Analisis de los repuestos utilizados en el mantenimiento, definiendo los costos y la frecuencia de cambio	feb-23	mar-23						
2.1.1	2.1.1 Realizar llista de repuestos	feb-23	mar-23						
2.1.2	2.1.2 Definir los costos de cada repuesto	feb-23	mar-23						
2.1.3	2.1.3 Comprobar la cantidad de repuestos cambiados a la pinza A108C	feb-23	mar-23						
2.2	2.2 Inspeccion visual de las pinzas A108C y verificar su condición general	mar-23	mar-23						
2.2.1	2.2.1 Realizar un cronograma de inpección	mar-23	mar-23						
2.2.3	2.2.3 Realizar un levantamiento de las condiciones de cada una de las pinzas A108C	mar-23	mar-23						
2.3	2.3 Fallas recurrentes y las actividades de mantenimiento no efectivas.	mar-23	mar-23						
2.3.1	2.3.1 Organizar el listado de fallas de la pinzaz A108C	mar-23	mar-23						
2.3.2	2.3.2 Listar las actividades no efectivas de mantenimiento	mar-23	mar-23						
2.4	2.4 Frecuencia de las actividades de mantenimiento y determinar si se realizan con la frecuencia adecuada.	mar-23	mar-23						
2.4.1	2.4.1 Revisar el plan de mantenimiento actual	mar-23	mar-23						
2.4.2	2.4.2 Analizar la frecuencia de las actividades	mar-23	mar-23						

Cronograma de tareas comprendido entre las semanas 09 a la semana 13 del 2023

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla V

*Se describen las tareas para la ejecución del Objetivo específico 3*

ITEM	Actividad	Inicio	Final	Abril				Mayo			
				2023-5-14	2023-5-15	2023-5-16	2023-5-17	2023-5-18	2023-5-19	2023-5-20	2023-5-21
				3.	3. RCM con análisis de costos	abr-23	may-23				
3.1	3.1 Funciones y falla funcional de la pinza A108C	abr-23	abr-23								
3.1.1	3.1.1 Identificar las funciones de los subcomponentes	abr-23	abr-23								
3.1.2	3.1.2 Identificar como los componentes pueden dejar de cumplir su función	abr-23	abr-23								
3.1.3	3.1.3 Numerar los modos de falla de cada componente	abr-23	abr-23								
3.1.4	3.1.4 Identificar la probabilidad de que el modo de falla pueda ocurrir	abr-23	abr-23								
3.2	3.2 Componentes críticos de la pinza A108C.	abr-23	abr-23								
3.2.1	3.2.1 Análisis de criticidad	abr-23	abr-23								
3.2.3	3.3 Tareas de mantenimiento y las frecuencias de mantenimiento óptimas	abr-23	may-23								
3.3.1	3.3.1 Listar las tareas de mantenimiento	abr-23	abr-23								
3.3.2	3.3.2 Definir las frecuencias de las tareas	may-23	may-23								
3.4	3.4 Análisis de costos	may-23	may-23								
3.4.1	3.4.1 Retorno inversión	may-23	may-23								
3.5	3.5 Plan de mantenimiento proyectado al 2024	may-23	may-23								
3.5.1	3.5.1 Conformación del plan de mantenimiento	may-23	may-23								

Cronograma de tareas comprendido entre las semanas 14 a la semana 21 del 2023

## 5.5 Recopilación de la información

### 5.5.1 Fuentes primarias de la información.

La fuente de información utilizada para este trabajo de tesis se basa en una cuidadosa recopilación de datos provenientes de diversas fuentes. En primer lugar, se ha tomado como referencia los manuales del fabricante, los cuales proporcionan información técnica detallada ya que contienen especificaciones, instrucciones de mantenimiento, diagramas y descripciones de los diferentes componentes y partes del sistema.

Otra fuente de información importante han sido los datos históricos del mantenimiento realizados en la empresa en la que se llevó a cabo el estudio. Estos datos han sido suministrados por el

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

software de mantenimiento utilizado por la empresa, el cual ha registrado las fallas recurrentes del equipo durante el último año. Analizando estos datos, se ha podido identificar las fallas más recurrentes.

Además de los manuales del fabricante, se han consultado las normas y regulaciones relacionadas con el mantenimiento. Estas normas establecen los estándares y requisitos mínimos que deben cumplir para el mantenimiento del equipo.

### **5.5.2 Fuente secundaria de la información.**

Además de las fuentes primarias de información, se ha recurrido a fuentes secundarias, entre estas fuentes se han utilizado trabajos de grado previos tanto a nivel nacional como extranjero, los trabajos de grado provenientes de otras instituciones académicas y universidades han brindado una perspectiva más amplia sobre las metodologías y análisis de información como el manejo de datos y análisis financiero, adicional se han consultado las normas y regulaciones relacionadas con el mantenimiento, estas normas establecen los estándares y requisitos mínimos que deben cumplir para el mantenimiento del equipo.

### **5.5.3 Información recopilada.**

A continuación se presentarán los resultados del mantenimiento aplicado a la pinza A108C, así como el plan actual que se ha implementado para su cuidado y funcionamiento óptimo.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Se mostrarán los datos obtenidos a partir de las actividades de mantenimiento realizadas en relación con la pinza A108C. Estos resultados permitirán evaluar el rendimiento y la efectividad de las acciones de mantenimiento implementadas hasta el momento.

Tabla VI

### *Plan de mantenimiento preventivo del fabricante del equipo*

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
			Mensual	Semestral	Anual	5 Años o 50000 Ciclos	9000 Horas o 6 años
PINZA A 108C	Inspección Y mantenimiento	Controlar las poleas de la pinza (hechas de plástico) en cuanto a desgaste.	X				
	Inspección Y mantenimiento	Controlar las lengüetas en cuanto a desgaste	X				
	Inspección Y mantenimiento	Controlar el asiento firme de todos los elementos de sujeción en todas las pinzas		X			
	Inspección Y mantenimiento	Documentar la fuerza de las poleas de acoplamiento		X			
	Inspección Y mantenimiento	Someter por lo menos 5 pinzas a un desarme completo y un control visual			X		
	Inspección Y mantenimiento	Todas las pinzas deben ser despiezadas y inspeccionadas o mantenidas como mínimo una vez. Por lo demás, las pinzas también deben ser desarmadas cuando se tenga dudas de su correcto funcionamiento o cuando se activen los indicadores de control.			X	X	
	Inspección Y mantenimiento	El 10 % de las pinzas debe someterse a una prueba de deslizamiento en el cable. En ello, deben seleccionarse 2/3 del 10 % de las pinzas cuya fecha de revisión está lo más atrás.			X		
	Inspeccion especial	Someter un mínimo del 25 % de las pinzas a un ensayo por partículas magnéticas.					X
	Inspección en caso de servicio interrumpido	Realización de la inspección mensual					
	Inspección en caso de servicio interrumpido	Realización de la inspección anual					

En este cuadro se muestran la descripción de las actividades asociadas al equipo con las frecuencias por actividad



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla VII

**Repuestos usados en intervenciones correctivas y preventivas**

DESCRIPCIÓN	CORRECTIVO	PREVENTIVO	Total general
CAMBIO DE CASQUILLOS		1	1
CAMBIO DE CASQUILLOS PINZA	2		2
CAMBIO DE CONTRATUERCA PINZA IZQUIERDA DEL MUELLE	1		1
CAMBIO DE LENGUETA	10		10
CAMBIO DE MORDAZA MOVIL PARA VALIDACIÓN		1	1
CAMBIO DE PIN DE CARGA	6	1	7
CAMBIO DE PLOEA GUIA	1		1
CAMBIO DE POLEAS DE RODADURA	2		2
CAMBIO FORRO DE FRICCÓN	7	2	9
CASQUILLO DEL EJE PINZA Y CASQUILLO MUELLE	1		1
FORRO DE FRICCION SUELTO		1	1
FRACTURA ROSCA EJE MUELLE	1		1
GUARDAPOLVO DE POLEA GUIA CAIDO	1		1
POLEA DE RODADURA CON DESGASTE PISTA INTERNA	1		1
POLEA RODADURA EN MAL ESTADO	1		1
POLEAS DE RODADURA EN MAL ESTADO RODAMIENTOS	2		2
RUEDA DE CIRCULACIÓN CON DEFORMACIONES	1		1
RUIDO ATIPICO EN LA PINZA	1		1
RUIDO ATIPICO POLEAS DE RODADURA	6		6
SEGUIMIENTO RUIDO ATIPICO	1		1
VERIFICAR EJE DE APERTURA PINZA	1		1
Cambio de EJE DE RESORTE A108-C			
Cambio EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354			
Cambio de PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C			
<b>Total general</b>	<b>46</b>	<b>6</b>	<b>52</b>

Los datos presentados en este cuadro corresponden exclusivamente a los repuestos utilizados en la Pinza A108C

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **5.6 Análisis de la información recopilada.**

Tras llevar a cabo el análisis a los repuestos usados en el equipo hemos evidenciado un alto desgaste en el eje de guía de resorte, lo cual ha generado una preocupación significativa.

El eje de guía de resorte, es un componente clave en el funcionamiento del equipo y este se está viendo afectado por un deterioro notable. El análisis detallado revela un desgaste irregular que podría impactar negativamente en el rendimiento, seguridad y la durabilidad del equipo a largo plazo.

Es importante destacar que este desgaste no está siendo abordado adecuadamente en el plan de mantenimiento actual. Parece existir un factor adicional que está contribuyendo al deterioro acelerado del eje de guía de resorte y que debe ser atendido.

Además del alto desgaste en el eje de guía de resorte, también se ha evidenciado un deterioro significativo en otros componentes clave del equipo. Durante el análisis realizado, hemos observado un desgaste notable en los casquillos y las poleas de rodadura.

Los casquillos, encargados de proporcionar un soporte adecuado y un movimiento suave en las partes móviles del equipo, muestran signos de desgaste que podrían afectar su funcionamiento óptimo. Asimismo, las poleas de rodadura, esenciales para el desplazamiento y la transmisión eficiente de la pinza, presentan un desgaste que debe ser abordado de manera inmediata.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Estos hallazgos resaltan la importancia de llevar a cabo la implementación de una metodología a todos los componentes del equipo con un enfoque integral en el mantenimiento.

