

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-Eléctrica y**  
**Mecatrónica**



**Implementación del Mantenimiento Basado en el Riesgo a las Grúas**  
**Telescópicas en la Construcción de la Planta Concentradora Quellaveco-**  
**Moquegua**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Quevedo Abarca, Fabricio Orlando**

**0009-0004-6274-8476**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Asesor:

**Dr. Siles Nates, Fernando David**

**0000-0002-7732-6012**

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 10 de Octubre del 2023

**Dictamen: 004658-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 004658, presentado por:

**2005602491 - QUEVEDO ABARCA FABRICIO ORLANDO**

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN EL RIESGO A LAS GRÚAS  
TELESCÓPICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA  
QUELLAVECO-MOQUEGUA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE  
DICTAMINADOR**



**40302702 - QUISPE CCACHUCO MARCELO JAIME  
DICTAMINADOR**



**29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS  
DICTAMINADOR**



# Implementación del Mantenimiento Basado en el Riesgo a las Grúas Telescópicas en la Construcción de la Planta Concentradora Quellaveco-Moquegua

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA<br>Trabajo del estudiante | 2% |
| 2 | es.slideshare.net<br>Fuente de Internet   | 1% |
| 3 | qdoc.tips<br>Fuente de Internet   | 1% |
| 4 | inba.info<br>Fuente de Internet   | 1% |
| 5 | repositorio.uptc.edu.co<br>Fuente de Internet   | 1% |
| 6 | www.revistascientificasuc.org<br>Fuente de Internet   | 1% |

Excluir citas

Apagado

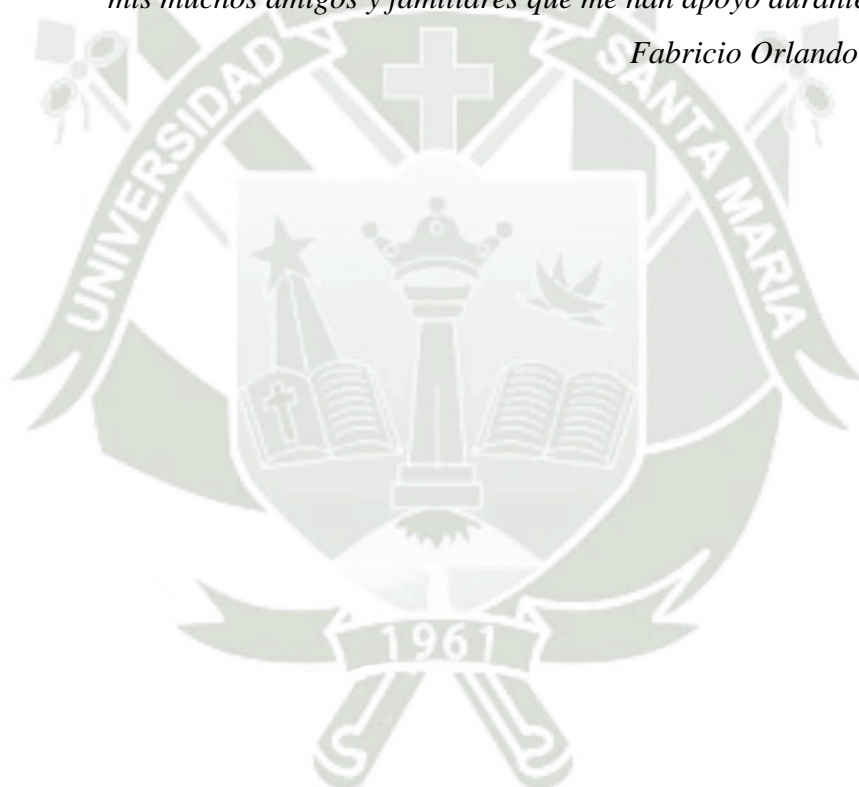
Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

*Dedicatoria: Dedico mi trabajo de tesis a mi familia y a muchos colegas de mi ámbito laboral. Un sentimiento especial de gratitud hacia mis queridos padres, cuyas palabras de aliento e impulso a la tenacidad resuenan en mis oídos. También dedico esta disertación a mis muchos amigos y familiares que me han apoyó durante todo el proceso.*

*Fabricio Orlando Quevedo Abarca*



*Agradecimiento: En primer lugar, le agradezco a mi esposa que con su constante apoyo me impulsó a terminar este camino que inicié hace años y a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.*

*Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras.*

*Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos*

## RESUMEN

La construcción de la Planta concentrador del Proyecto Minero Qualco Moquegua - Perú, es la inversión minera más grande del Perú. Actualmente se encuentra en construcción, ubicada en la región de Moquegua, con el objetivo de comenzar la fase de producción en 2022. Son diferentes fases de construcción de este enorme trabajo realizado por el bien de la seguridad y el respeto por la comunidad, el cobre y el medio ambiente. En todo su entorno de construcción de este tipo de proyectos, donde el uso de equipos para realizar izaje juega un papel esencial para desarrollar actividades en diferentes frentes de trabajos, para la construcción, montaje y movilización de estructuras ensambladas, primando el uso óptimo de estos equipos. Por lo tanto, están considerados como activos importantes detrás de la línea de la construcción de la planta minera. Debido a las altas demanda de disponibilidad mecánica versus la paralización de equipos por fallas, inspecciones o reparaciones, la falta de programación de mantenimiento vista en diferentes ángulos, ocasiona problemas en los tiempos y por lo tanto atrasos en el avance del proyecto, montaje o movilización de estructuras, es por ello que se determinó que la implementación de los mantenimientos basado en riesgo mejorará significativamente para esta problemática. La metodología de mantenimiento basada en riesgos proporciona una herramienta para la planificación y decisión de mantenimiento haciendo reducir la probabilidad de falla del equipo y las consecuencias de la falla. En esta investigación, las gruas telescópicas en el ámbito de la construcción muestra una baja confiabilidad menor al 80%, debido a la elevada disponibilidad que tiene en todas las áreas de construcción, donde se desea implementar un mantenimiento basado en riesgos, para brindar una nueva trayectoria a la flota de los equipos por CUMBRA.

**Palabras Clave:** Disponibilidad, operatividad, utilización, mantenimiento basado en riesgos MBR, planta concentradora.

### Abstract

The construction of the concentrator plant of the QUEVALLECO Moquegua Mining Project - Peru, is the largest mining investment in Peru. It is currently under construction, located in the Moquegua region, with the aim of starting the production phase in 2022. There are different phases of construction of this enormous work carried out for the sake of safety and respect for the community, copper and the environment. Throughout the construction environment of this type of project, where the use of equipment to carry out hoisting plays an essential role in developing activities on different work fronts, for the construction, assembly and mobilization of assembled structures, prioritizing the optimal use of these equipment. Therefore, they are considered as important assets behind the line of construction of the mining plant. Due to the high demand for mechanical availability versus the stoppage of equipment due to failures, inspections or repairs, the lack of maintenance programming seen from different angles, causes problems in time and therefore delays in the progress of the project, assembly or mobilization. of structures, that is why it was determined that the implementation of risk-based maintenance will improve significantly for this problem. The risk-based maintenance methodology provides a tool for maintenance planning and decision making reducing the probability of equipment failure and the consequences of failure. In this research, risk analysis and risk-based maintenance methodologies were identified and classified into appropriate classes. Factors affecting the quality of the risk analysis were identified and analysed. The applications, input data and output data were studied to understand their operation and efficiency. where there is no single way to perform risk analysis and risk-based maintenance. The use of appropriate techniques and methodologies, careful investigation during the risk analysis phase, and its detailed and structured results are necessary to make appropriate risk-based maintenance decisions. Reliability Centered Maintenance RCM is a widely recognized and widely used methodology for developing maintenance plans for industrial equipment based

on ensuring the equipment functions to the satisfaction of the user or owner. Currently there are several RCM methodologies, however the essence of this methodology is contained in the SAE JA1011 standard. In this paper an augmented RCM methodology is proposed, which in addition to including the steps indicated in the SAE JA1011 standard, includes some additional steps that facilitate the application. Campos-Lopez, 2019

KEYWORDS: Availability, operability, use, risk-based maintenance MBR, concentrator plant.



## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| CAPÍTULO I.....   | 2  |
| 1. Introducción.....  | 2  |
| 1.1. Título De Investigación .....                          | 2  |
| 1.2. Identificación Del Problema .....                      | 2  |
| 1.2.1. Interrogante General .....                           | 3  |
| 1.2.2. Interrogante Especifico.....                         | 3  |
| 1.3. Objetivos de la investigación .....                    | 3  |
| 1.3.1. Objetivo General .....                               | 3  |
| 1.3.2. Objetivos Específicos.....                           | 3  |
| 1.4. Hipótesis .....  | 4  |
| 1.4.1. Hipótesis General .....                              | 4  |
| 1.4.2. Hipótesis Especifica.....                            | 4  |
| 1.5. Justificación.....                                     | 5  |
| 1.6. Metodología.....                                       | 6  |
| 1.6.1. Tipo de investigación.....                           | 6  |
| 1.6.2. Diseño de Investigación.....                         | 7  |
| 1.6.3. Variables y Operacionalización: .....                | 7  |
| 1.6.4. Población, muestra y muestreo .....                  | 10 |
| 1.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 11 |
| 1.6.6. Diseño de investigación .....                        | 11 |
| 1.6.7. Procedimiento .....                                  | 12 |
| 1.7. Alcances .....   | 13 |
| 1.8. Matriz de Consistencia .....                           | 14 |
| CAPITULO II.....  | 18 |
| 2. El Riesgo Industrial En Activos Físicos.....             | 18 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.1. Desarrollo Filosófico del Mantenimiento .....</b>                            | <b>18</b> |
| <b>2.1.1. Primera Generación .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>2.1.2. Segunda Generación .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>2.1.3. Tercera Generación.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.1.4. Generación Reciente .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>2.2. Mantenimiento Mecánico.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>2.3. Tipos de mantenimiento para el desarrollo sostenible de maquinaria .....</b> | <b>23</b> |
| <b>2.3.1. Mantenimiento de averías .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>2.3.2. Mantenimiento Preventivo .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>2.3.3. Mantenimiento Correctivo .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.3.4. Mantenimiento De Diseño .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>2.3.5. Mantenimiento De Oportunidad.....</b>                                      | <b>26</b> |
| <b>2.3.6. Mantenimiento Proactivo .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>2.4. Mantenimiento Basado en Riesgos.....</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>2.5. Evaluación De Riesgos.....</b>   | <b>29</b> |
| <b>2.5.1. Factores Que Afectan La Calidad Del Análisis De Riesgos.....</b>           | <b>31</b> |
| <b>2.5.2. Planificación De Mantenimiento Basada En Riesgo .....</b>                  | <b>33</b> |
| <b>2.5.3. Clasificación De Técnicas De Mantenimiento Basadas En Riesgos.....</b>     | <b>34</b> |
| <b>2.5.3.1. Clasificación Basada En Módulos .....</b>                                | <b>34</b> |
| <b>2.5.3.2. Clasificación Por Tipos De Aplicaciones.....</b>                         | <b>34</b> |
| <b>2.5.3.3. Clasificación por tipos de datos de entrada.....</b>                     | <b>34</b> |
| <b>2.5.3.4. Clasificación por tipos de datos de salida .....</b>                     | <b>35</b> |
| <b>2.6. Etapas de Mantenimiento de Riesgo.....</b>                                   | <b>35</b> |
| <b>2.7. Indicadores de Mantenimiento.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>2.7.1. Disponibilidad .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>2.7.2. Confiabilidad.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>2.7.3. Mantenibilidad.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>2.7.4. Criticidad de Equipos.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>2.7.5. Frecuencias de inspecciones en el Mantenimiento Predictivo .....</b>       | <b>42</b> |
| <b>2.7.6. Numero de prioridad de riesgo o índice de riesgo .....</b>                 | <b>43</b> |
| <b>CAPITULO III.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>3. Taxonomía Grúas telescópicas .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>3.1. Generalidades.....</b>   | <b>48</b> |