Durante el análisis realizado, se evidenció la ausencia de una nomenclatura unificada. Esta falta de un sistema de denominación estandarizado ha dado lugar a confusiones y dificultades al interpretar y comparar los datos recopilados.

La importancia de contar con una nomenclatura unificada radica en su capacidad para proporcionar un marco coherente y consistente para la clasificación y organización de los datos.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### 6 Resultados

#### 6.1 Análisis e interpretación de los resultados esperados

Al implementar la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en el plan de mantenimiento de la pinza desembagable A108C del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar, se esperan obtener los siguientes resultados

**Mejora en la confiabilidad:** La identificación proactiva de los modos de falla específicos de la pinza desembagable A108C permitirá implementar acciones preventivas y predictivas para minimizar la ocurrencia de fallos no planificados. Esto se traducirá en una mayor confiabilidad del equipo y una reducción significativa de los tiempos de inactividad no programados.

**Prolongación de la vida útil:** Al abordar de manera adecuada los modos de falla y los requisitos de mantenimiento específicos de la pinza desembagable A108C, se podrá prolongar la vida útil del componente. Esto se logrará mediante la implementación de actividades de mantenimiento adecuadas, como lubricación, inspección periódica, ajustes y reemplazo oportuno de componentes desgastados.

**Optimización de los recursos de mantenimiento:** El enfoque RCM permite asignar de manera eficiente los recursos de mantenimiento disponibles, centrándose en las tareas más críticas y relevantes para garantizar la confiabilidad de la pinza desembagable A108C. Esto evitará la

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

realización de actividades innecesarias o redundantes, maximizando así la eficiencia y minimizando los costos asociados al mantenimiento.

**Incremento en la seguridad:** Al tener un enfoque proactivo y sistemático en la identificación y abordaje de los modos de falla, se reducirán los riesgos asociados con posibles fallas o incidentes en la pinza desembragable A108C. Esto contribuirá a garantizar la seguridad de los pasajeros y del sistema en su conjunto.

**Optimización del rendimiento operativo:** La implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad permitirá maximizar la disponibilidad del sistema teleférico, reduciendo los tiempos de inactividad no programados y mejorando la eficiencia operativa. Esto se traducirá en una mejora en el servicio de transporte ofrecido y en la satisfacción de los usuarios.

**Establecimiento de buenas prácticas:** La implementación exitosa del enfoque RCM en el Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar establecerá un ejemplo de buenas prácticas en el campo del mantenimiento de equipos críticos. Otros sistemas similares podrán tomar referencia de esta implementación exitosa para mejorar sus propias estrategias de mantenimiento y optimizar el rendimiento de sus equipos críticos.

En resumen, al implementar el enfoque RCM en el plan de mantenimiento de la pinza desembragable A108C, se espera mejorar significativamente la confiabilidad, prolongar la vida útil,

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

optimizar los recursos de mantenimiento, incrementar la seguridad, optimizar el rendimiento operativo y establecer buenas prácticas en el Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar.

### **6.2 Propuesta de solución**

Con el objetivo de mejorar la confiabilidad y prolongar la vida útil de la pinza desembagable A108C, se propone la implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) adaptado a las necesidades específicas del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar. Este enfoque proactivo permitirá identificar y abordar de manera sistemática los modos de falla y los requisitos de mantenimiento asociados con la pinza desembagable A108C. Al aplicar el RCM, se podrán optimizar los recursos de mantenimiento, minimizar los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la disponibilidad del sistema teleférico, mejorando así la seguridad y la satisfacción de los usuarios. Esta propuesta de implementación, basada en una metodología reconocida y exitosa, proporcionará recomendaciones prácticas y aplicables para fortalecer el plan de mantenimiento existente y lograr una gestión más eficiente y confiable del equipo clave.

A continuación se presentan los formatos que se proponen para la implementación de la metodología.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla VIII

### *Análisis de repuestos para la pinza A108-C*

GRUPO	ITEM	DESCRIPCION DE REPUESTO	CANT	UN	CODIGO DOPPELMAYR
PAQUETE DE RESORTE	1	PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	2	pcs	10613060
PAQUETE DE RESORTE	2	CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	1	pcs	10488425
PAQUETE DE RESORTE	3	GUÍA RESORTES A108-C L=431	2	pcs	11531396
PAQUETE DE RESORTE	4	EJE DE RESORTE A108-C	2	pcs	10488429
PAQUETE DE RESORTE	5	CIRCLIP INTER. DIN 472 72X3,0	2	pcs	10274052
POLEA DE RODADURA	6	PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C	2	pcs	10709660
POLEA DE RODADURA	7	POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A	2	pcs	11026633
POLEA DE RODADURA	8	TUERCA ALMEN. DIN979-04 M30X2	2	pcs	10292406
POLEA DE RODADURA	9	ARAND.DE AJ.DIN988 35X 45X1,5	2	pcs	10274064
POLEA DE RODADURA	10	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	4	pcs	10591180
POLEA DE RODADURA	11	CHAVETA DIN 94 5 X 50 AC	2	pcs	10000460
POLEA GUIA	12	POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	1	pcs	10488086
POLEA GUIA	13	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	2	pcs	10591180
POLEA GUIA	14	TAPA DE EJE AGA-C	1	pcs	11007503
POLEA GUIA	15	TORNILLO ISO 4017-8.8 M8X20, T	2	pcs	10001860
POLEA GUIA	16	ARANDELA 80X3 AGA-C	2	pcs	10488558
POLEA DE ACOPLAMIENTO	17	POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	1	pcs	10488086
POLEA DE ACOPLAMIENTO	18	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	2	pcs	10591180
POLEA DE ACOPLAMIENTO	19	TORNILLO ISO 4017-8.8 M8X20, T	2	pcs	10001860
POLEA DE ACOPLAMIENTO	20	TAPA DE EJE AGA-C	1	pcs	11007503
POLEA DE ACOPLAMIENTO	21	ARANDELA 80X3 AGA-C	2	pcs	10488558
PATIN DE DESLIZAMIENTO	22	FORRO FRICCION SINT. DT, AGA	1	pcs	10441667
PATIN DE DESLIZAMIENTO	23	CHAPA DE ALMA E=10, A108-C	1	pcs	11068479
PATIN DE DESLIZAMIENTO	24	TORNILLO ALLEN NERV.100 M10X35	4	pcs	10106069
PATIN DE DESLIZAMIENTO	25	ARANDELA ISO 7089 M10 300HV GA	4	pcs	11424318
MORDAZAS	26	MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	1	pcs	10487923
MORDAZAS	27	MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52	1	pcs	10487942
MORDAZAS	28	LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO	2	pcs	11003322
MORDAZAS	29	PLACA ADHESIVA CE 17 0408 (TUE	1	pcs	11536225
MORDAZAS	30	EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	1	pcs	10488427

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

GRUPO	ITEM	DESCRIPCION DE REPUESTO	CANT	UN	CODIGO DOPPELMAYR
MORDAZAS	31	PIEZAS P. INSPECCION A108-C, DE		pcs	11152738
MORDAZAS	32	NIPLE DE ENGRASE EN 6, ~DIN714	4	pcs	11304628
MORDAZAS	33	PASADOR DE SUJECIÓN CONNEX 10X	2	pcs	11423097
MORDAZAS	34	CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW	2	pcs	10274054
MORDAZAS	35	CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW	2	pcs	10083923
MORDAZAS	36	ARANDELA A108-C	2	pcs	10488435
CORONA DE CIERRE	37	TUERCA HEXAG. DIN 985-8 M10 EL	1	pcs	10000079
CORONA DE CIERRE	38	TORNILLO DE AJUSTE A108-C	1	pcs	10687475
CORONA DE CIERRE	39	ARANDELA 70X35X4 AGA-C	1	pcs	10488554
CORONA DE CIERRE	40	ARANDELA DE PRESIÓN DIN 6796 F	1	pcs	10611681
CORONA DE CIERRE	41	ANILL.SINUS.85,8X75,8X1,10/8,0	1	pcs	10625658

La tabla proporciona una lista detallada de repuestos para la pinza A108-C, incluyendo los códigos de cada repuesto y las cantidades correspondientes. Además, se muestra la cantidad de repuestos por unidad instalados en el equipo. Esta información resulta invaluable para mantener un inventario adecuado y realizar reparaciones eficientes en el equipo. La tabla brinda una visión clara y organizada de los repuestos necesarios, facilitando la gestión y optimización de los recursos.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla IX

### *Taxonomía de componentes y subcomponentes de la pinza A108-C*

NIVEL SUPERIOR	EQUIPO	NIVEL MEDIO	COMPONENTES	NIVEL DETALLE	SUBCOMPONENTES
1.1	PINZA A108C	1.1.1	PAQUETE DE RESORTE	1.1.1.1	PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0(resortes)
				1.1.1.2	CABEZAL RESORTE A108-C 50X290
				1.1.1.3	GUÍA RESORTES A108-C L=431
				1.1.1.4	EJE DE RESORTE A108-C
				1.1.1.5	CIRCLIP INTER. DIN 472 72X3,0
		1.1.2	POLEA DE RODADURA	1.1.2.1	PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C
				1.1.2.2	POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A
				1.1.2.3	TUERCA ALMEN. DIN979-04 M30X2
				1.1.2.4	ARAND.DE AJ.DIN988 35X 45X1,5
				1.1.2.5	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT
				1.1.2.6	CHAVETA DIN 94 5 X 50 AC
		1.1.3	POLEA GUIA	1.1.3.1	POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C
				1.1.3.2	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT
				1.1.3.3	TAPA DE EJE AGA-C
				1.1.3.4	TORNILLO ISO 4017-8.8 M8X20, T
				1.1.3.5	ARANDELA 80X3 AGA-C
		1.1.4	POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.1.4.1	POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C
				1.1.4.2	RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT
				1.1.4.3	TAPA DE EJE AGA-C
				1.1.4.4	TORNILLO ISO 4017-8.8 M8X20, T
				1.1.4.5	ARANDELA 80X3 AGA-C
		1.1.5	PATIN DE DESLIZAMIENTO	1.1.5.1	FORRO FRICCIÓN SINT. DT, AGA
				1.1.5.2	CHAPA DE ALMA E=10, A108-C
				1.1.5.3	TORNILLO ALLEN NERV.100 M10X35
				1.1.5.4	ARANDELA ISO 7089 M10 300HV GA
		1.1.6	MORDAZAS	1.1.6.1	MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52
				1.1.6.2	MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52
				1.1.6.3	LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO
				1.1.6.4	PLACA ADHESIVA CE 17 0408 (TUE
				1.1.6.5	EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354
				1.1.6.6	PIEZAS P. INSPECCION A108-C, DE
				1.1.6.7	NIPLE DE ENGRASE EN 6, ~DIN714
				1.1.6.8	PASADOR DE SUJECIÓN CONNEX 10X
				1.1.6.9	CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW
				1.1.6.10	CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW
				1.1.6.11	ARANDELA A108-C
		1.1.7	CORONA DE CIERRE	1.1.7.1	TUERCA HEXAG. DIN 985-8 M10 EL
				1.1.7.2	TORNILLO DE AJUSTE A108-C
				1.1.7.3	ARANDELA 70X35X4 AGA-C
				1.1.7.4	ARANDELA DE PRESIÓN DIN 6796 F
				1.1.7.5	ANILL.SINUS.85,8X75,8X1,10/8,0

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

La tabla de taxonomía proporciona una descripción detallada de los componentes y subcomponentes que conforman la Pinza A108-C. Mediante una estructura jerárquica, se presentan los niveles de organización de la pinza, desde los componentes principales hasta los elementos más pequeños y específicos. Cada componente y subcomponente se describe exhaustivamente, permitiendo una comprensión clara de la estructura y funcionamiento de la pinza. Esta taxonomía es una herramienta invaluable para identificar, reemplazar y mantener adecuadamente los diferentes elementos de la Pinza A108-C, optimizando su rendimiento y prolongando su vida útil.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla X

### *Mantenimiento centrado en confiabilidad, definición de funciones, fallas funcionales, modos de falla y probabilidad*

NIVEL	Componente	Funcion	Falla funcional	Modos de Falla	Probabilidad
1.1.1	PAQUETE DE RESORTE	1. MANTENER LA PINZA SUJETA AL CABLE	1.1 NO CIERRA LA PINZA	1.1.1 ROTURA DE LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431 1.1.2 DAÑO TOTAL DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0 1.1.3 ROTURA DE LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C 1.1.4 ROTURA DEL CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	MEDIO BAJA MEDIO MEDIO
		2. LA FUERZA DE APRIETE DE LA PINZA CON RESPECTO AL CABLE SEA SUPERIOR A 6700Nm	2.1 Resortes no realizan la fuera necesaria	2.1.1 FRACTURA DE ALGUNO DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0 2.1.2 ELONGACION DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0 2.1.3 OPSTRUCCION EN EL RECORRIDO DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0 2.1.4 DESGASTE DE LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431 2.1.5 DESGASTE DE LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C 2.1.6 DESGASTE DEL CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	BAJA BAJA BAJA MEDIO MEDIO MEDIO
		3. CONSERVAR LA SEGURIDAD DEL EQUIPO	3.1 EL PAQUETE DE RESORTES NO ESTA EN CODICIONES OPERATIVAS	3.1.1 OXIDACION EN CABEZAL RESORTE A108-C 50X290 3.1.2 OXIDACION EN LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C 3.1.3 OXIDACION EN LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431 3.1.4 FISURAS EN CABEZAL RESORTE A108-C 50X290 3.1.5 FISURAS EN LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C 3.1.6 FISURAS EN LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431 3.1.7 ELONGACION DEL CIRCLIP INTER. DIN 472 72X3,1 3.1.8 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS	ALTO ALTO ALTO MEDIO MEDIO MEDIO ALTO BAJA

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

NIVEL	Componente	Funcion	Falla funcional	Modos de Falla	Probabilidad
1.1.2	POLEA DE RODADURA	1. DESPLAZAR LA CABINA POR LOS RIELES DE RODADURA	1.1 POLEA BLOQUEADA	1.1.1 APLANAMIENTO DE LA POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A 1.1.2 DAÑO EN LA ROZCA O TORQUE EXCESIVO DE LA TUERCA ALMEN. DIN979-04 M30X2 1.1.3 BLOQUEO DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	BAJA BAJA ALTO
			1.2 ESTRUCTURA DE LA POLEA NO CONFORME	1.2.1 FISURAS EN EL PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C 1.2.2 PUNTOS OXIDADOS EN PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C 1.2.3 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS EN PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C 1.2.4 FISURAS EN POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A 1.2.5 REBABAS EN POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A 1.2.6 PUNTOS OXIDADOS EN EL RRB DIN 625/1-6207-2RS1-C3 LT 1.2.7 PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE	BAJA MEDIO ALTO MEDIO ALTO MEDIO
			1.3 NO DESPLAZA LA PINZA A LA VELOCIDAD NOMINAL	1.3.1 POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A SUPERA SU LIMITE DE DESGASTE 1.3.2 JUEGO LATERAL EN EL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.3.3 GIRO LENTO DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.3.4 ROTURA DE LA POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A	MEDIO MEDIO MEDIO BAJA
1.1.3	POLEA GUIA	1. GUIAR Y ESTABILIZAR EL MOVIMIENTO DE LA PINZA DURANTE SU RECORRIDO POR LAS ESTACIONES.	1.1 PERDIDA DE LA CAPACIDAD DE GUIAR LA PINZA	1.1.1 APLANAMIENTO DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.1.2 LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE 1.1.3 ROTURA DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.1.4 JUEGO LATERAL DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	MEDIO MEDIO BAJA MEDIO
			1.2 MOVIMIENTOS IRREGULARES DURANTE EL RECORRIDO	1.2.1 FISURAS EN POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.2.2 REBABAS EN LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.2.3 GIRO LENTO DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.2.4 RUIDOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1-6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.2.5 PUNTOS OXIDADOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	BAJA ALTO MEDIO MEDIO BAJA

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

NIVEL	Componente	Funcion	Falla funcional	Modos de Falla	Probabilidad
1.1.4	POLEA DE ACOPLAMIENTO	1. COMPRIMIR EL PAQUETE DE RESORTES.	1.1 PERDIDA DE LA CAPACIDAD DE COMPRIMIR LOS RESORTES	1.1.1 APLANAMIENTO DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.1.2 LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE 1.1.3 ROTURA DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.1.4 JUEGO LATERAL DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	MEDIO MEDIO BAJA MEDIO
			1.2 MOVIMIENTOS IRREGULARES DURANTE EL RECORRIDO	1.2.1 FISURAS EN POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.2.2 REBABAS EN LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C 1.2.3 GIRO LENTO DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.2.4 RUIDOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA 1.2.5 PUNTOS OXIDADOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	BAJA ALTO MEDIO MEDIO BAJA
1.1.5	PATIN DE DESLIZAMIENTO	1. APROVECHAR LA FRICCIÓN GENERADA POR LOS NEUMÁTICOS TRANSPORTADORES PARA DESPLAZAR LA PINZA A LO LARGO DE LA ESTACIÓN.	1.1 PERDIDA DE LA FRICCION	1.1.1 FORRO FRICCION SINT. DT, AGA SUPERA SU LIMITE DE DESGASTE 1.1.2 ROTURA EN EL FORRO FRICCION SINT. DT, AGA 1.1.3 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS FORRO FRICCION SINT. DT, AGA 1.1.4 FISURAS EN FORRO FRICCION SINT. DT, AGA	MEDIO MEDIO MEDIO MEDIO

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

NIVEL	Componente	Funcion	Falla funcional	Modos de Falla	Probabilidad
1.1.6	MORDAZAS	1. CONECTAR LAS CABINAS DE TRANSPORTE DE USUARIOS AL CABLE PORTADOR TRACTOR QUE LAS DESPLAZA POR EL AIRE	1.1 MORDAZAS NO SE CONECTAN AL CABLE	1.1.1 DAÑO EN EL PAQUETE DE RESORTES 1.1.2 DAÑO EN EL RIEL DE ACOPLAMIENTO 1.1.3 FRACTURA DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.1.4 FRACTURA DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52 1.1.5 FRACTURA DE EL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	MEDIO BAJA BAJA BAJA BAJA
			1.2 MORDAZAS DESLIZAN EN EL CABLE	1.2.1 DESGASTE DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.2.2 DESGASTE EN LOS EXTREMOS DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.2.3 DESGASTE DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52 1.2.4 DESGASTE EN LOS EXTREMOS DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52	MEDIO MEDIO MEDIO MEDIO
			1.3 FRACTURAS EN LAS ESTRUCTURAS DE LA PINZA	1.3.1 ESTRIAS Y GOLPES EN LA ZONA DE AROS LATERALES EN LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.3.2 FISURAS MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.3.3 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.3.4 DESGASTE DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA 1.3.5 FISURAS EN EL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA 1.3.6 FISURAS MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52 1.3.7 FISURA EN EL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354 1.3.8 ESTRIAS Y GOLPES EN LA ZONA DE AROS LATERALES MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52	MEDIO MEDIO MEDIO ALTO BAJA BAJA MEDIO MEDIO
			1.4 AFECTACION AL CABLE TRACTOR	1.4.1 FORMACION DE REBABAS EN LOS BORDES EXTERIORES DEL CANAL DEL CABLE MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.4.2 FORMACION DE REBABAS EN LOS BORDES EXTERIORES DEL CANAL DEL CABLE MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52	ALTO ALTO

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

NIVEL	Componente	Funcion	Falla funcional	Modos de Falla	Probabilidad
1.1.6	MORDAZAS	1. CONECTAR LAS CABINAS DE TRANSPORTE DE USUARIOS AL CABLE PORTADOR TRACTOR QUE LAS DESPLAZA POR EL AIRE	1.5 DISMINUCION DE LA SEGURIDAD	1.5.1 PUNTOS OXIDADOS EN LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52 1.5.2 PUNTOS OXIDADOS EN LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52 1.5.3 PUNTOS OXIDADOS DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA 1.5.4 DESGASTE EN LA LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO 1.5.5 FISURA EN LA LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO 1.5.6 SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354 1.5.7 PUNTOS OXIDADOS DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354 1.5.8 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354 1.5.9 DESGASTE DEL CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW 1.5.10 DESGASTE DEL CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW 1.5.11 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS EN EL CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW 1.5.12 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW 1.5.13 SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE ARANDELA A108-C 1.5.14 FISURAS ARANDELA A108-C	ALTO ALTO ALTO ALTO ALTO MEDIO MEDIO MEDIO ALTO ALTO ALTO ALTO BAJA BAJA