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>3.2.</b>   | <b>Posicionamiento de Operación .....</b>                     | <b>50</b> |
| <b>3.3.</b>   | <b>Manejo y sistemas de operación .....</b>                   | <b>51</b> |
| <b>3.4.</b>   | <b>Sistema de Tren de Mando .....</b>                         | <b>57</b> |
| <b>3.4.1.</b> | <b>Sistema de Control Electrónico.....</b>                    | <b>57</b> |
| <b>3.4.2.</b> | <b>Sistema de Combustible.....</b>                            | <b>58</b> |
| <b>3.4.3.</b> | <b>Sistema de admisión de aire y de escape .....</b>          | <b>61</b> |
| <b>3.4.4.</b> | <b>Sistema de enfriamiento por agua. ....</b>                 | <b>63</b> |
| <b>3.4.5.</b> | <b>Transmisión – Convertidor de Par.....</b>                  | <b>64</b> |
| <b>3.5.</b>   | <b>Sistema de Tren de Rodajes.....</b>                        | <b>64</b> |
| <b>3.5.1.</b> | <b>Ejes.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>3.5.2.</b> | <b>Ruedas y Neumáticos .....</b>                              | <b>66</b> |
| <b>3.5.3.</b> | <b>Sistema de dirección.....</b>                              | <b>66</b> |
| <b>3.5.4.</b> | <b>Sistema de bloqueo de oscilación del eje trasero .....</b> | <b>67</b> |
| <b>3.5.5.</b> | <b>Sistema de frenos .....</b>                                | <b>68</b> |
| <b>3.6.</b>   | <b>Estabilizador .....</b>                                    | <b>69</b> |
| <b>3.6.1.</b> | <b>Circuito de estabilizadores .....</b>                      | <b>69</b> |
| <b>3.6.2.</b> | <b>Viga del estabilizador .....</b>                           | <b>70</b> |
| <b>3.6.3.</b> | <b>Cilindro de extensión .....</b>                            | <b>70</b> |
| <b>3.6.4.</b> | <b>Cilindro de Gato .....</b>                                 | <b>70</b> |
| <b>3.7.</b>   | <b>Sistema Hidráulico .....</b>                               | <b>71</b> |
| <b>3.7.1.</b> | <b>Bomba Hidráulica .....</b>                                 | <b>71</b> |
| <b>3.7.2.</b> | <b>Válvula de control de sentido DCV . ....</b>               | <b>73</b> |
| <b>3.7.3.</b> | <b>Circuito de presión de suministro y retorno.....</b>       | <b>76</b> |
| <b>3.7.4.</b> | <b>Colectores de estabilizadores.....</b>                     | <b>76</b> |
| <b>3.7.5.</b> | <b>Depósito hidráulico y filtro.....</b>                      | <b>77</b> |
| <b>3.7.6.</b> | <b>Enfriador de aceite hidráulico .....</b>                   | <b>80</b> |
| <b>3.7.7.</b> | <b>Válvulas hidráulica .....</b>                              | <b>81</b> |
| <b>3.8.</b>   | <b>Sistema de extracción y retracción de Pluma .....</b>      | <b>82</b> |
| <b>3.8.1.</b> | <b>Cilindro Telescópico.....</b>                              | <b>82</b> |
| <b>3.8.2.</b> | <b>Cables de extensión 3/4/5 .....</b>                        | <b>83</b> |
| <b>3.7.1.</b> | <b>Cables de extensión 2/3/4 .....</b>                        | <b>83</b> |
| <b>3.7.2.</b> | <b>Cables de retracción 5/4/3.....</b>                        | <b>84</b> |
| <b>3.7.3.</b> | <b>Cables de extensión 4/3/2 .....</b>                        | <b>84</b> |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| 3.7.4.          | Cables de extensión 1/2/3 .....   | 85  |
| 3.7.5.          | Cables de retracción 3/2/1 .....  | 85  |
| 3.9.            | Sistema del Sistema Eléctrico .....   | 86  |
| 3.9.1.          | Tablero de Módulos de cabina, fusibles y relés. ....                            | 86  |
| 3.9.2.          | Flujograma de Proceso .....   | 87  |
| 3.9.3.          | Flujo de proceso principal .....  | 87  |
| 3.9.4.          | Personal Operativo de Mantenimiento .....                                       | 88  |
| 3.9.5.          | Desarrollo de la Intervención de mantenimiento .....                            | 89  |
| 3.9.6.          | Servicio y Almacén de Repuestos.....  | 94  |
| 3.9.7.          | Seguridad y medio ambiente .....  | 94  |
| CAPITULO IV     | .....   | 96  |
| 4.              | Metodología Mantenimiento Basado En El Riesgo .....                             | 96  |
| 4.1.            | Relación de Grúas telescópicas .....  | 96  |
| 4.1.1.          | Condiciones Iniciales de Maquinaria. ....                                       | 96  |
| 4.1.2.          | Condiciones de fallas recurrentes .....   | 97  |
| 4.1.3.          | Condiciones de mantenimiento basado en riesgo. ....                             | 97  |
| CAPITULO V      | .....   | 101 |
| 5.              | Aplicación y análisis de la metodología del MBR.....                            | 101 |
| 5.1.            | Evaluación de los Indicadores de Mantto de la Maquinaria Pesada Año 2021<br>104 |     |
| 5.2.            | Resumen de Maquinas Criticas.....   | 112 |
| 5.2.1.          | Índices de Riesgo para maquinaria critica .....                                 | 113 |
| 5.2.2.          | Toma de nuevas decisiones con el mantenimiento basado en riesgo. ....           | 116 |
| 5.2.3.          | Resultados de Mantenimiento .....   | 126 |
| 5.2.3.1.        | Grúa Telescópica - COD: 0001500062 .....  | 128 |
| 5.2.3.2.        | Grúa Telescópica - COD: 0001500063 .....  | 129 |
| 5.2.3.3.        | Grúa Telescópica - COD: 0001500064 .....  | 130 |
| 5.2.3.4.        | Grúa Telescópica - COD: 0001500066 .....  | 131 |
| 5.2.4.          | Costos de Mantto de Grúas telescópicas GROVE año 2020 .....                     | 132 |
| Conclusiones    | .....   | 141 |
| Recomendaciones | .....   | 142 |
| Referencia      | .....   | 144 |
| Anexos          | .....   | 146 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 1. Evolución filosófica del mantenimiento.....                         | 18  |
| Figura N° 2. Flujograma del mantenimiento basado en Riesgo.....                  | 29  |
| Figura N° 3. Evaluación de Riesgos.....  | 30  |
| Figura N° 4. Análisis de Calidad de Riesgos- Modelo Espina de pescado.....       | 32  |
| Figura N° 5. Grúa Telescópica – Grove – GRT8120.....                             | 49  |
| Figura N° 6. Diagrama de escala de posicionamiento. ....                         | 56  |
| Figura N° 7. Conjunto de admisión de aire.....                                   | 60  |
| Figura N° 8. Filtro de Aire.....   | 61  |
| Figura N° 9. Sistema de admisión de aire y de escape.....                        | 63  |
| Figura N° 10. Sistema de enfriamiento de agua.....                               | 64  |
| Figura N° 11. Bomba hidráulica de Grúa Telescópica.....                          | 71  |
| Figura N° 12. Válvula de control de sentido DCV.....                             | 73  |
| Figura N° 13. Deposito Hidráulico.....   | 78  |
| Figura N° 14. Filtro Hidráulico.....   | 79  |
| Figura N° 15. Enfriador de aceite hidráulico.....                                | 80  |
| Figura N° 16. Sección de Pluma.....  | 82  |
| Figura N° 17. Segmento Cables de extensión 3/4/5.....                            | 83  |
| Figura N° 18. Segmento Cables de extensión 2/3/4.....                            | 84  |
| Figura N° 19. Segmento Cables de retracción 5/4/3.....                           | 84  |
| Figura N° 20. Segmento Cables de extensión 4/3/2.....                            | 85  |
| Figura N° 21. Segmento Cables de extensión 1/2/3.....                            | 85  |
| Figura N° 22. Segmento Cables de retracción 3/2/1.....                           | 85  |
| Figura N° 23. Ubicación de Mantenimiento de Maquinaria en Minera Quellaveco..... | 87  |
| Figura N° 24. Flujograma de desarrollo de Mantenimiento. ....                    | 88  |
| Figura N° 25. Flujograma de Mantenimiento Preventivo desarrollado.....           | 90  |
| Figura N° 26. Flujograma de Mantenimiento Correctivo desarrollado. ....          | 91  |
| Figura N° 27. Flujograma de mantenimiento basado en riesgo.....                  | 98  |
| Figura N° 28. Flujograma de decisiones para un RCM.....                          | 148 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Matriz de consistencia.....   | 14  |
| Tabla 2. Calificación de Criticidad .....  | 41  |
| Tabla 3. Calificación de Ocurrencia según niveles.....                                     | 44  |
| Tabla 4. Calificación de gravedad según niveles .....                                      | 45  |
| Tabla 5. Calificación de detección según niveles. ....                                     | 45  |
| Tabla 6. Sistemas y componentes de Grúa Telescópica – Grove – GRT8120.....                 | 50  |
| Tabla 7. Capacidades específicas del levantamiento en Kilos Pluma de 10,4 m --- 31,7 m. 55 |     |
| Tabla 8. Partes de Conjunto de admisión de aire – Grove – GRT880 .....                     | 60  |
| Tabla 9. Partes de Grúa Telescópica – Grove – GRT880 .....                                 | 61  |
| Tabla 10. Partes del distribuidor de la bomba hidráulica.....                              | 71  |
| Tabla 11. Partes de la Válvula de control de sentido DCV .....                             | 73  |
| Tabla 12. Partes de Deposito hidráulico.....   | 78  |
| Tabla 13. Filtro Hidráulico.....   | 79  |
| Tabla 14. Partes de Deposito hidráulico y filtro.....                                      | 80  |
| Tabla 15. Partes de Deposito hidráulico y filtro.....                                      | 81  |
| Tabla 16. Relación de Personal capacitado para el desarrollo de Mantto.....                | 88  |
| Tabla 17. Equipos con falta de Mantto según confiabilidad en el año 2020 - septiembre..... | 92  |
| Tabla 18 Relación de Manttos año 2020 - septiembre .....                                   | 92  |
| Tabla 19. Relación por falta de mantto según confiabilidad en el año 2020 - octubre.....   | 92  |
| Tabla 20. Relación de Manttos según ordenes de trabajo evaluados año 2020 - octubre .....  | 93  |
| Tabla 21 Relación de Maquinaria según Familia de Grúas telescópicas. ....                  | 96  |
| Tabla 22. Disponibilidad de Grúas telescópicas en el Año 2020.....                         | 97  |
| Tabla 23. Cantidades de intervenciones en el Año 2021 .....                                | 104 |
| Tabla 24. Horas relacionadas al mantenimiento realizado a las Grúas telescópicas.....      | 105 |
| Tabla 25. <i>TPPR de Grúas telescópicas – 1er Semestre 2022</i> .....                      | 107 |
| Tabla 26. Valores de las tasas de reparación obtenido en MBR.....                          | 111 |
| Tabla 27. Relación de Maquinas criticas obtenidas en el análisis de riesgo.....            | 112 |
| Tabla 28. Índices de riesgo según maquinas criticas .....                                  | 113 |
| Tabla 29 Resumen de diagnósticos de falla en porcentaje año 2020 .....                     | 116 |
| Tabla 30. Hojas de información, AMFE .....   | 118 |
| Tabla 31. Hoja de Decisión según Análisis de MBR desde RCM.....                            | 122 |
| Tabla.32. Tabla de resultados del análisis de criticidad grúas telescópicas .....          | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 33. Grúa telescópica - COD: 0001500062 ..... | 128 |
| Tabla 34. Grúa Telescópica - COD: 0001500063.....  | 129 |
| Tabla 35. Grúa Telescópica - COD: 0001500064.....  | 130 |
| Tabla 36. Grúa Telescópica - COD: 0001500066.....  | 131 |



## Abreviaturas

- MP: Mantenimiento Preventivo
- MBC: Mantenimiento Basado en la Confiabilidad
- MBR: Mantenimiento Basado en la Riesgos
- TPR: Tiempo Para Reparar.
- TEF: Tiempo Entre Fallas.
- Tp: Tiempo Programado.
- TMPR: Tiempo Medio de Reparación.
- i: Número total de intervenciones.
- TMEF: Tiempo Medio Entre Fallas.
- $\lambda$ : Tasa de fallas.
- $\mu$ : Tasa de Reparaciones.
- $D_t$ : Disponibilidad.
- $C_t$ : Confiabilidad.
- $M_t$ : Mantenibilidad.
- T: Tiempo.
- EM: Eficiencia Mecánica.
- HT: Horas total del equipo.
- HM: Horas Totales en Mantenimiento.
- CT: Criticidad Total.
- IO: Impacto Operacional.
- FO: Flexibilidad Operacional.
- CM: Costo del Mantenimiento.
- ISMA: Impacto de Seguridad y Medio Ambiente.
- AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Fallos
- ACR: Análisis Cusa y Raíz.

## INTRODUCCIÓN

CAPITULO I : Literatura reciente y disponible sobre el riesgo y el análisis del mantenimiento basado en estos, revisados con el fin de identificar las técnicas y metodologías propuestas, análisis y mantenimiento en diversos campos, las técnicas y metodologías identificadas se clasificaron para poder revelar sus características, aplicaciones y los factores que afectan el desarrollo de la construcción de la planta en base a un análisis de riesgos en maquinaria de construcción.

CAPITULO II : Identificación de mantenimiento, tipos, etapas e indicadores que llevaran a cabo el análisis de la presente tesis, en condiciones reales al estado de mantenimiento

CAPITULO III : Estructura de la taxonomía de las grúas telescópicas y desarrollo del mantenimiento tradicional.

CAPITULO IV : Análisis de mantenimiento basado en confiabilidad conforme a las condiciones de tratamiento dentro del proyecto minero, en respaldo a los indicadores evaluados.

CAPITULO V : Los resultados y la importancia del riesgo fueron reconocida como una medida importante de seguridad del sistema, la metodología de mantenimiento basada en riesgos está diseñada para estudiar todos los modos de falla, determinando el riesgo asociado con esas fallas y desarrollar una estrategia de mantenimiento que minimice la ocurrencia de los modos de falla de alto riesgo. En esta investigación trataremos temas vinculados con la optimización de la gestión del mantenimiento de maquinaria utilizada en la construcción de la planta concentradora en la ciudad de Moquegua, para así poder obtener una mayor disponibilidad operativa y mecánica, y operaciones en diferentes empresas mineras.



# CAPITULO I

## Capítulo I

### 1. Introducción

#### *1.1. Título De Investigación*

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN EL RIESGO A LAS GRÚAS TELESCÓPICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA QUELLAVECO-MOQUEGUA”

#### *1.2. Identificación Del Problema*

EL PROYECTO 1877: K-172 CONCENTRADORA NORTE – QUELLAVECO, se encuentra en ejecución por la empresa G y M , estando en proceso de construcción llevando consigo una relación de maquinaria para el avance del proyecto, para lo cual se cuenta con mantenimiento planificado o sistema de mantenimiento acorde a manejo de actividades, sin embargo cuenta con ciertos registros básicos de mantenimiento correctivo y preventivo para la ejecución en distintos frentes de trabajo en base a la mediana disponibilidad de las familias en grúas telescópicas, camiones grúas y grupos electrógenos. Por esta razón, es que aplica un mantenimiento correctivo por lo que el responsable solo actúa una vez que hay fallas en las máquinas, ya que trabajan con una Orden de Trabajo para hacer un óptimo mantenimiento sin considerar la confiabilidad de los equipos representado perdidas, Existen 29 familias de maquinaria comprendida en las etapas de construcción de una planta concentradora, de las cuales se realiza una valorización en Stand By pronosticando el mantenimiento basado en riesgo durante el periodo mensual de cada frente de trabajo.

### ***1.2.1. Interrogante General***

¿Está en la posibilidad de implementar de mantenimiento basado en riesgos incorporado a las grúas telescópicas que son equipos con mayor disponibilidad en la construcción de la planta concentradora – Quellaveco - Moquegua?

### ***1.2.2. Interrogante Especifico***

¿Bajo qué indicadores podemos soportar al área constructiva para optimizar la utilización de la maquinaria y aumentar la disponibilidad en los diferentes frentes de trabajo dentro de la construcción de una planta concentradora, considerando retrasos en la entrega de partidas según planes de ejecución?

## ***1.3. Objetivos de la investigación***

### ***1.3.1. Objetivo General***

Implementar en base a indicadores de gestión un plan de mantenimiento basado en riesgo, con el fin de mejorar la implementación incorporado a las grúas telescópicas para la construcción de la planta concentradora – Quellaveco – Moquegua.

### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

a Determinar el curso del mantenimiento evaluado desde la confiabilidad de la maquinaria bajo resultados obtenidos en el año 2020 y aumentar al 80 y 90% la disponibilidad operativa de maquinaria. Aumentar la tasa de producción debido al aumento en disponibilidad de la familia de las grúas telescópicas.

b Valorizar los avances en el mantenimiento conforme a la ejecución del proyecto, para los nuevos enfoques de un mantenimiento preventivo adecuado a los cambios en cada frente de trabajo.

c Enunciar un marco de mantenimiento basado en riesgo a través de nuevos diagnósticos en base al manejo sostenible de indicadores dentro de la construcción de una planta concentradora

d Contrastar indicadores nuevos, obtenidos en base a un nuevo mantenimiento canalizado en el avance de la construcción

#### ***1.4. Hipótesis***

##### ***1.4.1. Hipótesis General***

Dado los resultados obtenidos en la mejora de los indicadores y reducción de tiempos en stand by de las grúas telescópicas, responde a una implementación de la nueva dirección en el trayecto del mantenimiento realizado en el año 2020 en base a indicadores de mantenimiento usando la operatividad, disponibilidad y utilización ODU de la empresa, para así aumentar la disponibilidad en la maquinaria a dentro de la construcción de la planta concentradora de Quellaveco en condiciones de baja disponibilidad de grúas telescópicas en condiciones de trabajo.

##### ***1.4.2. Hipótesis Específica***

La implementación en el mantenimiento basado en riesgos que son básicas para mejorar el proceso de mantenimiento, diagrama de flujo, diagrama de Pareto, Hoja de datos, tablas de control, histograma, gráfico de dispersión, diagrama de causa y efecto como desarrollo teórico y aplicarlo en temas de trabajo sostenible.

Mejora en soporte de recursos , reducir tiempos de mantenimiento en base a máquinas críticas detectadas por los indicadores de riesgo para lograr altos índices de disponibilidad, desde diferentes frentes de trabajo.

### ***1.5. Justificación***

#### **Justificación Técnica**

Los componentes y actividades programadas en el desarrollo del proyecto para el manejo de los indicadores pueden ser realizados a través de hojas de Check list, logrando tener una experiencia en programas de mantenimiento correctivo, en el manejo y conservación de indicadores de operatividad disponibilidad y utilización. Las actividades relacionadas en el área de equipos mantienen una uniformidad en los indicadores de gestión y de mantenimiento acorde a la planificación y el seguimiento de los indicadores evaluados periodo tras periodo especialmente establecidos para este fin. Paquetes tecnológicos y recomendaciones basados en la experiencia nacional, sencillos, efectivos y adaptables a los agricultores, para diversificar los mantenimientos en el desempeño del medio de construcción en plantas mineras, siendo un mantenimiento basado en riesgos en grúas telescópicas que son equipos con mayor disponibilidad en este rubro.

#### **Justificación Académica**

Se transmite un enfoque que también tiene como objetivo es de identificar nuevos conceptos y experiencias en el desarrollo profesional dentro de las grandes construcciones usando bibliografía sustentada en términos mantenimiento, este estudio nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en métodos de investigación científica, mejores análisis y estadística basada en indicadores de gestión, también nos permitirá fundamentar los conocimientos adquiridos durante nuestro paso por la carrera profesional.

## **Justificación Operativa**

Determinar los principales factores que contribuyen al tiempo de maquinaria en stand by por falta de utilización, factores externos, causados por la coyuntura nacional y mundial valorizando la no utilización para la toma de decisiones y acciones a nivel activos.

Desarrollo de indicadores “ODU”, operatividad, disponibilidad y utilización para explicar las razones al implementar un plan de mantenimiento basado en riesgo, reduciendo de manera volumétrica las paradas en el mantenimiento no programado evitando el deterioro de repuestos en la maquinaria

Este estudio en profundidad sobre los problemas en la movilización de maquinaria, mantenimiento, disponibilidad y revisión dentro de la construcción de una Planta concentradora ante problemas externos en su desarrollo; nos permitirá aclarar los procesos técnicos y administrativos , y comprender asimismo la expansión de las tecnologías en gestión de mantenimiento, decisiones administrativas a nivel de jefatura para los diferentes beneficios a nivel empresa.

También nos ayudará a entender la gestión de mantenimiento para proyectos de construcción, los cuales tienen un inicio y un fin, ya que el área de mantenimiento de equipos se comporta como un soporte al área de producción.

### ***1.6. Metodología***

#### ***1.6.1. Tipo de investigación***

Este estudio se caracterizó por ser aplicado en el plan de mantenimiento dentro del desarrollo de la planta concentrado en Moquegua. Según (Ñaupas Paitán, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018) la investigación aplicada depende de la

investigación básica o puramente, además de que también tiene como objetivo resolver diversos problemas sociales en una población.

También de estar encaminada a solucionar problemas existentes en el proceso de mantenimiento, personas y equipos. La elección de la flota fue escogida por razones de accesibilidad, ya que el autor de este estudio trabaja en la empresa que mantiene los equipos en condiciones de uso para las áreas de operación de la mina, en la que tuvo participación activa directa en este caso de estudio.

### ***1.6.2. Diseño de Investigación***

Se desarrollo un Diseño no experimental, ya que nos permitió determinar mediante estudios y conclusiones a través de las variables y elementos, los cuales no pueden ser comprobados. Teniendo como base una investigación descriptiva de una Empresa con una familia de 22 grúas telescópicas, donde se buscó observar las actividades de mantenimiento en su ambiente convencional y rutinario, lo que nos brindó un análisis y descripción de la investigación.

### ***1.6.3. Variables y Operacionalización:***

#### **Variables independientes**

#### **Planificación y Control de Mantenimiento**

Tao, Martensson, & Pernestal (2022) nos menciona en su artículo la planificación y control de mantenimiento a corto plazo de camiones autónomos para reducir el riesgo económico, los investigadores han aplicado varias teorías y métodos para resolver problemas de planificación del mantenimiento, como la teoría de la decisión, los métodos de optimización y la evaluación de riesgos. Para la planificación del mantenimiento basado en la condición de sistemas de componentes múltiples. Entre una rica variedad de métodos, la metodología de

mantenimiento basada en riesgos proporciona una herramienta para la planificación del mantenimiento y la toma de decisiones para reducir la probabilidad de falla del equipo y las consecuencias de la falla. En el contexto de camiones autónomos en una misión de transporte de carga, es importante aplicar estos métodos para enfrentar los nuevos desafíos. Entre ellos, la toma de decisiones basada en el riesgo es adecuada para abordar problemas de naturaleza dinámica e incierta.

Nascif (2019) Menciona que para que el servicio sea una función estratégica debe centrarse en los resultados comerciales. En primer lugar, para volverse eficiente hay que dejar de ser simplemente eficiente; Medio; No basta con reparar equipos o instalaciones lo más rápido posible, también es necesario mantener la funcionalidad de los equipos puestos en servicio, reduciendo la posibilidad de interrupciones de producción no planificadas. La planificación y el control del mantenimiento juega un papel muy importante ya que su propósito es garantizar que el proceso de mantenimiento se lleve a cabo de la mejor manera posible para entregar los resultados más deseados en el logro de los objetivos programados, mantenimiento realizado de extremo a extremo, gestión estratégica prevista. de todos los procesos y recursos.

El mantenimiento preventivo y correctivo de las motoniveladoras y otros equipos de la mina se planifica y programa a través de una reunión del equipo de Planificación y Control de la Producción PCM . En la reunión, representantes de cada sector participan en la toma de decisiones con el fin de lograr el mejor resultado para la disponibilidad de equipos y también la confiabilidad para atender la demanda de la operación e infraestructura de la mina. La empresa objeto de estudio cuenta con un sistema de registro en línea denominado sistema integrado de monitoreo de minas SIAM a través del cual se registran las paradas y pérdidas en el proceso productivo de los equipos móviles. Este sistema tiene confiabilidad en los valores de fechas y duraciones, pero debido a la complejidad de las fallas, es necesario que las paradas se dividan en niveles: sistema, conjunto, ítem y problema. El mantenimiento preventivo se

realiza de acuerdo a los planes de revisión emitidos por el departamento de planificación y control de mantenimiento PCM y en base a las recomendaciones del fabricante. La mayor parte del mantenimiento preventivo de los equipos se realiza en un centro de mantenimiento donde se revisa el equipo de acuerdo a la guía del fabricante, la cual establece que la revisión se realiza de acuerdo a su periodicidad, es decir, sus horas trabajadas y a través del informe de mantenimiento correctivo, donde se informa el motivo de la parada de cada equipo y las intervenciones correctivas realizadas en la mina.

### **Variables Dependientes**

#### **Indicadores de Mantenimiento**

Leite (2022) y Viana (2006) Por otra arista las cuestiones de seguimiento, y los indicadores de mantenimiento siempre acompaña en la vida diaria del equipo. El autor también enfatiza que se deben capturar los aspectos críticos del proceso de fabricación y que la planificación y el control del mantenimiento del PCM deben evaluar la mejor manera de controlar el proceso, rastreando lo que agrega costos.

Una de las formas de realizar la evaluación del proceso de mantenimiento es a través de indicadores, utilizando el tiempo medio entre fallas TMEF, el tiempo medio de reparación Tmpr, entre otros. aclaran que el TMEF es el tiempo entre una falla y otra, y el Tmpr es el tiempo utilizado para corregir una falla o defecto.

indicadores en sus estudios, que son referentes en materia de mantenimiento, a saber:

**Disponibilidad operativa:** Es la eficiencia de un elemento para realizar una función particular en un tiempo particular o durante este. Matemáticamente podemos decir que es la relación entre las horas trabajadas y el total de horas en un período determinado

**Costo de mantenimiento por facturación:** es la asociación entre el total de gastos con mantenimiento y facturación de la empresa;

Costo de mantenimiento por valor de reposición: es la relación entre el costo total de mantenimiento de un determinado equipo con su valor de compra;

Backlog: es la relación entre la demanda de servicios y la capacidad para atenderlos, es decir, es la suma de todas las horas esperadas de HH en la cartera, dividida por la capacidad instalada del equipo de ejecutantes;

Tasa de reelaboración: representa el porcentaje de horas trabajadas en órdenes de mantenimiento cerradas, reabiertas por cualquier motivo, con relación al total general trabajado en el período. Su finalidad es verificar la calidad de los servicios de mantenimiento, sean las intervenciones definitivas o paliativas, generando un retorno constante a los equipos

Índice de correctivos: es el porcentaje de horas de mantenimiento que se dedicaron a correctivos. Su objetivo es proporcionar la situación real de actuación, planificación y programación.

Índice preventivo: es el porcentaje de horas de mantenimiento que se dedicaron al mantenimiento preventivo, siendo lo contrario del índice correctivo

Tasa de frecuencia de accidentes: es el número de accidentes con millones de HH trabajados. Mide la eficiencia de las acciones en busca de un ambiente de trabajo seguro.

#### **1.6.4. Población, muestra y muestreo**

##### **Población**

Está constituido por Maquinaria de flota: 22 GRUAS TELESCOPICAS

Criterio de Inclusión: Flota de Grúas telescópicas

Criterio de Exclusión: Equipos en taller de mantenimiento.