El enfoque RCM permite un análisis exhaustivo de la pinza A108-C, destacando las funciones esenciales que debe cumplir y las fallas que podrían afectar su desempeño. Al identificar los modos de falla y evaluar su probabilidad, se pueden establecer estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo adecuadas para minimizar el riesgo de fallas y asegurar un funcionamiento confiable de la pinza. Esta tabla proporciona una visión clara y organizada de los elementos clave del análisis RCM aplicado a la pinza A108-C, permitiendo a los profesionales del mantenimiento tomar decisiones informadas sobre las actividades de mantenimiento necesarias para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de la pinza.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla XI

### Plan de mantenimiento bajo la metodología RCM

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PAQUETE DE RESORTE	1.1.1 ROTURA DE LOS DOS GUÍA DE RESORTES A108-C L=431	Inspeccionar visualmente los guía de resortes A108-C L=431	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	identificar signos de desgaste, corrosión o daño en los guía de resortes.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Lubricar los guía de resortes A108-C L=431	Evidente de Seguridad	Lubricacion y Limpieza	Aplicar lubricante adecuado en los puntos de contacto de los guía de resortes según las recomendaciones del fabricante.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructiva a los guía de resortes A108-C L=431	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar análisis no destructivo mediante particulas magneticas para evaluar la vida útil de los guía resortes y determinar la necesidad de reemplazo.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE	1.1.2 DAÑO TOTAL DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Verificar la integridad de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones regulares para detectar daños visibles en los resortes del paquete de resortes	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Establecer un programa de reemplazo periódico de los resortes	7 años	30m	Supervisor	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Restauracion de la pintura de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Restauracion	Realizar tareas de restauración de la pintura en los resortes para protegerlos contra la corrosión y el desgaste.	12W	20m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	1.1.3 ROTURA DE LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C	Inspeccionar visualmente los ejes de resorte A108-C	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones para identificar signos de desgaste, corrosión o daño en los ejes de resorte.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Lubricar los ejes de resortes A108-C	Evidente de Seguridad	Lubricacion y Limpieza	Aplicar lubricante adecuado en los puntos de contacto de los ejes de resortes según las recomendaciones del fabricante.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructivo	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar análisis no destructivo mediante particulas magneticas para evaluar la vida útil de los ejes de resortes y determinar la necesidad de reemplazo.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PAQUETE DE RESORTE	1.1.4 ROTURA DEL CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	Inspeccionar visualmente el cabezal del resorte A108-C 50X290	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones periódicas para identificar signos de desgaste, corrosión o daño en el cabezal del resorte.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Lubricar el cabezal del resorte A108-C 50X290	Evidente de Seguridad	Lubricacion y Limpieza	Aplicar lubricante adecuado en los puntos de contacto del cabezal del resorte según las recomendaciones del fabricante.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructiva	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar análisis no destructivo mediante partículas magnéticas para evaluar la vida útil del cabezal del resorte y determinar la necesidad de reemplazo.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.1 FRACTURA DE ALGUNO DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Verificar la integridad de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones regulares para detectar daños visibles en los resortes del paquete de resortes	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Establecer un programa de reemplazo periódico de los resortes	7 años	30m	Supervisor	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Restauracion de la pintura de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente de Seguridad	Restauracion	Realizar tareas de restauración de la pintura en los resortes para protegerlos contra la corrosión y el desgaste.	12W	20m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.2 ELONGACION DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Medir la elongación de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	descomprimir los resortes, realizar la medicion y comprobar si se encuentran dentro del rango de tolerancia	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0 elongados si es	Oculto de No-Seguridad	Llevar a la Falla	reemplazar los resortes que esten fuera de la tolerancia de enlongacion	50.000 CICLOS	10m	Supervisor	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.3 OPSTRUCCION EN EL RECORRIDO DE LOS RESORTES PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Inspeccionar el recorrido de los resortes PAQ.DE RES.A108-C VM DF=22,0	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual del recorrido de los resortes para detectar posibles obstrucciones.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PAQUETE DE RESORTE		Eliminar cualquier obstrucción que impida el recorrido adecuado de los resortes	Evidente en la Operación	Lubricación y Limpieza	Si se detecta alguna obstrucción, removerla cuidadosamente para permitir el libre movimiento de los resortes.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Aplicar lubricación en los puntos de deslizamiento de los resortes	Evidente en la Operación	Lubricación y Limpieza	Aplicar lubricante adecuado en los puntos donde los resortes entran en contacto y deslizan, para reducir la fricción y facilitar su movimiento.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.4 DESGASTE DE LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431	Inspeccionar visualmente los guía resortes A108-C L=431	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los guía resortes para identificar signos de desgaste.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los guía resortes A108-C L=431 si están desgastados	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se detecta desgaste en los guía resortes, proceder al reemplazo de los mismos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Aplicar lubricación adecuada a los ejes de resorte	Oculto de No-Seguridad	Lubricación y Limpieza	Aplicar el lubricante adecuado en los ejes de los resortes para reducir la fricción y prevenir el desgaste prematuro.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.5 DESGASTE DE LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C	Inspeccionar visualmente los ejes de resorte A108-C	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los ejes de resorte para detectar signos de desgaste.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los ejes de resorte A108-C si están desgastados	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se detecta desgaste significativo en los ejes de resorte, proceder al reemplazo de los mismos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Aplicar lubricación adecuada a los ejes de resorte	Oculto de No-Seguridad	Lubricación y Limpieza	Aplicar el lubricante adecuado en los ejes de los resortes para reducir la fricción y prevenir el desgaste prematuro.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	2.1.6 DESGASTE DEL CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	Inspeccionar visualmente el cabezal del resorte A108-C 50X290	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del cabezal del resorte para identificar signos de desgaste.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar el cabezal del resorte A108-C 50X290 si está desgastado	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se detecta desgaste significativo en el cabezal del resorte, proceder al reemplazo	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PAQUETE DE RESORTE		Aplicar lubricación adecuada al CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	Oculto de No-Seguridad	Lubricación y Limpieza	Aplicar el lubricante adecuado en el cabezal del resorte para reducir la fricción y prevenir el desgaste prematuro.	12W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.1 OXIDACION EN CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	Inspeccionar visualmente el cabezal del resorte A108-C 50X290	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del cabezal del resorte para identificar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar un tratamiento mecanico en el cabezal para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en el cabezal del resorte. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.2 OXIDACION EN LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C	Inspeccionar visualmente los ejes de resorte A108-C	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los ejes de resorte para identificar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar un tratamiento mecanico en los ejes para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en los ejes de resorte. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.3 OXIDACION EN LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431	Inspeccionar visualmente los guía resortes A108-C L=431	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los guía resortes para identificar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar un tratamiento mecanico en los guía resortes para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en los guía resortes. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.4 FISURAS EN CABEZAL RESORTE A108-C 50X290	Inspeccionar visualmente el cabezal del resorte A108-C 50X290	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del cabezal del resorte para identificar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar el cabezal del resorte A108-C 50X290 si presenta fisuras	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras en el cabezal del resorte, proceder al reemplazo del mismo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructivo	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar pruebas no destructivas por partículas magnéticas para detectar fisuras internas no visibles en el cabezal del resorte.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.5 FISURAS EN LOS DOS EJE DE RESORTE A108-C	Inspeccionar visualmente los ejes de resorte A108-C	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los ejes de resorte para identificar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los ejes de resorte A108-C si presentan fisuras	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras en los ejes de resorte, proceder al reemplazo de los mismos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructivo	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar pruebas no destructivas por partículas magnéticas para detectar fisuras internas no visibles en los ejes de resorte.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.6 FISURAS EN LOS DOS GUÍA RESORTES A108-C L=431	Inspeccionar visualmente los guía resortes A108-C L=431	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual de los guía resortes para identificar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Reemplazar los guía resortes A108-C L=431 si presentan fisuras	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras en los guía resortes, proceder al reemplazo de los mismos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar ensayo no destructivo	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar pruebas no destructivas por partículas magnéticas para detectar fisuras internas no visibles en los guía resortes.	9000 HORAS	20m	Ingeniero	Master	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.7 ELONGACION DEL CIRCLIP INTER. DIN 472 72X3,1	Reemplazar el circlip interno DIN 472 72X3,1	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Proceder a su reemplazo con un circlip nuevo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE	3.1.8 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS	Inspeccionar visualmente el sistema en busca de estrías, arañazos u otros daños	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual detallada de todo el sistema para identificar posibles estrías, arañazos u otros daños.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Realizar las reparaciones o reemplazos necesarios según los daños encontrados	Evidente de Seguridad	Restauracion	Si se detectan estrías, arañazos u otros daños, realizar las reparaciones necesarias o proceder al reemplazo de las partes dañadas.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PAQUETE DE RESORTE		Aplicar recubrimientos protectores para evitar futuros daños	Evidente de Seguridad	Restauracion	Si se detecta ausencia de recubrimiento o deterioro del mismo, aplicar una capa de pintura protectora	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
POLEA DE RODADURA	1.1.1 APLANAMIENTO DE LA POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A	Realizar un torneado de la polea de rodadura de diámetro 180 mm para corregir cualquier aplanamiento	Evidente en la Operación	Restauración	Realizar un torneado de la polea para corregir los aplanamientos y restaurar su forma original.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Inspeccionar la superficie de la polea para detectar aplanamientos.	Evidente en la Operación	Inspección Operativa	Realizar inspecciones regulares para detectar cualquier signo de aplanamiento en la superficie de la polea de rodadura.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.1.2 DAÑO EN LA ROZCA O TORQUE EXCESIVO DE LA TUERCA ALMEN. DIN979-04 M30X2	Verificar y ajustar el torque de la tuerca según las especificaciones del fabricante.	Oculto de No-Seguridad	Inspección Funcional	Utilizar herramientas de torque adecuadas para verificar y ajustar el torque de la tuerca según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Inspeccionar la rosca de la tuerca para detectar daños o desgaste.	Oculto de No-Seguridad	Inspección Funcional	Realizar una inspección visual de la rosca de la tuerca para detectar cualquier daño o desgaste que pueda afectar su funcionamiento.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.1.3 BLOQUEO DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	Limpiar adecuadamente el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT.	Evidente en la Operación	Lubricación y Limpieza	Realizar una limpieza cuidadosa del rodamiento RRB para eliminar cualquier contaminante o suciedad que pueda causar bloqueo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Verificar el correcto funcionamiento del rodamiento y reemplazarlo si es necesario.	Evidente en la Operación	Inspección Funcional	Verificar que el rodamiento RRB esté funcionando correctamente y si se encuentra desgastado o presenta signos de bloqueo irreparable, proceder a su reemplazo con un rodamiento nuevo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.1 FISURAS EN EL PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C	Inspeccionar visualmente el perno del eje de la polea A108-C en busca de fisuras.	Oculto de Seguridad	Inspección Operativa	Realizar inspecciones regulares en el perno del eje de la polea para detectar cualquier fisura o signo de debilitamiento.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Reemplazar el perno si se encuentran fisuras o signos de debilitamiento.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se encuentran fisuras o signos de debilitamiento en el perno, proceder a su reemplazo con un perno nuevo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.2 PUNTOS OXIDADOS EN PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C	Inspeccionar visualmente el perno del eje de la polea A108-C	Oculto de No-Seguridad	Inspección Funcional	Realizar una inspección visual del perno del eje de la polea A108-C para identificar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
POLEA DE RODADURA		Realizar un tratamiento mecanico en el perno del eje de la polea A108-C para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en el perno del eje de la polea A108-C. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos. Realizar inspecciones visuales regulares en el perno para identificar posibles estrías, arañazos u otros daños.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.3 ESTRÍAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS EN PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C	Inspeccionar visualmente el perno del eje de la polea A108-C en busca de estrías, arañazos u otros daños.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales regulares en el perno para identificar posibles estrías, arañazos u otros daños. Si se detectan daños significativos en el perno que puedan afectar su funcionamiento, proceder a su reemplazo con un perno nuevo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Reemplazar el perno si se encuentran daños significativos.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Realizar inspecciones regulares en la polea de rodadura para detectar cualquier fisura o signo de debilitamiento. Si se encuentran fisuras o signos de debilitamiento en la polea de rodadura, proceder a su reemplazo con una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.4 FISURAS EN POLEA DE RODADURA DIÁ. 180MM, A	Inspeccionar periódicamente la polea de rodadura de diámetro 180 mm en busca de fisuras.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar un torneado en la polea de rodadura para eliminar las rebabas y asegurar una superficie lisa y libre de obstrucciones.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Reemplazar la polea si se encuentran fisuras o signos de debilitamiento.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Realizar un torneado en la polea de rodadura para eliminar las rebabas y asegurar una superficie lisa y libre de obstrucciones.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.5 REBABAS EN POLEA DE RODADURA DIÁ. 180MM, A	Realizar un torneado de la polea de rodadura de diámetro 180 mm para eliminar las rebabas.	Evidente No-Operacion	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones periódicas en la polea de rodadura para detectar la presencia de rebabas y eliminarlas si es necesario. Realizar un tratamiento adecuado para prevenir la oxidación en el rodamiento RRB en el futuro.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Inspeccionar la polea regularmente para detectar la formación de rebabas y eliminarlas.	Evidente No-Operacion	Restauracion	Realizar un tratamiento adecuado para prevenir la oxidación en el rodamiento RRB en el futuro.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.2.6 PUNTOS OXIDADOS EN EL RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT	Realizar un tratamiento contra la oxidación en el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT.	Oculto de No-Seguridad	Lubricacion y Limpieza	Si se encuentran signos de oxidacion en el rodamiento proceder a su reemplazo con un nuevo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Reemplazar el rodamiento que presente formación de óxido.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo		4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
POLEA DE RODADURA	1.2.7 PERNO DEL EJE P. POLEA A108-C SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE	Verificar el desgaste del perno del eje de la polea A108-C y reemplazarlo si supera los límites recomendados.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar inspeccion en el perno del eje de la polea para verificar su desgaste. Si el desgaste supera los límites recomendados, proceder a su reemplazo con un perno nuevo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.3.1 POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A SUPERA SU LIMITE DE DESGASTE	Inspeccionar periódicamente la polea de rodadura de diámetro 180 mm y reemplazarla si supera los límites de desgaste.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones regulares en la polea de rodadura para verificar su desgaste. Si la polea supera los límites de desgaste recomendados, proceder a su reemplazo con una nueva.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.3.2 JUEGO LATERAL EN EL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	Inspeccionar y ajustar el juego lateral del rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones periódicas para verificar el juego lateral del rodamiento y determinar si requiere ajustes. Realizar limpieza regular del rodamiento	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.3.3 GIRO LENTO DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	Limpiar y lubricar adecuadamente el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea.	Evidente en la Operación	Lubricacion y Limpieza	utilizando los procedimientos recomendados y aplicar lubricante según las especificaciones del fabricante. Observar el giro del rodamiento y evaluar si presenta anomalías o un funcionamiento lento.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Verificar el correcto funcionamiento del rodamiento y reemplazarlo si es necesario.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	funcionamiento lento. En caso de deterioro significativo o falla, reemplazar el rodamiento por uno nuevo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA	1.3.4 ROTURA DE LA POLEA DE RODADURA DIÁ.180MM, A	Inspeccionar periódicamente la polea de rodadura de diámetro 180 mm en busca de roturas o daños estructurales.	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales para identificar cualquier rotura o daño significativo en la polea de rodadura.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE RODADURA		Reemplazar la polea si se detecta alguna rotura o daño significativo.	Evidente en la Operación	Reemplazo	Cuándo la polea ha sufrido roturas o daños estructurales proceder a reemplazarla en caso necesario.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA GUIA	1.1.1 APLANAMIENTO DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	Realizar un torneado de la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C para corregir cualquier aplanamiento encontrado.	Evidente en la Operación	Restauracion	Inspeccionar la superficie de la polea guía para detectar aplanamientos y, si es necesario, realizar un torneado para restaurar su forma adecuada	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