Se tiene lo siguiente:

## Muestra

se determinó la familia de 22 Grúas telescópicas de acuerdo al modelo de la Marca y al elevado índice de indicadores

## Muestreo

No se utilizó ninguna técnica estadística, No aleatoria

### 1.6.5. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

#### Técnicas de recolección de datos

Dentro del desarrollo de la investigación, se usaron:

- Observación y entrevistas
- Base de Datos

#### Instrumentos de recolección de datos

Los manuales y guías de observación de campo que detallan un conjunto de actividades encontradas y desarrolladas por técnicos experimentados basándose en la experiencia de vida y nuevas técnicas para identificar cualquier daño. Se encuentran disponibles formatos de control para registrar actividades, controlar algunos requisitos de forma auto preparada.

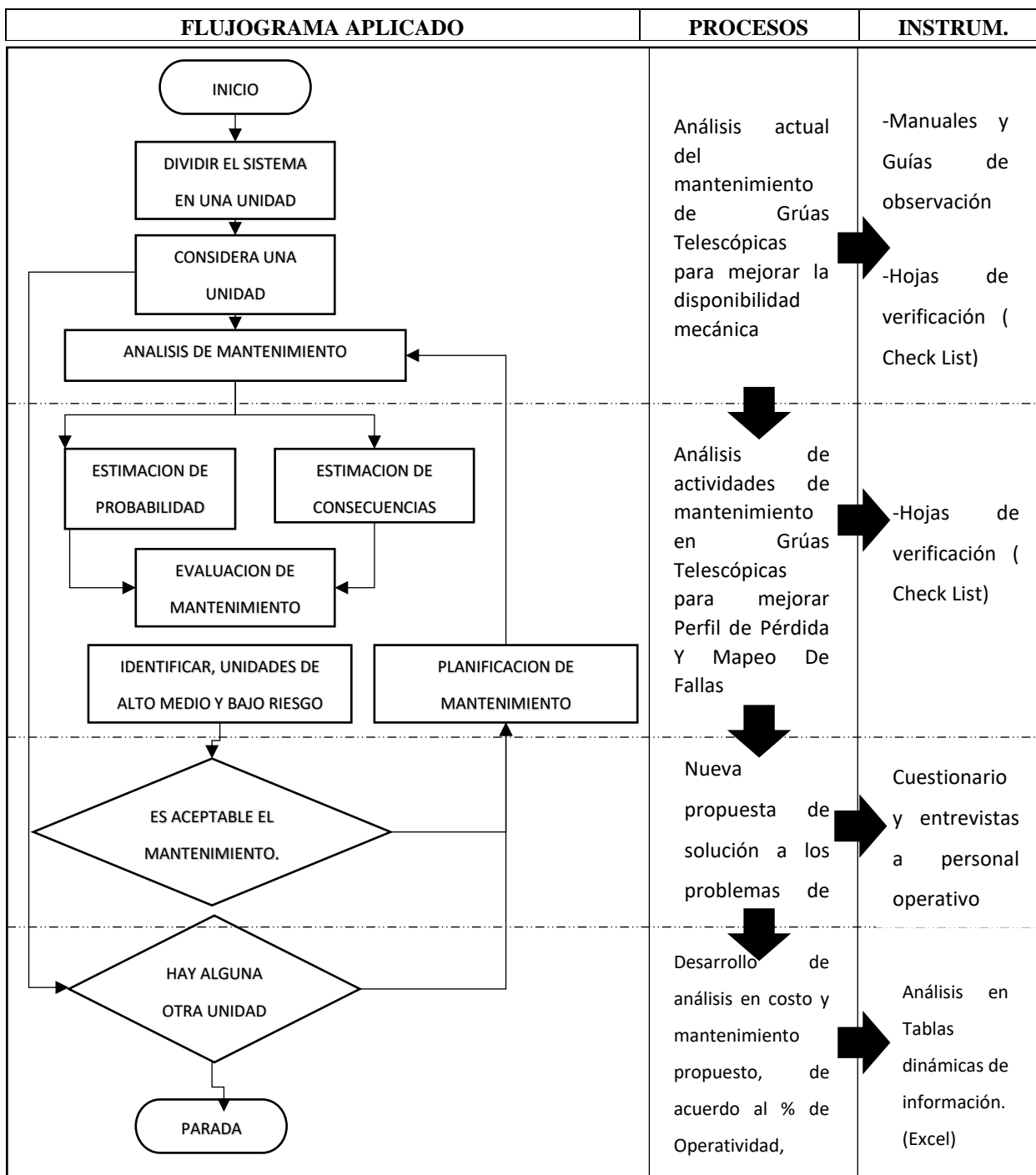
### 1.6.6. *Diseño de investigación*

**Diseño no experimental:** se investigación es **exploratorio**, porque esta investigación buscó analizar las actividades de mantenimiento mecánico, con el fin de presentar mejoras para aumentar la confiabilidad de los equipos. Para ello, fue necesario describir las actividades y procedimientos de mantenimiento mecánico del taller y mantenimiento correctivo, que se realiza en campo, lo que caracteriza este estudio como **descriptivo** con propósito **explicativo**.

Este trabajo tiene como característica por ser un estudio cuantitativo y los datos se presentan en gráficos y hojas de cálculo. Los datos incluyen el número de paradas de reparación, tiempos de reparación, tasas de fallas y confiabilidad de la flota de grúas telescópicas. Los datos recopilados en este estudio de caso se descargaron del Sistema de Monitoreo Integrado, donde son monitoreados por el equipo de planificación, que es responsable de resolver violaciones y generar informes diarios para su distribución interna a los departamentos de mantenimiento, , infraestructura y operaciones mineras. Estos datos también permiten que la investigación sea de naturaleza cualitativa porque al observar los comportamientos de mantenimiento, se puede obtener información que permite un mejor análisis, desarrollo de intervenciones y mejores resultados.

#### ***1.6.7. Procedimiento***

El desarrollo del proceso se utilizará en el estudio para evaluar la disponibilidad de la flota de grúas telescópicas, luego hacer recomendaciones para mejorar la gestión y aumentar la disponibilidad mecánica, luego se determina la disponibilidad mecánica de la flota de grúas, para luego realizar una nueva implementación propuesta de mejoras en la gestión de mantenimiento. y finalmente evaluar la implementación del mantenimiento económico.



**1.7. Alcances**

Establecer una estrategia del Mantenimiento Basado en el Riesgo MBR reduciendo el riesgo general de fallas de las instalaciones internas mecánicas y eléctricas; identificando las zonas de riesgo alto y medio zonas de bajo riesgo.

### 1.8. Matriz de Consistencia

Tabla 1. Matriz de consistencia.

| 1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA   |  |   |   |   |  |                                       |
|--|--|---|---|---|--|---------------------------------------|
| “IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGOS INCORPORADO A LAS GRUAS TELESCOPICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA – QUELLAVECO – MOQUEGUA”   |  |   |   |   |  |                                       |
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | TITULO   | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   |  | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN            |
|  |  |   |   | y = f x   |  |                                       |
|  |  | OBJETIVO GENERAL:   | HIPOTESIS GENERAL:  | VARIABLE DEPENDIENTE y :  | INDICADORES  |                                       |
| ¿Está en la posibilidad de implementar de mantenimiento basado en riesgos incorporado a las grúas telescópicas que son equipos con mayor disponibilidad en la construcción de la planta concentradora – Quellaveco – Moquegua? | “IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGOS INCORPORADO A LAS GRUAS TELESCOPICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA – QUELLAVECO – MOQUEGUA” | Implementar en base a indicadores de gestión un plan de mantenimiento basado en riesgo, con el fin de mejorar la implementación incorporado a las Grúas telescópicas para la construcción de la Planta concentradora – Quellaveco – Moquegua. | Dado los resultados obtenidos en la mejora de los indicadores y reducción de tiempos en Stand By de las grúas telescópicas, responde a una implementación de la nueva dirección en el trayecto del mantenimiento realizado en el año 2020 en base a indicadores de mantenimiento usando la Operatividad, Disponibilidad y Utilización ODU de la empresa, para así aumentar la disponibilidad en la maquinaria a dentro de la construcción de la planta concentradora de QUELLAVECO en condiciones de baja disponibilidad de grúas telescópicas en condiciones de trabajo. | Implementación del mantenimiento basado en riesgo en Grúas telescópicas | TPR: Tiempo Para Reparar.<br>•TEF: Tiempo Entre Fallas.<br>•TMPR: Tiempo Medio de Reparación.<br>•N: Número total de intervenciones.<br>•AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Fallos | Explicativa, descriptiva y operativa. |

| 1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA   |  |   |   |   |   |                                       |
|--|--|---|---|---|---|---------------------------------------|
| "IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGOS INCORPORADO A LAS GRUAS TELESCOPICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA – QUELLAVECO – MOQUEGUA"   |  |   |   |   |   |                                       |
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | TITULO   | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   |   | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN            |
|  |  |   |   | y = f x   |   |                                       |
| "IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGOS INCORPORADO A LAS GRUAS TELESCOPICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA – QUELLAVECO – MOQUEGUA"   |  |   |   |   |   |                                       |
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | PROBLEMA ESPECIFICO:   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS:  | HIPOTESIS ESPECÍFICAS:  | VARIABLE INDEPENDIENTE x  | CRITERIOS DE CALIDAD                    | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN            |
| ¿Está en la posibilidad de implementar de mantenimiento basado en riesgos incorporado a las grúas telescópicas que son equipos con mayor disponibilidad en la construcción de la planta concentradora – Quellaveco – Moquegua? | ¿Está en la posibilidad de implementar de mantenimiento basado en riesgos incorporado a las grúas telescópicas que son equipos con mayor disponibilidad en la construcción de la planta concentradora – Quellaveco – Moquegua? | <p>a Determinar el curso del mantenimiento evaluado desde la confiabilidad de la maquinaria bajo resultados obtenidos en el año 2020 y aumentar al 90% la disponibilidad operativa de maquinaria. Aumentar la tasa de producción debido al aumento en disponibilidad de la familia de las Grúas telescópicas.</p> <p>b Valorizar los avances en el mantenimiento conforme a la ejecución del proyecto, para los nuevos enfoques de un mantenimiento preventivo adecuado a los cambios en cada frente de trabajo.</p> <p>c Enunciar un marco de mantenimiento basado en riesgo a través de nuevos diagnósticos en base al manejo sostenible de indicadores dentro de la construcción de una planta concentradora</p> <p>d Contrastar indicadores nuevos, obtenidos en base a un nuevo mantenimiento canalizado en el avance de la construcción</p> | <p>a. La implementación en el mantenimiento basado en riesgos que son básicas para mejorar el proceso de mantenimiento, Diagrama de flujo, Diagrama de Pareto, Hoja de datos, tablas de dispersión, Diagrama de causa y efecto como desarrollo teórico y aplicarlo en temas de trabajo sostenible.</p> <p>b. Mejora en soporte de recursos, reducir tiempos de mantenimiento en base a máquinas críticas detectadas por los indicadores de riesgo para lograr altos índices de disponibilidad, desde diferentes frentes de trabajo.</p> | Análisis de los indicadores de disponibilidad mecánica de Grúas telescópicas. | DISPONIBILIDAD OPERATIVIDAD UTILIZACION | Explicativa, descriptiva y operativa. |

| CUADRO DE VARIABLES  |                        |  |   |             |   |  |
|--|------------------------|--|---|-------------|---|--|
| "IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGOS INCORPORADO A LAS GRUAS TELESCOPICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA – QUELLAVECO - MOQUEGUA" |                        |  |   |             |   |  |
| VARIABLE   | TIPO DE VARIABLE       | DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL   | DIMENSIONES   | UNIDAD      | INDICADOR   | INSTRUMENTOS                           |
| ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE GRÚAS TELESCÓPICAS.  | VARIABLE INDEPENDIENTE | Las grúas telescópicas, usualmente presentan la particularidad, aquello que las distinguen de todas las demás de poseer una pluma que dentro lleva consigo más de un cilindro. Maquinaria pesada que de acuerdo a las dimensiones y la altura de la carga a izar o suspender, se adopta el largo de brazo necesario, y una vez que se la deja de usar, se repliegan, son también empleadas en el sector de la construcción y traslado de carga en barcos, etc. | familia de 22 grúas telescópicas en construcción de la planta concentradora   | Números y % | DISPONIBILIDAD  | Base de Datos de Mantenimiento         |
|  |                        |  |   |             | OPERATIVIDAD  | Base de Datos de Mantenimiento         |
|  |                        |  |   |             | UTILIZACION   | Base de Datos de Mantenimiento         |
| IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGO EN GRÚAS TELESCÓPICAS  | VARIABLE DEPENDIENTE   | Este tipo de mantenimiento establece prioridades basadas en el riesgo y en las consecuencias de averías. Los activos que conllevan más riesgos reciben la mayor parte de los recursos y tienen prioridad sobre los no críticos. Como se basa en la evaluación de los riesgos críticos, es frecuentemente comparado con el RC   | Reduce los riesgos a niveles aceptables<br>Mejora la seguridad y confiabilidad<br>Prolonga la vida útil de los activos Ofrece orientaciones para presupuestos limitados<br>Elimina órdenes de trabajo de bajo valor | Indicadores | <ul style="list-style-type: none"> <li>•TPR: Tiempo Para Reparar.</li> <li>•TEF: Tiempo Entre Fallas. .</li> <li>•TMPR: Tiempo Medio de Reparación.</li> <li>•N: Número total de intervenciones.</li> <li>•AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Fallos</li> </ul> | Base de Datos de Mantenimiento - SISME |



## CAPITULO II

## Capítulo II

### 2. El Riesgo Industrial En Activos Físicos

#### 2.1. Desarrollo Filosófico del Mantenimiento

(NS Arunraj, 2006) Las prácticas de gestión del mantenimiento han experimentado un cambio significativo en los últimos años. Hoy en día, los avances en mantenimiento están impulsados por la creciente complejidad de los procesos de fabricación y la diversidad de productos, y una mayor conciencia del impacto del mantenimiento en el medio ambiente y la seguridad humana, el rendimiento, las ganancias comerciales y la calidad de los productos terminados. Ha habido un cambio de paradigma en la implementación de estrategias de mantenimiento, como el mantenimiento MBC basado en la condición y el mantenimiento MCC orientado a la confiabilidad. Por lo tanto, la atención se centra en mantener un MBR basado en el riesgo. La evolución de las filosofías de mantenimiento se muestra en la Figura 1. Evolucionan con el tiempo y se pueden clasificar en primera, segunda, tercera y última generación; estas últimas aplican diferentes enfoques dependiendo de las condiciones y estrategias.

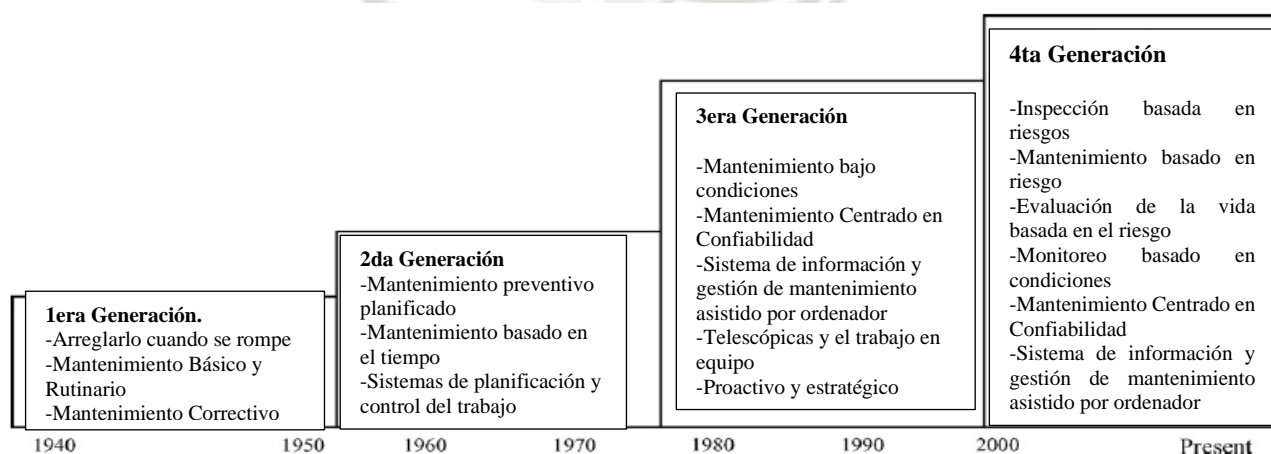


Figura N° 1. Evolución filosófica del mantenimiento.

Nota: NS Arunraj, 2006

### ***2.1.1. Primera Generación***

NS Arunraj (2006) La primera generación pertenece típicamente a la época anterior al mundo. segunda guerra mundial. Las industrias no estaban muy mecanizadas. Equipo eran simples y rediseñados, lo que los hacía confiables y fáciles de reparar. Las máquinas se hicieron funcionar hasta que se averiaron y no había forma de predecir fallas. El mantenimiento típico en base a prácticas, el cual fue el mantenimiento básico y de rutina, reactivo en servicio de avería arreglarlo cuando se rompió y correctivo mantenimiento.

### ***2.1.2. Segunda Generación***

NS Arunraj (2006), La segunda generación pertenece al período de tiempo entre el Segunda Guerra Mundial y finales de la década de 1970. Las industrias se vuelven más complejo con gran dependencia de máquinas. El costo de mantenimiento se convirtió en más alto que otros costos operativos relativos. El mantenimiento respecto a las políticas financieras adoptadas, fueron , mantenimiento preventivo planificado, mantenimiento basado en el tiempo y sistema de planificación y controlar el trabajo. Sin embargo, esta generación fue criticada por imponerse a menudo tratamientos innecesarios, que interrumpían operaciones normales y también fallas inducidas debido a fallas operaciones.

### ***2.1.3. Tercera Generación***

NS Arunraj (2006) Las estrategias de mantenimiento dentro de 1980 y 2000 se denominan como pólizas de tercera generación. Esta generación fue típicamente autorizada por el crecimiento continuo en la complejidad de la planta, aceleración erradicar el uso de la automatización, sistema de producción justo a tiempo, aumento de la demanda de estándares de calidad de productos y servicios y una legislación más estricta sobre la calidad del servicio. mantenimiento basado en la condición en MBC , mantenimiento centrado en la confiabilidad

MCC y la gestión de mantenimiento asistida por computadora adoptado para el mantenimiento durante este período.

#### ***2.1.4. Generación Reciente***

NS Arunraj (2006) en la década de 1990, la metodología de inspección y mantenimiento basada en riesgos empezaron a surgir y ganar popularidad después del 2000. Esta generación se caracteriza en gran medida por el inicio de la generación basada en el riesgo inspección y mantenimiento además de MCC y MBC. Hasta 2000, el mantenimiento y la seguridad se trataron como algo separado y actividades independientes. Varios autores sugirieron que un enfoque integrado que incorpora mantenimiento y seguridad es el medio a Elaboración apropiado para optimizar la capacidad de la planta, como seguridad y el mantenimiento no son funciones mutuamente excluyentes. El objetivo general del proceso de mantenimiento es incrementar la rentabilidad, viabilidad de la operación y optimizar el costo total del ciclo de vida sin comprometer la seguridad o los problemas ambientales. La planificación del mantenimiento y la instalación basada en el análisis de riesgos minimiza la probabilidad de falla del sistema y sus consecuencias. Ayuda gestión en la toma de decisiones correctas en materia de inversión en mantenimiento y campos relacionados. (NS Arunraj, 2006)

#### ***2.2. Mantenimiento Mecánico***

El mantenimiento mecánico es cualquier operación realizada en cualquier máquina o equipo para restaurarlo o mantenerlo en buenas y aceptables condiciones de funcionamiento. El mantenimiento incluye todos los aspectos técnicos y de otro tipo. Existen procedimientos establecidos para mantener condiciones de trabajo satisfactorias. máquina o componente o llevarlo a una condición operativa aceptable para que pueda realizar tareas específicas en tiempos y condiciones programados. A menudo no se le da al mantenimiento tanta prioridad

como merece en la estrategia operativa general de la máquina. Los programas de reparación son administrados y financiados por humanos, y la naturaleza humana parece seguir un viejo dicho: "Si no está roto, no lo arregles". En comparación con otros departamentos, el departamento de mantenimiento no tiene un "producto" real y, por lo tanto, no genera ingresos reales. Muchos directivos ven el dinero gastado para mantener una empresa como si lo hubieran arrojado a un agujero negro. A pesar de la "prueba" del ciclo de vida, los gerentes siempre buscan primero reducir los presupuestos de mantenimiento cuando surgen otras necesidades, pero la función de mantenimiento desempeña un papel de apoyo para mantener el equipo en buenas condiciones para su uso y para propósitos futuros. Puede funcionar eficazmente

Mantener siempre los estándares de calidad.

Mantener la cantidad de producción y los estándares de costos.

Los trabajos de mantenimiento de la máquina incluyen:

Evita mínimos problemas y mantén tu coche en buen estado. condiciones de trabajo al menor coste posible

Mantenga la maquinaria y otros equipos funcionando y operando a niveles óptimos de ganancias. Garantizar la disponibilidad de vehículos; requerido por la instalación, planta u otra tarea para una operación eficiente. Los ingenieros mecánicos son responsables de mantener la maquinaria y el equipo en buen estado de funcionamiento. Sólo con un mantenimiento adecuado de su equipo podrá esperar que funcione correctamente y, por lo tanto, produzca productos de alta calidad a precios razonables. Necesidades de mantenimiento de la máquina

Un factor para garantizar que el equipo instalado esté siempre listo para un uso eficaz es un sistema de ingeniería de mantenimiento eficiente y eficaz. Atrás quedaron los días en los que no se prestaba la debida atención al mantenimiento. En cualquier empresa con sistemas mecanizados y automatizados, la función de mantenimiento recibe ahora más atención. Por lo

tanto, las necesidades de mantenimiento aumentan a medida que avanza la tecnología en las plantas de fabricación. Otros factores parecen enfatizar la necesidad de un sistema de mantenimiento eficaz. Si:

Fuerte competencia

calendario de producción ajustado

Aumentar el uso de la máquina

aumentar los niveles de producción

En particular, la ausencia o falta de un sistema de mantenimiento eficaz y eficiente en una planta de fabricación tendrá una serie de consecuencias indeseables. Estas consecuencias incluyen:

Exceso de coche

Servicio de emergencia regular

Reduce la vida útil de la máquina

Uso incorrecto del personal técnico

Pérdida de producción • No se puede cumplir con la fecha de entrega

Demasiado tiempo también

Perder la vida Estos factores pueden contribuir a los altos costos de producción y, por lo tanto, perder ganancias. Función de servicio de la máquina. La función de servicio se puede dividir en básico y secundario:

Las principales funciones del servicio de automóvil son:

- Mantenimiento de máquinas y equipos existentes

- Mantener las instalaciones existentes
- Verifique y lubrique maquinaria y equipo. • Producción y distribución de servicios públicos como agua, electricidad, etc. • Instalar nueva maquinaria y equipo.
- Modificación de maquinaria, equipos y edificios existentes. • Las funciones secundarias incluyen:
  - Equipo sanitario
  - Deseche los artículos usados.
  - Comercio
  - Extinción de Incendios
  - Limpio
  - Formación y supervisión
  - Registros de errores
  - Tabla de soluciones

### ***2.3. Tipos de mantenimiento para el desarrollo sostenible de maquinaria***

#### ***2.3.1. Mantenimiento de averías***

Leite (2022) el mantenimiento de emergencia recibe muchos nombres: mantenimiento reactivo, reparación, resolución de problemas y mantenimiento de incidentes. Con esta estrategia de mantenimiento, el equipo solo se mantiene, como reparación o reemplazo, cuando el daño del equipo resulta en una falla funcional. Una estrategia de mantenimiento posterior a una falla supone que es igualmente probable que ocurra una falla en cualquier componente, componente o sistema. Por tanto, este supuesto no permite identificar un grupo particular de

repuestos como más necesarios o deseables que otros. La principal desventaja de las reparaciones de emergencia es el tiempo de inactividad inesperado y no planificado del equipo. Si una pieza del equipo se estropea y las piezas de repuesto no están disponibles, el pedido y la entrega de piezas se retrasarán. Si estas piezas se necesitan con urgencia, deberá pagar tarifas de envío adicionales. Si la pieza defectuosa ya no se fabrica o se requieren acciones más drásticas y costosas para restaurar la funcionalidad del dispositivo. El desmantelamiento de dispositivos similares o técnicas de creación rápida de prototipos puede satisfacer necesidades temporales, pero generará costos significativos. También es imposible influir en la aparición de errores porque se toman pocas o ninguna medida para controlarlos o prevenirlos. Cuando esta es la única forma de mantenimiento utilizada, tanto la mano de obra como los materiales se utilizan de manera ineficiente. Se asignan recursos humanos para cada caso más urgente. Si ocurren múltiples fallas al mismo tiempo, practique el estilo de mantenimiento, tratando de controlar todas las fallas. El mantenimiento pretende ser “estabilizador”, pero no es necesario abordar la situación de reparación más urgente antes de pasar a la siguiente situación de emergencia, y así sucesivamente. Las piezas de repuesto siempre deben almacenarse a un nivel adecuado porque no se puede predecir su uso. Esto implica altos costos de recolección y no es una forma efectiva de administrar el inventario. Un programa de mantenimiento puramente reactivo pierde muchas oportunidades que afectan la vida útil del equipo.

### **2.3.2. *Mantenimiento Preventivo***

Leite (2022) el mantenimiento se realiza periódicamente para minimizar el deterioro de los componentes y prolongar la vida útil del equipo. El mantenimiento preventivo se realiza después de un programa o período específico de funcionamiento de la máquina, independientemente de la necesidad de reparación. Aunque el mantenimiento predictivo es más rentable que el mantenimiento predictivo, aún requiere importantes recursos humanos e

inventario de repuestos. Esto puede incluir mantenimiento diario, limpieza, inspección, lubricación y renovación. Los dispositivos de apriete son responsables de mantener el estado operativo del equipo y prevenir daños evitando el desgaste, verificando o diagnosticando periódicamente el estado del equipo y midiendo el desgaste. Esto incluye comprender y mantener todos los componentes físicos de las piezas, equipos y sistemas de máquinas fabricados para que funcionen en todos los niveles requeridos. Este mantenimiento suele planificarse junto con inspecciones de seguimiento y procedimientos operativos especiales. El objetivo del PM es "prevenir" problemas o fallas de mantenimiento antes de que ocurran mediante la realización de mantenimiento de rutina y el perfeccionamiento de los procesos. El objetivo es reducir menos los recortes, ser más breves y más predecibles. También se divide en mantenimiento periódico y mantenimiento preventivo. Trabajo. Así como la medicina preventiva ayuda a prolongar la vida humana, la vida útil de los equipos también se puede prolongar realizando un mantenimiento preventivo.