POLEA GUIA		Inspeccionar periódicamente la superficie de la polea guía para detectar aplanamientos.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones visuales para identificar cualquier aplanamiento en la superficie de la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA GUIA	1.1.2 LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE	Reemplazar la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C si se encuentra desgastada más allá del límite recomendado.	Evidente en la Operación	Reemplazo	Cuándo la polea guía ha superado los límites de desgaste proceder a reemplazarla en caso necesario.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA GUIA	1.1.3 ROTURA DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	Inspeccionar la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C en busca de signos de rotura o daño estructural.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones visuales para identificar cualquier rotura o daño significativo en la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA GUIA		Reemplazar la polea guía si se detecta alguna rotura o daño significativo.	Evidente en la Operación	Reemplazo	Cuándo la polea guía ha sufrido roturas o daños estructurales proceder a reemplazarla en caso necesario.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA GUIA	1.1.4 JUEGO LATERAL DEL RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-	Inspeccionar y ajustar el juego lateral del rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea guía de	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones para verificar el juego lateral del rodamiento y determinar si requiere ajustes.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.2.1 FISURAS EN POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	Inspeccionar visualmente la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C en busca de fisuras.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales para identificar cualquier fisura o signo de debilitamiento en la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO		Reemplazar la polea guía si se encuentran fisuras o signos de debilitamiento.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Cuándo la polea guía presenta fisuras o debilitamiento proceder a reemplazarla en caso necesario.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.2.2 REBABAS EN LA POLEA GUÍA DIA.158 MM AGA-C	Realizar un torneado de la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C para eliminar las rebabas.	Evidente No-Operación	Restauracion	Inspeccionar la polea guía para detectar la formación de rebabas y, si es necesario, realizar un torneado para eliminarlas.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO		Inspeccionar la polea guía regularmente para detectar la formación de rebabas y eliminarlas.	Evidente No-Operación	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales para identificar la presencia de rebabas en la superficie de la polea guía de diámetro 158 mm AGA-C y eliminarlas adecuadamente. Realizar limpieza regular del rodamiento	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.2.3 GIRO LENTO DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	Limpiar y lubricar adecuadamente el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea guía.	Evidente en la Operación	Lubricacion y Limpieza	utilizando los procedimientos recomendados y aplicar lubricante según las especificaciones del fabricante.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
POLEA DE ACOPLAMIENTO		Verificar el correcto funcionamiento del rodamiento y reemplazarlo si es necesario.	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Observar el giro del rodamiento y evaluar si presenta anomalías o un funcionamiento lento. En caso de deterioro significativo o falla, reemplazar el rodamiento por uno nuevo. Realizar inspecciones para identificar ruidos anormales	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.2.4 RUIDOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	Inspeccionar y lubricar adecuadamente el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea guía.	Evidente en la Operación	Lubricacion y Limpieza	provenientes del rodamiento y aplicar lubricante según las recomendaciones del fabricante.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO		Verificar el correcto funcionamiento del rodamiento y reemplazarlo si es necesario.	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Observar el funcionamiento del rodamiento y evaluar si los ruidos anormales persisten. En caso de deterioro significativo o falla, reemplazar el rodamiento por uno nuevo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO	1.2.5 PUNTOS OXIDADOS DE RODAMIENTO RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT DE LA POLEA	Realizar un tratamiento contra la oxidación en el rodamiento RRB DIN 625/1- 6207-2RS1-C3 LT de la polea guía.	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Realizar un tratamiento adecuado para prevenir la oxidación en el rodamiento RRB en el futuro.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
POLEA DE ACOPLAMIENTO		Reemplazar el rodamiento que presente formación de óxido.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se encuentran signos de oxidación en el rodamiento proceder a su reemplazo con un nuevo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PATIN DE DESLIZAMIENTO	1.1.1 FORRO FRICCION SINT. DT, AGA SUPERA SU LIMITE DE DESGASTE	Verificar periódicamente el desgaste del forro de fricción sintético DT, AGA y reemplazarlo si supera los límites recomendados.	Evidente en la Operación	Inspeccion Operativa	Inspeccionar el forro de fricción sintético DT, AGA para evaluar su desgaste. Si el desgaste supera los límites recomendados, se debe realizar el reemplazo correspondiente.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PATIN DE DESLIZAMIENTO	1.1.2 ROTURA EN EL FORRO FRICCION SINT. DT, AGA	Inspeccionar visualmente el forro de fricción sintético DT, AGA en busca de roturas o daños estructurales.	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual en el forro de fricción sintético DT, AGA para identificar posibles roturas o daños estructurales. En caso de detectar alguna rotura o daño significativo, se debe proceder con el reemplazo del forro.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
PATIN DE DESLIZAMIENTO	1.1.3 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS FORRO FRICCIÓN SINT. DT, AGA	Inspeccionar visualmente el forro de fricción sintético DT, AGA en busca de estrías, arañazos u otros daños.	Evidente en la Operación	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en el forro de fricción sintético DT, AGA para identificar la presencia de estrías, arañazos u otros daños. En caso de encontrar daños significativos, se debe proceder con el reemplazo del forro.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
PATIN DE DESLIZAMIENTO	1.1.4 FISURAS EN FORRO FRICCIÓN SINT. DT, AGA	Inspeccionar visualmente el forro de fricción sintético DT, AGA en busca de fisuras o grietas.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en el forro de fricción sintético DT, AGA para identificar la presencia de fisuras o grietas. Si se encuentran fisuras o grietas que comprometan la integridad, se debe proceder con el reemplazo del forro. Realizar una inspección visual del paquete de	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.1.1 DAÑO EN EL PAQUETE DE RESORTES	Inspeccionar visualmente el paquete de resortes	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	resortes para identificar posibles daños o deformaciones. Si se encuentran resortes dañados o deformados durante la inspección, reemplazarlos por resortes nuevos para asegurar un funcionamiento adecuado.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar los resortes dañados o deformados para garantizar un funcionamiento adecuado.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	reemplazarlos por resortes nuevos para asegurar un funcionamiento adecuado.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.1.2 DAÑO EN EL RIEL DE ACOPLAMIENTO	Inspeccionar el riel de acoplamiento	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del riel de acoplamiento para identificar roturas, deformaciones u otros daños.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el riel de acoplamiento si se encuentra dañado y compromete la funcionalidad.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Si se encuentra que el riel de acoplamiento está dañado y afecta la funcionalidad del equipo, reemplazarlo por uno nuevo para garantizar un acoplamiento adecuado. Inspeccionar visualmente la	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.1.3 FRACTURA DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DÍÁ.52	Realizar inspecciones visuales en la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de fracturas.	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para identificar fracturas o fisuras	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si se detectan fracturas que afecten la integridad estructural.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	En caso de encontrar fracturas que comprometan la integridad estructural de la mandíbula fija, reemplazarla por una nueva.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.1.4 FRACTURA DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DÍA. 52	Inspeccionar la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de fracturas o roturas.	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual en la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 para detectar fracturas o roturas.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula móvil si se encuentra fracturada o dañada.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fracturas o daños en la mandíbula móvil, reemplazarla por una nueva para mantener su funcionamiento adecuado.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.1.5 FRACTURA DE EL EJE DE CAB. A108-C DIA. 32 L 354	Inspeccionar visualmente el eje de cab. A108-C de diámetro 32 y longitud 354 en busca de fracturas o roturas.	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual en el eje de cab. A108-C de diámetro 32 y longitud 354 para identificar fracturas o roturas.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el eje si se detectan fracturas que comprometan su resistencia y funcionalidad.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Si se encuentran fracturas que comprometan la resistencia y funcionalidad del eje, reemplazarlo por uno nuevo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.2.1 DESGASTE DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DÍA. 52	Verificar el desgaste del canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 de forma regular.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si el desgaste del canal del cable excede los límites aceptables.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si el desgaste del canal del cable supera los límites aceptables, reemplazar la mandíbula fija por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.2.2 DESGASTE EN LOS EXTREMOS DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA FIJA A108-C DÍA. 52	Inspeccionar los extremos del canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de desgaste.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar inspecciones visuales en los extremos del canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para detectar desgaste.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si se encuentra desgaste significativo en los extremos del canal del cable.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se detecta un desgaste significativo en los extremos del canal del cable, reemplazar la mandíbula fija por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.2.3 DESGASTE DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52	Verificar periódicamente el desgaste del canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula móvil si el desgaste del canal del cable supera los límites recomendados.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si el desgaste del canal del cable supera los límites recomendados, reemplazar la mandíbula móvil por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.2.4 DESGASTE EN LOS EXTREMOS DEL CANAL DEL CABLE DE LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52	Inspeccionar los extremos del canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de desgaste.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en los extremos del canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 para detectar desgaste.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula móvil si se detecta un desgaste significativo en los extremos del canal del cable.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si se detecta un desgaste significativo en los extremos del canal del cable, reemplazar la mandíbula móvil por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.1 ESTRIAS Y GOLPES EN LA ZONA DE AROS LATERALES EN LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	Inspeccionar visualmente la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de estrías y golpes en la zona de aros laterales.	Evidente de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para identificar estrías y golpes en la zona de aros laterales.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si se encuentran estrías y golpes que afecten su funcionalidad.	Evidente de Seguridad	Reemplazo	Si se encuentran estrías y golpes que afecten la funcionalidad de la mandíbula fija, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.2 FISURAS MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	Realizar inspecciones visuales en la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de fisuras.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Inspeccionar visualmente la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para detectar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si se detectan fisuras que comprometan la integridad estructural.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	En caso de detectar fisuras que afecten la integridad estructural de la mandíbula fija, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.3.3 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	Inspeccionar visualmente el cuerpo principal de la pinza mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de estrías, arañazos u otros daños.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en el cuerpo principal de la pinza mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para identificar estrías, arañazos u otros daños.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula fija si se encuentran estrías, arañazos u otros daños significativos en el cuerpo principal de la pinza.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan estrías, arañazos u otros daños significativos en el cuerpo principal de la pinza mandíbula fija, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.4 DESGASTE DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA	Verificar periódicamente el desgaste del cuerpo principal de la pinza.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del cuerpo principal de la pinza.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la pinza si el desgaste del cuerpo principal supera los límites recomendados.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Si el desgaste del cuerpo principal de la pinza supera los límites recomendados, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.5 FISURAS EN EL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA	Inspeccionar visualmente el cuerpo principal de la pinza en busca de fisuras.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en el cuerpo principal de la pinza para detectar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la pinza si se detectan fisuras que comprometan su integridad estructural.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras que comprometen la integridad estructural de la pinza, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.6 FISURAS MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52	Realizar inspecciones visuales en la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de fisuras.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Inspeccionar visualmente la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 para detectar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula móvil si se detectan fisuras que afecten su funcionalidad.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras que afecten la funcionalidad de la mandíbula móvil, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.3.7 FISURA EN EL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	Inspeccionar visualmente el eje de cab.A108-C de diámetro 32 y longitud 354 en busca de fisuras.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en el eje de cab.A108-C de diámetro 32 y longitud 354 para detectar fisuras.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el eje si se detectan fisuras que comprometan su resistencia y funcionalidad.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	Si se detectan fisuras que comprometen la resistencia y funcionalidad del eje de cab.A108-C de diámetro 32 y longitud 354, reemplazarlo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.3.8 ESTRÍAS Y GOLPES EN LA ZONA DE AROS LATERALES MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52	Inspeccionar visualmente la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de estrías y golpes en la zona de aros laterales.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar inspecciones visuales en la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 para identificar estrías y golpes en la zona de aros laterales. Si se encuentran estrías y golpes que afecten la	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la mandíbula móvil si se encuentran estrías y golpes que afecten su funcionalidad.	Oculto de Seguridad	Reemplazo	funcionalidad de la mandíbula móvil, reemplazarla por una nueva.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.4.1 FORMACION DE REBABAS EN LOS BORDES EXTERIORES DEL CANAL DEL CABLE MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	Inspeccionar el canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de formación de rebabas en los bordes exteriores.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del canal del cable de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 y buscar cualquier formación de rebabas en los bordes exteriores.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Eliminar cualquier rebaba o borde áspero	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	En caso de encontrar rebabas o bordes ásperos, eliminarlos para evitar interferencias en el funcionamiento del cable.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.4.2 FORMACION DE REBABAS EN LOS BORDES EXTERIORES DEL CANAL DEL CABLE MANDÍBULA MÓVIL A108-C DIÁ.52	Inspeccionar el canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de formación de rebabas en los bordes exteriores.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del canal del cable de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 y buscar cualquier formación de rebabas en los bordes exteriores.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Eliminar cualquier rebaba o borde áspero.	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	En caso de encontrar rebabas o bordes ásperos, eliminarlos para asegurar un deslizamiento suave del cable.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.1 PUNTOS OXIDADOS EN LA MANDÍBULA FIJA A108-C DIÁ.52	Inspeccionar visualmente la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 en busca de puntos oxidados.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual de la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 y buscar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Realizar un tratamiento mecánico en la mandíbula fija A108-C de diámetro 52 para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en la mandíbula fija A108-C de diámetro 52. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.5.2 PUNTOS OXIDADOS EN LA MANDÍBULA MOVIL A108-C DIÁ.52	Inspeccionar visualmente la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 en busca de puntos oxidados.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual de la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 y buscar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Realizar un tratamiento mecanico en la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52 para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en la mandíbula móvil A108-C de diámetro 52. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.3 PUNTOS OXIDADOS DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PINZA	Inspeccionar visualmente el cuerpo principal de la pinza en busca de puntos oxidados.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual del cuerpo principal de la pinza y buscar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Realizar un tratamiento mecanico en el cuerpo principal de la pinza para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en el cuerpo principal de la pinza. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.4 DESGASTE EN LA LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO	Verificar periódicamente el desgaste en la lengüeta de plástico A108 tipo.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste en la lengüeta de plástico A108 tipo.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la lengüeta de plástico si el desgaste compromete su funcionalidad.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	En caso de que el desgaste comprometa la funcionalidad de la lengüeta de plástico, reemplazarla.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.5 FISURA EN LA LENGÜETA DE PLÁSTICO A108 TIPO	Inspeccionar visualmente la lengüeta de plástico A108 tipo en busca de fisuras.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual de la lengüeta de plástico A108 tipo y buscar fisuras.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar la lengüeta de plástico si se detectan fisuras que afecten su integridad estructural.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	En caso de encontrar fisuras que comprometan la integridad estructural de la lengüeta de plástico, reemplazarla.	4W	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripción de Rutina de mantenimiento	categorías de consecuencia de fallas	tarea	descripción de la tarea	frecuencia	duración de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.5.6 SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	Verificar periódicamente el desgaste del eje de cab.A108-C dia.32 L 354 y reemplazarlo si supera el límite de desgaste establecido.	Oculto de Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del eje de cab.A108-C dia.32 L 354 y reemplazarlo si supera el límite establecido.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.7 PUNTOS OXIDADOS DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	Inspeccionar visualmente el eje de cab.A108-C dia.32 L 354 en busca de puntos oxidados.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Operativa	Realizar una inspección visual del eje de cab.A108-C dia.32 L 354 y buscar puntos oxidados.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Realizar un tratamiento en el eje de cab.A108-C dia.32 L 354 para eliminar puntos oxidados	Oculto de No-Seguridad	Restauracion	Utilizar técnicas y herramientas adecuadas para eliminar la oxidación presente en el eje de cab.A108-C dia.32 L 354. Esto puede incluir el lijado, pulido o aplicación de productos químicos anticorrosivos.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.8 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL EJE DE CAB.A108-C DIA.32 L 354	Inspeccionar visualmente el eje de cab.A108-C dia.32 L 354 en busca de estrías, arañazos y otros daños.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del eje de cab.A108-C dia.32 L 354 y buscar estrías, arañazos y otros daños.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el eje si se encuentran daños significativos que puedan afectar su funcionamiento.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	En caso de encontrar daños significativos en el eje que puedan afectar su funcionamiento, reemplazarlo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.9 DESGASTE DEL CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW	Verificar periódicamente el desgaste del casquillo PM 3240 DS tipo: KW y reemplazarlo si presenta un desgaste excesivo.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del casquillo PM 3240 DS tipo: KW y reemplazarlo si presenta un desgaste excesivo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.10 DESGASTE DEL CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW	Verificar periódicamente el desgaste del casquillo PM 5040 DS tipo: KW y reemplazarlo si presenta un desgaste excesivo.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	Realizar verificaciones periódicas del desgaste del casquillo PM 5040 DS tipo: KW y reemplazarlo si presenta un desgaste excesivo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