J. Mantenimiento periódico.

Mantenimiento programado (MBT): El mantenimiento programado incluye inspección, mantenimiento y limpieza de equipos, así como el reemplazo de piezas para evitar fallas repentinas y problemas de proceso.

B. Mantenimiento predictivo. Es una técnica en la que se predice la vida útil de un componente crítico en función de pruebas o diagnósticos para utilizar esos componentes hasta sus límites. En comparación con el mantenimiento de rutina, el mantenimiento preventivo es un mantenimiento basado en la condición. Los programas de mantenimiento preventivo miden periódicamente los equipos y las vías. Con el tiempo y antes de tomar medidas, se deben tomar medidas correctivas. Exceder los límites de funcionamiento del dispositivo. Reparar equipos cuando sea necesario requiere menos trabajo y piezas que el mantenimiento preventivo. Sin embargo, las mediciones de monitoreo requieren nuevas herramientas, capacitación y software para recopilar y analizar datos y predecir ciclos de

reparación. Administre valores de tendencias, mida y analice datos de deterioro y utilice un sistema de monitoreo diseñado para monitorear las condiciones a través de un sistema en línea.

### ***2.3.3. Mantenimiento Correctivo***

En cuanto a los equipos y componentes mejorados por un mantenimiento preventivo confiable. Los equipos con defectos de diseño deben rediseñarse para mejorar la confiabilidad o facilitar el mantenimiento. Mantenimiento basado en la condición La condición del equipo o ciertas partes críticas del equipo se monitorea continuamente utilizando herramientas de monitoreo avanzadas, lo que permite predecir fallas mucho antes de que ocurran y tomar acciones correctivas. para evitar fallos.

### ***2.3.4. Mantenimiento De Diseño***

Leite (2022) el diseño correctivo es una acción correctiva orientada al diseño para eliminar errores de diseño debido a métodos de ensamblaje incorrectos, selección de materiales inapropiada, etc. Requiere el diseño y mantenimiento de la interfaz de audio. El plan de mantenimiento aborda el motivo del mantenimiento.

### ***2.3.5. Mantenimiento De Oportunidad***

Leite (2022) se presenta al momento de ser desmontado el equipo para brindarle un mantenimiento de oportunidad se puede utilizar para cambiar o mantener otras partes que se estén dañados a pesar de que aún no han fallado. Esta estrategia de mantenimiento es para componentes no monitoreados.

### ***2.3.6. Mantenimiento Proactivo***

Leite (2022) con la diferencia que se tiene con los tres tipos de estrategias de mantenimiento discutidos anteriormente, el mantenimiento proactivo puede verse como un

nuevo enfoque para las estrategias de mantenimiento. A diferencia del mantenimiento preventivo basado en el tiempo o del mantenimiento preventivo basado en el monitoreo de la condición, el mantenimiento proactivo tiene como objetivo monitorear y eliminar las causas fundamentales de las fallas de los equipos. Las estrategias de mantenimiento predictivo también apuntan a extender la vida útil de los equipos antes de que lleguen a la etapa de desgaste adaptándose a altos niveles de precisión operativa.

#### ***2.4. Mantenimiento Basado en Riesgos***

El marco de mantenimiento basado en riesgos se compone de dos etapas:

Evaluación de riesgos.

Planificación del mantenimiento en función del riesgo.

Leite, 2022, como principal objetivo de este enfoque es minimizar los riesgos que pueden surgir debido a fallas inesperadas en las instalaciones. Actividades de inspección y mantenimiento. Las prioridades se asignan en función del riesgo cuantificado que plantea la falla de los componentes, de modo que el riesgo general pueda minimizarse mediante el mantenimiento basado en riesgos. Los componentes de alto riesgo generalmente se inspeccionan y mantienen con más frecuencia y minuciosidad para lograr criterios de riesgo aceptables. El enfoque de mantenimiento basado en riesgos consta de seis módulos, como se muestra en la Figura 2.

Para identificar fallas se realiza un análisis de peligros en el que se desarrollan escenarios de falla con base en las características operativas del sistema, las condiciones físicas donde se realizan las operaciones, la geometría del sistema y la ley de seguridad. La estimación de probabilidad tiene como objetivo calcular la ocurrencia de un evento no deseado. En esta etapa se calcula la tasa de falla o probabilidad de falla dentro de un período de tiempo

determinado. Evaluación de impacto. El propósito es cuantificar las posibles consecuencias de un escenario de falla, incluida la pérdida de producción, la pérdida de activos, la pérdida del medio ambiente y la pérdida de salud y seguridad. La pérdida de presión se define como pérdida de productividad y pérdida operativa. Evaluación de riesgos. Con base en los resultados del análisis de impacto y el análisis de probabilidad de falla, se evalúan los riesgos de cada unidad. Toma riesgos. El riesgo calculado se compara con los criterios de aceptación del riesgo. Si algún riesgo asociado con el equipo/componente excede los criterios de aceptación, se debe realizar mantenimiento para minimizar el riesgo. Haz un plan de mantenimiento. La planificación del mantenimiento tiene como objetivo minimizar los riesgos. Este método ayuda a mantener información precisa sobre la evaluación del dispositivo dentro de los límites del rendimiento, la disponibilidad y el uso del dispositivo.

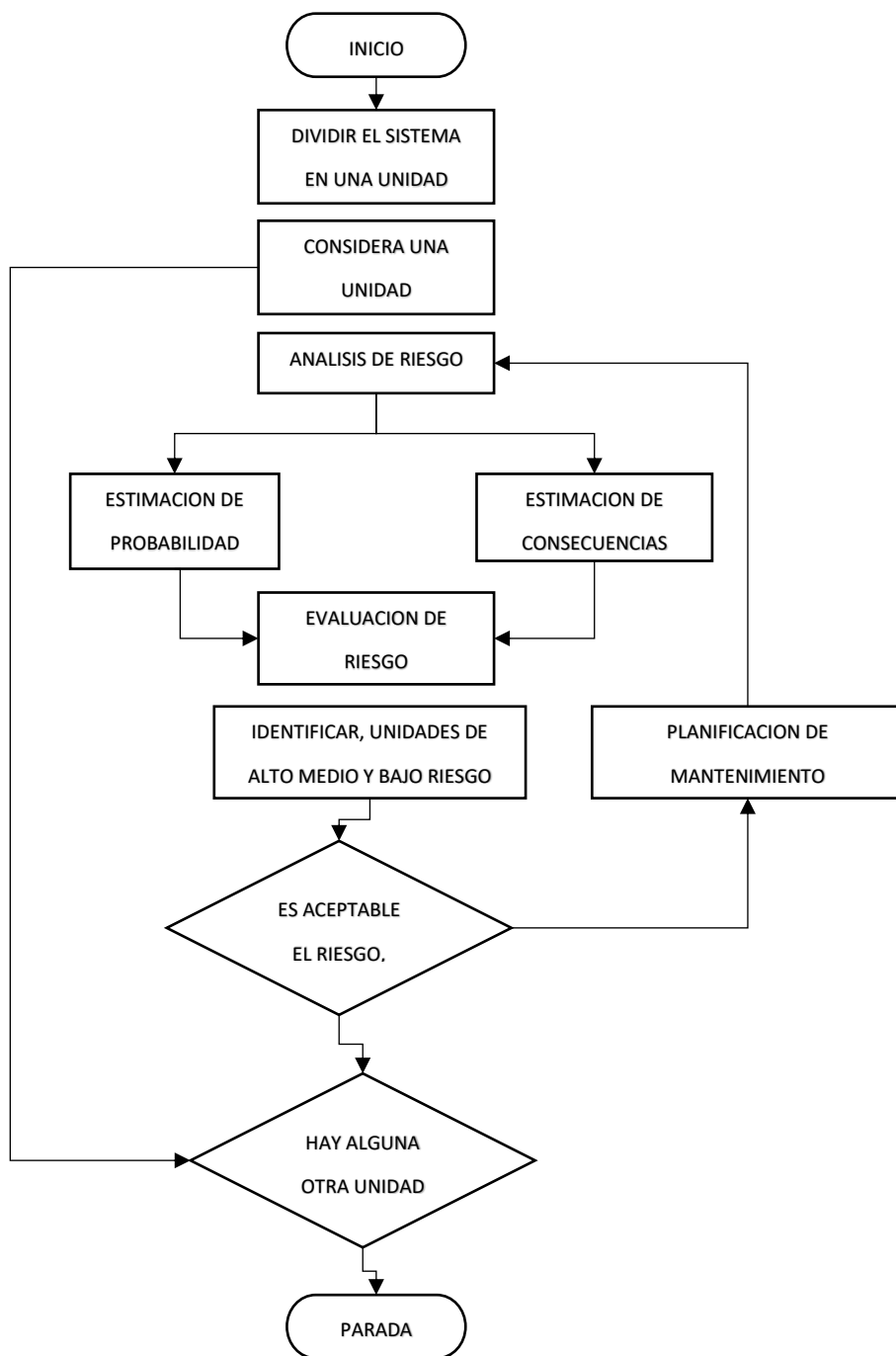


Figura N° 2. Flujograma del mantenimiento basado en Riesgo.

Nota: Montenegro Leyva, 2017

### 2.5.Evaluación De Riesgos

El riesgo se puede definir como “la pérdida o daño esperado considerado asociada con el tiempo y con la ocurrencia de un posible evento no deseado ”.

El peligro se refiere a la fuente de la pérdida o el daño, y el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de la pérdida o daño, se están utilizando técnicas para identificar las operaciones de alto riesgo. e identificar medios para reducir el riesgo de accidentes en estas operaciones. Como se muestra en la fig. N°3 la evaluación de riesgos implica nada más en identificar las amenazas potenciales, estimando su probabilidad número de eventos / intervalo de tiempo , y la estimación de las consecuencias impacto / evento .

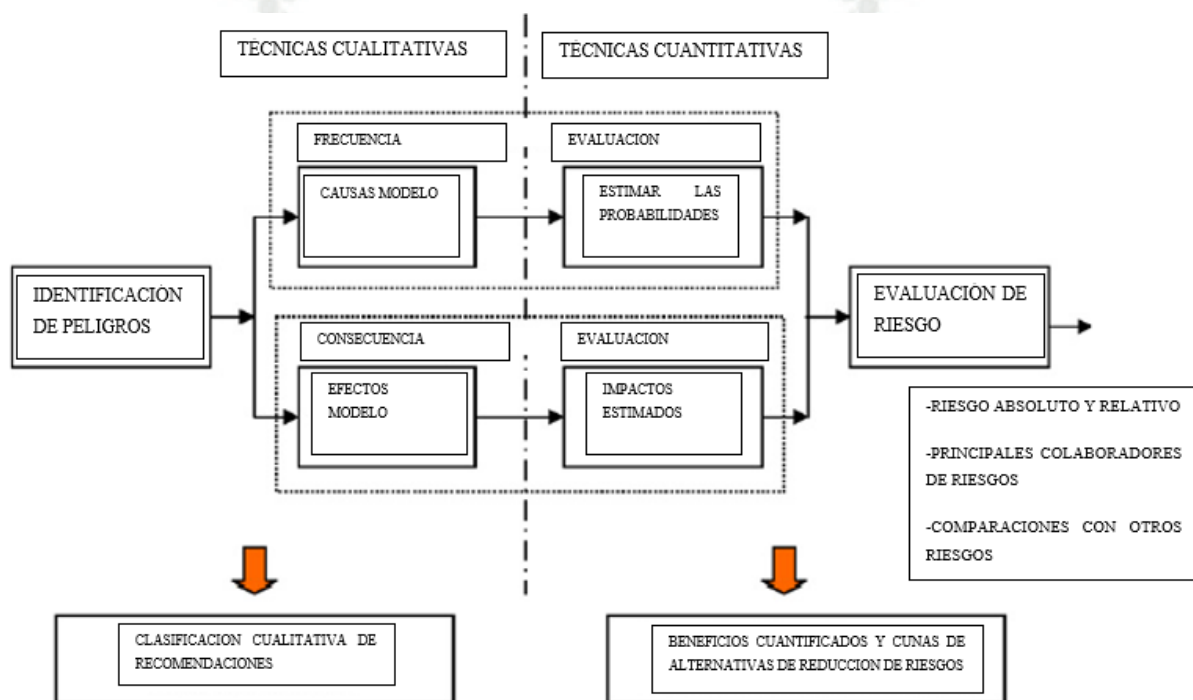


Figura N° 3. Evaluación de Riesgos.

Nota: NS Arunraj, 2006

De la figura N°3 se resuelve que lleva de la mano ciertos fundamentos del flujograma presentado en la figura N°2, teniendo un manejo adecuado al momento de interpretar los indicadores ODU en la evaluación de equipos.

La combinación de estas estimaciones representa el riesgo impactos / intervalo de tiempo asociado con la actividad que se evalúa. A medida que cada vez hay más industrias encargados y cada vez más accidentes salen a la luz, cada vez se concede mayor importancia a

la evaluación de riesgos. El enfoque del peligro con miras a determinar qué es más y lo que es menos arriesgado, ayuda a optimizar el riesgo y beneficios.