COMPONENTE	modos de falla	Descripcion de Rutina de mantenimiento	categorias de consecuencia de fallas	tarea	descripcion de la tarea	frecuencia	duracion de la tarea	responsable	personal adicional	estado del equipo
MORDAZAS	1.5.11 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS EN EL CASQUILLO PM 3240 DS TIPO: KW	Inspeccionar visualmente el casquillo PM 3240 DS tipo: KW en busca de estrías, arañazos y otros daños.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del casquillo PM 3240 DS tipo: KW y buscar estrías, arañazos y otros daños.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el casquillo si se encuentran daños que puedan afectar su rendimiento.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	En caso de encontrar daños que puedan afectar el rendimiento del casquillo, reemplazarlo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.12 ESTRIAS, ARAÑAZOS Y OTROS DAÑOS DEL CASQUILLO PM 5040 DS TIPO: KW	Inspeccionar visualmente el casquillo PM 5040 DS tipo: KW en busca de estrías, arañazos y otros daños.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar una inspección visual del casquillo PM 5040 DS tipo: KW y buscar estrías, arañazos y otros daños.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS		Reemplazar el casquillo si se detectan daños significativos que puedan afectar su funcionamiento.	Oculto de No-Seguridad	Reemplazo	En caso de encontrar daños significativos en el casquillo que puedan afectar su funcionamiento, reemplazarlo.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada
MORDAZAS	1.5.13 SUPERA EL LIMITE DE DESGASTE ARANDELA A108-C	Verificar periódicamente el desgaste de la arandela A108-C y reemplazarla si supera el límite de desgaste establecido.	Oculto de No-Seguridad	Inspeccion Funcional	Realizar verificaciones periódicas del desgaste de la arandela A108-C y reemplazarla si supera el límite establecido.	50.000 CICLOS	10m	Master	Tecnico de O&M	Parada

El plan de mantenimiento incluye una serie de nuevas actividades y rutinas que se deben llevar a cabo. Estas actividades se basan en el análisis exhaustivo de los modos de falla identificados y los requisitos específicos de mantenimiento de la pinza desembragable A108C. Cada actividad del plan de mantenimiento ha sido cuidadosamente seleccionada para abordar de manera proactiva los modos de falla y minimizar los riesgos asociados. Además, se han establecido frecuencias de ejecución y criterios de seguimiento para garantizar la efectividad y el cumplimiento del plan. Este nuevo plan de mantenimiento representa una mejora significativa con respecto al plan anterior. Se espera que al implementar estas nuevas actividades y rutinas, se logre una mayor confiabilidad en la pinza desembragable A108C, reduciendo los tiempos de inactividad no planificados y optimizando la seguridad y el rendimiento operativo del sistema teleférico.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **7 Análisis financiero**

A continuación, se presenta un análisis de costo de la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para el Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar, centrándose en los costos asociados con la realización del análisis del RCM:

El análisis del RCM involucra un proceso estructurado y detallado que requiere la participación de expertos en mantenimiento y confiabilidad. Aunque los costos exactos pueden variar según el tamaño y la complejidad del sistema, se pueden identificar los siguientes elementos financieros relevantes:

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Tabla XII

### Costos para la implementación del plan de mantenimiento

ITEM	Actividad	Inicio	Final	Costos total del analisis RCM	Reserva de gestión	Estimación de costos de los paquetes de trabajo	Estimación de costos de las actividades
	<b>Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM para la pinza A108C del sistema TransMiCable de ciudad bolívar</b>	ago-22	may-23	\$ 4.145.960			
<b>1</b>	<b>1. Información del plan de mantenimiento y los elementos que conforman la pinza desembragable A108C</b>	nov-22	feb-23		\$ 525.980	\$ 505.750	
1.1	<b>1.1 Documentación existente del fabricante sobre el mantenimiento de la pinza A108C y las normas que apliquen</b>	nov-22	dic-22			\$ 89.250	
1.1.1	1.1.1 Identificar los manuales referentes a la pinza A108C	nov-22	dic-22				\$ 58.333
1.1.2	1.1.2 Identificar las normas aplicables a la pinza A108C	dic-22	dic-22				\$ 29.167
1.2	<b>1.2 Taxonomía del equipo y de todos los elementos del equipo (partición)</b>	ene-23	ene-23			\$ 119.000	
1.2.1	1.2.1 Identificar los subcomponentes que conforman la pinza	ene-23	ene-23				\$ 29.167
1.2.2	1.2.2 Identificar los elementos que conforman los subcomponentes que conforman la pinza A108C	ene-23	ene-23				\$ 29.167
1.2.3	1.2.3 Establecer la jerarquía de todos los elementos que conforman la pinza A108C	ene-23	ene-23				\$ 58.333
1.3	<b>1.3 Análisis de las actividades de mantenimiento realizadas en el pasado en la pinza A108C y registros de mantenimiento existentes u hojas de vida</b>	ene-23	feb-23			\$ 59.500	
1.3.1	1.3.1 Recopilar las ordenes de trabajos de los mantenimientos realizados a la pinza A108C	feb-23	feb-23				\$ 29.167
1.3.2	1.3.2 Recopilar las hojas de vida de la pinza A108C	feb-23	feb-23				\$ 29.167
1.4	<b>1.4 Entrevistas al personal de mantenimiento y operación para obtener información adicional sobre el mantenimiento y las fallas de la pinza A108C.</b>	feb-23	feb-23		\$ 238.000		
1.4.1	1.4.1 Definir preguntas a realizar	feb-23	feb-23				\$ 58.333
1.4.2	1.4.2 Realizar la encuesta por la plataforma elegida	feb-23	feb-23				\$ 87.500
1.4.3	1.4.3 Analisis de los resultados	feb-23	feb-23				\$ 87.500
<b>2.</b>	<b>2. Deficiencias del plan de mantenimiento de la pinza A108C que se deben mejorar.</b>	feb-23	mar-23		\$ 1.516.060	\$ 1.457.750	
2.1	<b>2.1 Analisis de los repuestos utilizados en el mantenimiento, definiendo los costos y la frecuencia de cambio</b>	feb-23	mar-23			\$ 446.250	
2.1.1	2.1.1 Realizar lista de repuestos	feb-23	mar-23				\$ 233.333
2.1.2	2.1.2 Definir los costos de cada repuesto	feb-23	mar-23				\$ 87.500
2.1.3	2.1.3 Comprobar la cantidad de repuestos cambiados a la pinza A108C	feb-23	mar-23				\$ 116.667
2.2	<b>2.2 Inspeccion visual de las pinzas A108C y verificar su condición general</b>	mar-23	mar-23			\$ 178.500	
2.2.1	2.2.1 Realizar un cronograma de inspección	mar-23	mar-23				\$ 58.333
2.2.3	2.2.3 Realizar un levantamiento de las condiciones de cada una de las pinzas A108C	mar-23	mar-23				\$ 116.667
2.3	<b>2.3 Fallas recurrentes y las actividades de mantenimiento no efectivas.</b>	mar-23	mar-23			\$ 684.250	
2.3.1	2.3.1 Organizar el listado de fallas de la pinza A108C	mar-23	mar-23				\$ 583.333
2.3.2	2.3.2 Listar las actividades no efectivas de mantenimiento	mar-23	mar-23				\$ 87.500
2.4	<b>2.4 Frecuencia de las actividades de mantenimiento y determinar si se realizan con la frecuencia adecuada.</b>	mar-23	mar-23			\$ 148.750	
2.4.1	2.4.1 Revisar el plan de mantenimiento actual	mar-23	mar-23				\$ 58.333
2.4.2	2.4.2 Analizar la frecuencia de las actividades	mar-23	mar-23				\$ 87.500
<b>3.</b>	<b>3. RCM con análisis de costos</b>	abr-23	may-23		\$ 2.103.920	\$ 2.023.000	
3.1	<b>3.1 Funciones y falla funcional de la pinza A108C</b>	abr-23	abr-23			\$ 505.750	
3.1.1	3.1.1 Identificar las funciones de los subcomponentes	abr-23	abr-23				\$ 116.667
3.1.2	3.1.2 Identificar como los componentes pueden dejar de cumplir su función	abr-23	abr-23				\$ 145.833
3.1.3	3.1.3 Numerar los modos de falla de cada componente	abr-23	abr-23				\$ 58.333
3.1.4	3.1.4 Identificar la probabilidad de que el modo de falla pueda ocurrir	abr-23	abr-23				\$ 175.000
3.2	<b>3.2 Componentes críticos de la pinza A108C.</b>	abr-23	abr-23			\$ 29.750	
3.2.1	3.2.1 Analisis de criticidad	abr-23	abr-23				\$ 29.167
3.2.3	<b>3.3 Tareas de mantenimiento y las frecuencias de mantenimiento óptimas</b>	abr-23	may-23			\$ 119.000	
3.3.1	3.3.1 Listar las tareas de mantenimiento	abr-23	abr-23				\$ 58.333
3.3.2	3.3.2 Definir las frecuencias de las tareas	may-23	may-23				\$ 58.333
3.4	<b>3.4 Análisis de costos</b>	may-23	may-23			\$ 178.500	
3.4.1	3.4.1 Retorno inversión	may-23	may-23				\$ 175.000
3.5	<b>3.5 Plan de mantenimiento proyectado al 2024</b>	may-23	may-23			\$ 1.190.000	
3.5.1	3.5.1 Conformación del plan de mantenimiento	may-23	may-23				\$ 1.166.667