El enfoque de evaluación de riesgos integra confiabilidad y consecuencia e intenta responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede ir mal?
- ¿Cómo puede salir mal?
- ¿Qué tan probable es que ocurra?
- ¿Cuáles serían las consecuencias?

La evaluación de riesgos puede ser cuantitativa o cualitativa:

La evaluación de riesgos efectiva se realiza mediante la estimación de la frecuencia y sus consecuencias.

La evaluación de riesgos cuantificada solo es a Elaboración propia da cuando sea a la vez razonable y factible, razonable en el sentido de que el costo de hacerlo no es alto comparado con el valor de la solución resolver el problema, y factible en términos de la disponibilidad de información y datos, se aplica una evaluación de riesgo cualitativa cable cuando los riesgos son pequeños y bien conocidos, y el sitio no es Ubicado en las proximidades de posible urbanización incompatible. A descripción simple de los tipos de accidentes graves, sus consecuencias y su probabilidad a una revisión del cumplimiento de los estándares son suficientes. Los resultados se representan en la forma de matriz de riesgo donde la probabilidad y las consecuencias representan los ejes.

### ***2.5.1. Factores Que Afectan La Calidad Del Análisis De Riesgos***

Para tomar decisiones de mantenimiento adecuadas, se debe realizar un estudio cuidadoso de los enfoques de análisis de riesgos y sus resultados es necesario. Fuente de riesgo trivial, enfoque de análisis de riesgo vago y ambigüedad.

Estos resultados conducen a niveles de seguridad inaceptables. Para facilitar la adecuada decisión, debe mejorarse la calidad del análisis de riesgos, Según Blacklund y Hannu identificaron los factores que afectan la calidad de análisis de riesgos y evaluó los enfoques de análisis de riesgos, el realizó un estudio comparativo basado en tres análisis de riesgo independientes, realizados en una central hidroeléctrica específica en su estudio. La comparación y evaluación de los análisis reveló importantes diferencias en el rendimiento y los resultados, junto con varios factores que afectan la calidad de los análisis de riesgos. Junto con el peligro Identificación, análisis inicial de consecuencias y estimación de riesgos.

Los factores sugeridos por Backlund y Hannu , también son muy importantes y deben tenerse en cuenta para una toma de decisiones eficaz. El dialogo de causa y efecto para los factores que afectan la calidad de un análisis de riesgo se muestra en Fig.N°4.

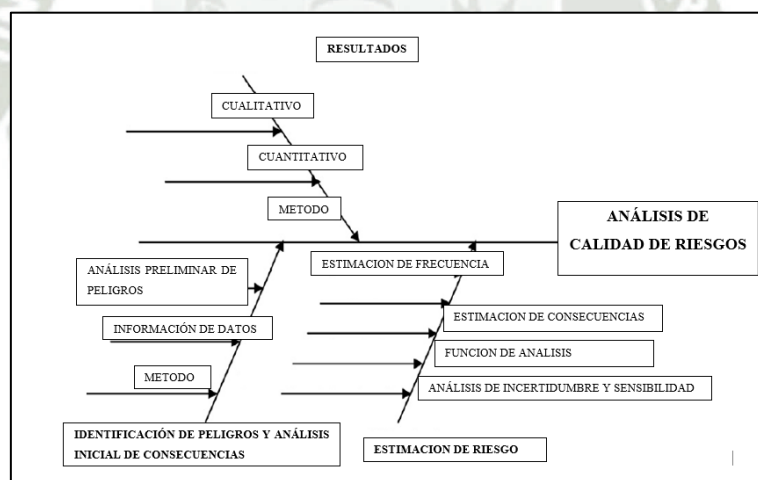


Figura N° 4. Análisis de Calidad de Riesgos- Modelo Espina de pescado.

Nota: NS Arunraj, 2006

De la figura N°4 comprendemos el valor de importancia de los análisis de calidad de riesgos presentados en todo mantenimiento a realizar teniendo como fundamento lo siguiente:

Los factores que afectan la calidad de un análisis de riesgos son:

Identificación de peligros y análisis inicial de consecuencias:

- Análisis preliminar de peligros
- Datos e información
- Estimación de riesgos:
- Método
- Estimación de frecuencia
- Estimación de consecuencias
- Análisis de funciones identificando funciones críticas del sistema
- Análisis de incertidumbre y sensibilidad.
- Resultados:
- Cualitativo
- Cuantitativo.

La metodología específica de análisis de riesgos debe tener frecuencia estimación de frecuencia, estimación de consecuencias y estimación de riesgo .

### **2.5.2. Planificación De Mantenimiento Basada En Riesgo**

La planificación de mantenimiento debe asignarse para reducir el riesgo y así cumplir con el criterio aceptable y reducir la probabilidad de falla. Hasta ahora, el análisis del árbol de fallas inverso se utiliza en el cálculo del intervalo de mantenimiento en función del riesgo. Involucra enfoque de análisis de arriba a abajo. Un análisis de árbol de fallas inverso se lleva a cabo para calcular la probabilidad de falla de la base eventos, asignando una probabilidad de falla deseada al evento superior escenario de falla de la unidad . Este valor asignado por la falla

se estima considerando un valor de riesgo aceptable, utilizaron nuevas probabilidades de falla de los eventos básicos para calcular el intervalo de mantenimiento correspondiente.

### ***2.5.3. Clasificación De Técnicas De Mantenimiento Basadas En Riesgos***

#### **2.5.3.1. Clasificación Basada En Módulos**

Las técnicas y Se clasifican modelos de metodologías de mantenimiento basadas en riesgos. sobre la base del análisis de peligros, estimación de consecuencias, estimación de probabilidad, estimación de riesgo, aceptación de riesgo, mantenimiento planificación financiera,

#### **2.5.3.2. Clasificación Por Tipos De Aplicaciones**

Principalmente dos tipos de aplicaciones en los estudios sobre el mantenimiento basado en el riesgo se destacaron las siguientes:

Aplicaciones industriales: Las aplicaciones industriales son principalmente de naturaleza cuantitativa y fueron desarrollados para aplicaciones estáticas específicas en química. Campos mecánico y eléctrico.

Sistemas de transporte: concepto de mantenimiento basado en riesgos es relativamente nuevo y aplicado a transporte de gases o gaseoductos.

#### **2.5.3.3. Clasificación por tipos de datos de entrada.**

Basado en los datos de entrada requeridos, los estudios de mantenimiento basados en riesgos se pueden clasificar en dos clases. como sigue:

Probabilidad de fallas y banco de datos que incluye conocimientos históricos: incluye conocimientos históricos están asociados con la probabilidad y frecuencia de fallas de componentes.

Opinión de expertos: La opinión de expertos está asociada con la experiencia de los expertos y los analistas. La disponibilidad de datos de confiabilidad y otra información relacionada es muy importante para hacer el riesgo análisis. Si los datos de confiabilidad no están disponibles, entonces es necesario para la opinión de expertos. En opinión de expertos, debido a la experiencia limitada, existe la posibilidad de incertidumbre en los resultados. En ese caso, Se deben realizar análisis de incertidumbre y sensibilidad.

#### **2.5.3.4. Clasificación por tipos de datos de salida**

En los tipos de datos de salida, el mantenimiento basado en riesgos se clasifica en dos clases según los datos de salida y son cualitativas como recomendaciones y cuantitativo como índice de nivel de riesgo. Los resultados de salida son de naturaleza cualitativa debido a la falta de disponibilidad. capacidad de los datos.

Como los resultados se basan en elecciones de expertos, no son precisos. Los resultados cuantitativos son muy útiles útil para seguir refinando y mejorando trabajos como el mantenimiento, optimización de la tenencia, donde los resultados son cada vez más precisos.

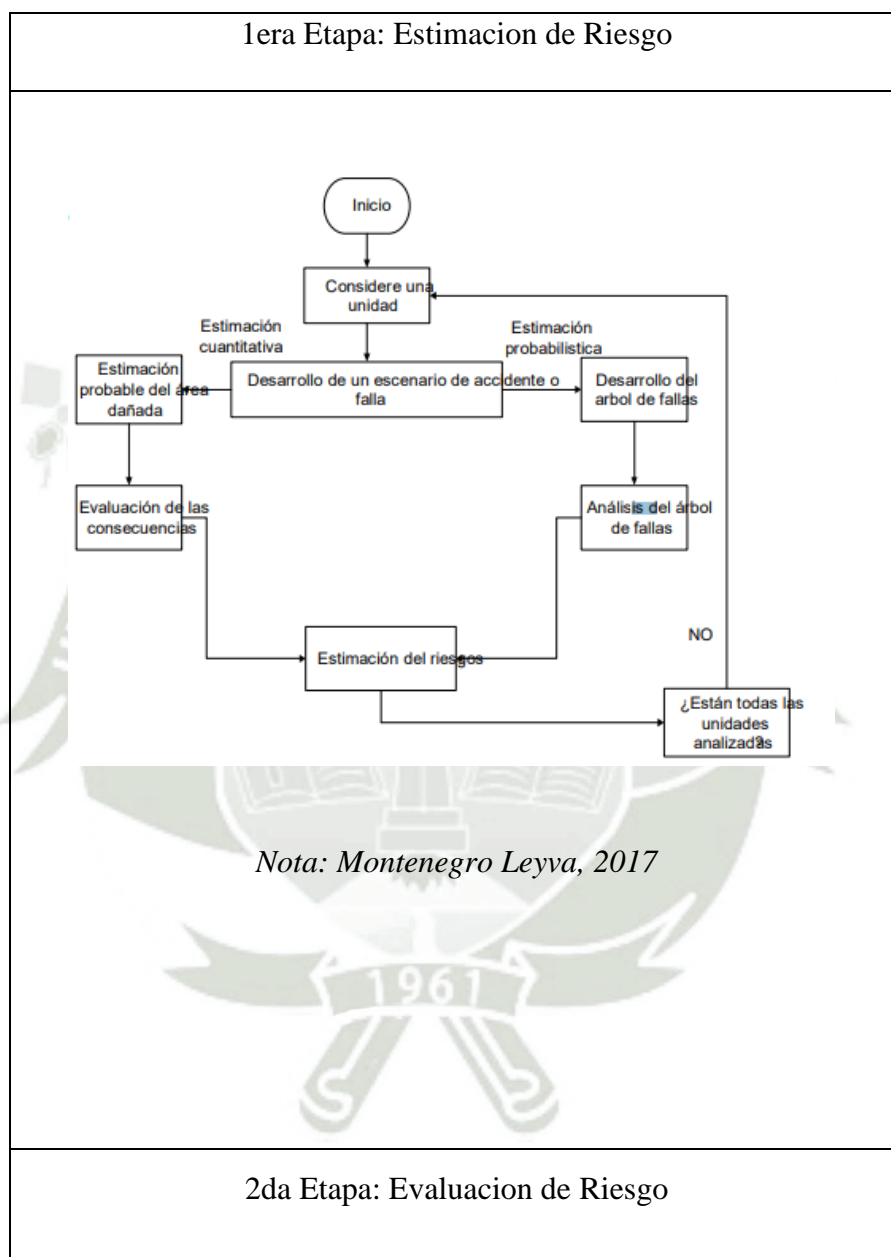
### **2.6. Etapas de Mantenimiento de Riesgo**

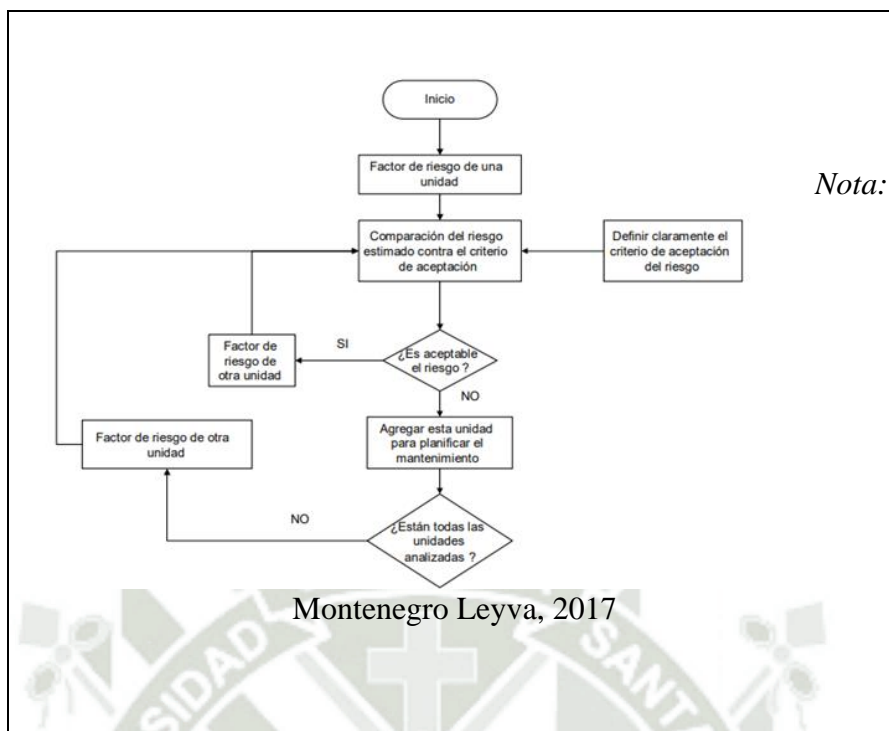
Las etapas consideradas en el desarrollo del Programa de Mantenimiento basado en el riesgo se siguieron lo orientado por Ingenieros, siendo las siguientes:

1era Etapa. Estimación del riesgo, teniendo en cuenta las fallas de la maquinaria y la estimación de sus consecuencias y la probabilidad de que ese fallo se produzca, incluyendo la utilización de Análisis de Árbol de Fallos AAF .