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

En el análisis financiero del costo del análisis del RCM para el Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar debe considerarse el recurso humano especializado, herramientas y software de análisis, capacitación y formación, consultoría externa, así como el tiempo y los recursos internos dedicados al proceso. Estos costos deben evaluarse en relación con los beneficios potenciales que se espera obtener de la implementación exitosa del RCM.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

### **8 Conclusiones**

La propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la pinza desembragable A108C del sistema teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar ha culminado exitosamente. A través de la aplicación del enfoque de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y la recopilación de información pertinente, se ha desarrollado una nueva propuesta para un plan de mantenimiento que aborda de manera proactiva los modos de falla y los requisitos específicos de la pinza A108C.

El proyecto se ha enfocado en optimizar los costos asociados al mantenimiento, sin comprometer la confiabilidad del equipo. Para lograr esto, se ha llevado a cabo un análisis RCM exhaustivo que ha permitido identificar los modos de falla y las causas raíz de las mismas. Esta identificación ha permitido establecer rutinas y actividades de mantenimiento adecuadas, asegurando que se realicen las acciones correctivas y preventivas necesarias para minimizar los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la disponibilidad del sistema teleférico.

El objetivo general del proyecto ha sido proponer un plan de mantenimiento basado en RCM para la pinza desembragable A108C, y los objetivos específicos se han centrado en recopilar información, identificar deficiencias en el plan de mantenimiento existente y elaborar un nuevo plan que reduzca los costos y conserve la alta confiabilidad del equipo. Estos objetivos se han alcanzado de manera satisfactoria, y se espera que la implementación del plan propuesto genere mejoras significativas en el comportamiento de las pinzas y una reducción de los costos asociados al mantenimiento, sin comprometer la confiabilidad.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de garantizar la operación segura y eficiente del Sistema Teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar, que desempeña un papel fundamental en el transporte confiable de pasajeros. A través de la optimización del plan de mantenimiento, se busca

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

maximizar la disponibilidad del sistema, reducir los tiempos de inactividad no planificados y mejorar la seguridad para los usuarios. Además, se espera aprovechar los beneficios potenciales que ofrece el enfoque RCM.

La investigación realizada ha abordado de manera precisa el problema de investigación, que consistía en identificar oportunidades de mejora en el plan de mantenimiento existente, específicamente centrado en la confiabilidad de la pinza desembagable A108C. A través del análisis detallado y la implementación de la metodología RCM, se han propuesto mejoras concretas y aplicables que buscan fortalecer el plan de mantenimiento y maximizar el rendimiento del equipo clave.

La solución propuesta, basada en el enfoque RCM adaptado a las necesidades específicas del sistema, pretende ser una estrategia efectiva para mejorar la confiabilidad y prolongar la vida útil de la pinza desembagable A108C. La implementación de este plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad permitirá abordar de manera proactiva los modos de falla, reducir los costos asociados al mantenimiento y optimizar los recursos de manera eficiente.

El proyecto ha logrado su objetivo de proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la pinza desembagable A108C del sistema teleférico TransMiCable de Ciudad Bolívar. La metodología RCM ha sido fundamental para identificar y abordar los modos de falla específicos del equipo, lo que permitirá mejorar la confiabilidad, reducir los costos de mantenimiento y maximizar la disponibilidad del sistema. Se espera que la implementación de este plan genere mejoras significativas en el comportamiento de las pinzas y contribuya a la eficiencia operativa y la satisfacción de los usuarios.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El éxito de este proyecto ofrece lecciones importantes para otros sistemas similares que busquen mejorar sus prácticas de mantenimiento y optimizar el rendimiento de sus equipos clave. La implementación de un enfoque RCM adaptado a las necesidades específicas de cada sistema puede ser una estrategia efectiva para lograr una gestión de mantenimiento más eficiente y confiable, maximizando los recursos y garantizando la operación segura y eficiente de los sistemas de transporte.

### **9 Recomendaciones**

**Comunicación y capacitación:** Es importante comunicar de manera efectiva la implementación del plan de mantenimiento a todo el personal involucrado, proporcionar capacitaciones adecuadas sobre los conceptos y procedimientos del enfoque RCM, así como sobre las rutinas y actividades de mantenimiento recomendadas. Se debe asegurar de que todos comprendan su papel y responsabilidades en la ejecución del plan.

**Asignación de recursos:** Asignar los recursos necesarios para implementar el plan de mantenimiento de manera efectiva. Esto incluye personal capacitado, herramientas y equipos adecuados, y presupuesto suficiente para llevar a cabo las acciones correctivas y preventivas necesarias.

**Planificación y programación:** Desarrollar un programa de mantenimiento detallado que establezca las rutinas y actividades de mantenimiento específicas para la pinza desembragable A108C. Se debe considerar la frecuencia y la secuencia óptima de las tareas de mantenimiento, teniendo en cuenta los tiempos de inactividad programados y la disponibilidad del equipo.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Monitoreo y seguimiento: Se recomienda implementar un sistema de monitoreo regular para evaluar la efectividad del plan de mantenimiento. Realizar las inspecciones periódicas y registros de datos para identificar posibles desviaciones o problemas emergentes, así como la implementación de indicadores claves de rendimiento para medir la confiabilidad y el desempeño de la pinza, y realiza ajustes en el plan según sea necesario.

Mejora continua: Fomentar una cultura de mejora continua en el mantenimiento, animar al personal a informar cualquier problema o sugerencia de mejora, y establece mecanismos para evaluar e implementar esas mejoras de manera oportuna.

Documentación y registro: Mantener registros claros y detallados de todas las actividades de mantenimiento realizadas, esto incluye informes de inspección, registros de fallas, acciones correctivas y preventivas tomadas, y cualquier otro dato relevante, los registros son valiosos para el seguimiento del desempeño, el análisis de tendencias y la toma de decisiones informadas en el futuro.



## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

**10 Referencia bibliografía**

Transmilenio. (2022). Estadísticas de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público – SITP-2022. Recuperado de <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/149180/estadisticas-de-oferta-y-demanda-del-sistema-integrado-de-transporte-publico-sitp/>

Jose Rodríguez L. (2018). [7.1.1](#) Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al SITP. (tesis de pregrado) Recuperado de <http://hdl.handle.net/11349/13405>

Cárdenas Malagón, R. A., Bocanegra Ramírez, A. L., & Moreno Ramírez, S. E. (2019). [7.1.2](#) Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público Caso de estudio “Autobús Zonal Clase I”. (tesis de posgrado) Recuperado de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1953>

Sebastián Tabares, R. (2020) [7.1.3](#) Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009 (tesis de pregrado) Recuperado de <https://hdl.handle.net/10495/15784>

Jose Herrera, I, H. (2019) [7.1.4](#) Diseño de un plan basado en las herramientas del mantenimiento centralizado en la confiabilidad para la flota volvo de los vehículos del SITP en la empresa

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

“ETIB SAS UNE SAN JOSE II”. (Tesis de pregrado) Recuperado de

<http://hdl.handle.net/11349/24766>

Karina A, López, Ivan Bardoza, Diego F, Ruge [7.1.5](#) Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM aplicado al sistema Adblue en los Blue Bird Euro4. (tesis postgrado)

Recuperado de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3169>

Durand Delgado, H. N. (2018). [7.2.1](#) Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses en una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo. (tesis de pregrado) Recuperado de

<http://hdl.handle.net/10757/624788>

Flores Romero, D. J., Molina Rivera, D. M. (2021). [7.2.2](#) Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP. (tesis de pregrado)

Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20559>

Arias Torees, M. D. R. (2021) [7.2.3](#) Implementación de un plan de mantenimiento basado en (RCM) para incrementar la productividad del proceso de mantenimiento de los buses de Empresa Buena Estrella, S.A.C., La Victoria, Lima, 2021 (tesis de grado) Recuperado de

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69829>

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Yáñez Jaramillo, J. A. (2021) [7.2.4](#) Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito. (tesis de grado) Recuperado de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2344>

Rolando Alfa, I. (2022) [7.2.5](#) Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar el factor de disponibilidad mecánica de los buses de la empresa 3 de Octubre S.A., en la ciudad de Arequipa – 2022”. (tesis de grado) Recupero de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/20.500.14179/781/1/TESIS%20ALA%20INFA.pdf>

Norma Internacional de Organización (ISO). (2014). ISO 55000:2014. Ginebra, Suiza: Organización Internacional de Normalización.

Carlos Parra, A, M. Adolfo Crespo, (2019) Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. INGEMAN.  
<https://books.google.com.co/books?id=8xsnQ1aMg2gC&lpg=PR1&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q&f=false>

Omar Campus, L., Guilibaldo Tolentino, E., Miguel Toledo V. y René Tolentino, E (2018) Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. CIENTIFICA.

## PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Jhon Moubray (1997). Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Industrias Press Inc.