2da Etapa. Evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con este valor.

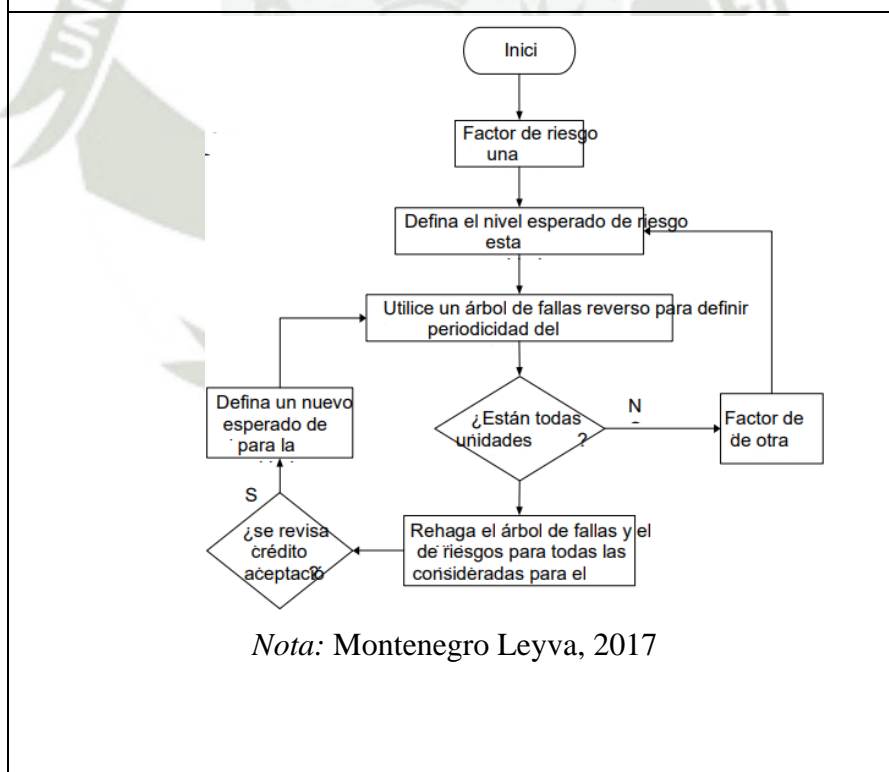
3era Etapa. Planificación del mantenimiento, optimizando dicho plan lo que a su vez permite reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así el riesgo de la ocurrencia en la maquinaria

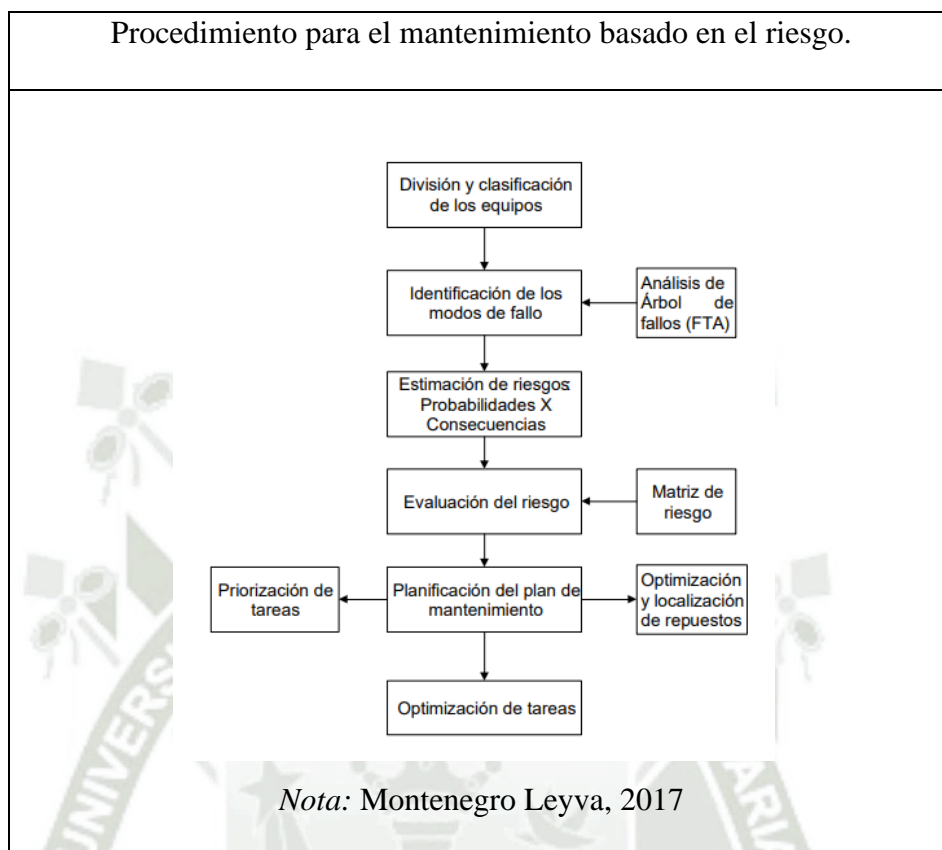




Montenegro Leyva, 2017

### .3ra Etapa: Planificación de Riesgo





#### Ventajas de MBR

Su aplicación garantiza alto nivel de integridad mecánica de los equipos y reducción de los mecanismos de fallo posibles.

Esto se consigue tras la identificación de los equipos que poseen un mayor riesgo, a cuyo mantenimiento se destinan mayores esfuerzos y recursos.

Uno de sus mayores atractivos es que permite aumentar la seguridad de las instalaciones reduciendo los costos, tanto directos como indirectos, asociados al fallo de equipos.

## 2.7. Indicadores de Mantenimiento

### 2.7.1. Disponibilidad

Es la capacidad de un activo o componente de estar en un estado óptimo arriba para realizar una función requerida, bajo las condiciones requeridas durante un período de tiempo dado, asumiendo que se han proporcionado los recursos externos necesarios.

Formula:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} \dots \dots 1$$

Donde:

- TPEF: Tiempo promedio entre fallas

$$TPEF = \frac{\sum TEF}{N} \dots \dots 2$$

- TPPR: Tiempo promedio para reparar

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{N} \dots \dots 3$$

- TEF: Tiempo entre fallas
- TPR: Tiempo para reparar
- N: Numero de Fallas.

### 2.7.2. Confiabilidad

La confiabilidad se define como la "confianza" de un activo: componente, equipo o sistema para realizar su función básica, durante un período de tiempo predeterminado, en condiciones estándar de operación durante un período de tiempo determinado.

Formula:

$$C = e^{\frac{-\lambda x t}{100}} \dots \dots 4$$

Donde:

- $\lambda$ : Tasa entre fallas

$$\lambda = \frac{1}{TPEF} \dots \dots 5$$

- t: Tiempo

### 2.7.3. *Mantenibilidad*

Es la capacidad o probabilidad de que un activo o componente bajo ciertas condiciones, ser preservado o restaurado a una condición en la que pueda realizar su función original nuevamente si el mantenimiento se ha llevado a cabo en condiciones prescritas con procedimientos y medios razonables.

Formula:

$$M = 1 - e^{\frac{-u x t}{100}} \dots \dots 6$$

- u: Tasa de reparaciones

$$M = 1 - \frac{1}{TPPR} \dots \dots 7$$

### 2.7.4. *Criticidad de Equipos*

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de sistemas o equipos, crear una estructura que facilite la toma de decisiones, dirija esfuerzos y recursos en las áreas donde las mejoras son más importantes y necesarias, en base a la realidad actual de la empresa. Los dispositivos cumplen diferentes funciones, por lo que tienen diferentes significados dentro del proceso industrial; Asimismo, algunos dispositivos son más robustos en comparación con otros, que son más sensibles y susceptibles a interferencias; Con base en esta premisa, cada dispositivo recibe un nivel de criticidad que se basa en su potencial de falla y su importancia, al igual que los costos de reemplazo y los costos de apagado del dispositivo al evaluar el nivel de falla.

Formula:

$$CRITICIDAD = CONSECUENCIA \times FRECUENCIA DE FALLOS \dots \dots 8$$

$$CONSECUENCIA = IO * FO * CM * SAH \dots \dots 9$$

Donde:

- IO: Impacto operacional
- FO: Flexibilidad operacional
- SAH: Seguridad Ambiental y Humana
- CM: Costo de mantenimiento

*Tabla 2. Calificación de Criticidad*

| <b>Frecuencia de falla</b>  | <b>CALIFICACION</b> |
|---|---------------------|
| Mayor a 40 fallas/año   | 4                   |
| 20-40 fallas/año  | 3                   |
| 10-20 fallas/año  | 2                   |
| Mínimo de 10 falla/año  | 1                   |
| <b>Impacto Operacional</b>  | <b>CALIFICACION</b> |
| Parada inmediata de toda empresa                                  | 10                  |
| Parada de una línea de producción de la empresa                   | 6                   |
| Impacto a niveles de producción o calidad                         | 4                   |
| Repercute a costos operacionales adicionales indisponibilidad     | 2                   |
| No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones | 1                   |
| <b>Flexibilidad Operacional</b>                                   | <b>CALIFICACION</b> |
| No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo      | 4                   |
| Hay opción de equipo compartido                                   | 2                   |
| Función de repuesto disponible                                    | 1                   |
| <b>Costo del mantenimiento</b>                                    | <b>CALIFICACION</b> |
| Mayor o igual a S./ 80 240.00                                     | 2                   |
| Menor o inferior a S./ 80 240.00                                  | 1                   |
| <b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>                 | <b>CALIFICACION</b> |
| Afecta la seguridad humana tanto externa como interna             | 5                   |
| Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles                | 4                   |
| Afecta las instalaciones causando daños severos                   | 3                   |
| Provoca daños menores accidentes o incidentes                     | 2                   |
| Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas      | 1                   |

*Nota: Montenegro Leyva, 2017*

Matriz de criticidad:

|                   |   |                      |   |   |    |    |
|-------------------|---|----------------------|---|---|----|----|
| <b>FRECUENCIA</b> | 5 | M                    | M | A | MA | MA |
|                   | 4 | M                    | M | A | A  | MA |
|                   | 3 | B                    | M | M | A  | MA |
|                   | 2 | B                    | B | M | A  | MA |
|                   | 1 | B                    | B | M | A  | MA |
|                   |   | 1                    | 2 | 3 | 4  | 5  |
|                   |   | <b>CONSECUENCIAS</b> |   |   |    |    |

*Nota:* Montenegro Leyva, 2017

Donde, las áreas según su criticidad son:

MA: Muy Alto

A: Alto

M: Medio

B: Bajo

### 2.7.5. Frecuencias de inspecciones en el Mantenimiento Predictivo

Relación matemática intervalo definida como:

$$I = C * F * A \dots\dots 10$$

Donde:

- C: Factor de costo
- F: Factor de falla
- A: Factor de Ajuste

#### Factor De Costo

$$C = \frac{CI}{CF} \dots\dots 11$$

Donde:

- $CI$ : Costo de una inspección predictiva
- $CF$ : Costo producido al no detectar la falla

Siendo  $e$  factor de costo un dato adimensional

**Factor De Falla:** Es la cantidad de fallas que pueden detectarse con la inspección predictiva dividida entre las fallas.

$$F = \frac{FI}{\lambda} \dots\dots 12$$

El Número de tipos de defectos que se pueden detectar con tecnología predictiva expresado en defectos mediante inspección y  $\lambda$  es la tasa de fallas del equipo que también podría ser detectado por la tecnología predictiva a utilizar expresado en defectos por año .

Unidades de factor de falla: años de inspección

**Factor De Ajuste:** Es la cantidad de fallas que pueden detectarse con la inspección predictiva dividida entre las fallas.

$$A = -\ln 1 - e^{-\lambda} \dots\dots 13$$

Entonces: ecuaciones 13, 12, 11 en ecuación 10

$$I = C * F * A \dots\dots 10$$

$$I = \frac{CI}{CF} * \frac{FI}{\lambda} * -\ln 1 - e^{-\lambda} \dots\dots 14$$

Expresado en años por inspección el inverso de esta relación es igual a la frecuencia de inspección  $f$  , la misma estará expresada en inspecciones por año.

**2.7.6. Numero de prioridad de riesgo o índice de riesgo**

Las funciones y los parámetros de funcionamiento deseados de cualquier activo físico, definimos los objetivos de mantenimiento para dicho activo. También que definiendo fallas funcionales podemos determinar exactamente que queremos decir con "falla". Estas dos cuestiones son consideradas por las primeras dos preguntas del proceso RCM.

Las siguientes dos preguntas buscan identificar aquellos modos de fallas que sean posibles causantes de cada falla funcional, y determinar los efectos de falla asociados con cada modo de falla.

Esto se realiza a través de un análisis de modos de fallas y efectos AMFE , para cada falla funcional, de tal forma un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional, considerando la presente

Formula:

$$NPR = O * D * G \dots 15$$

Donde:

- G: Gravedad
- D: Detección
- O: Ocurrencia

*Tabla 3. Calificación de Ocurrencia según niveles.*

| OCURRENCIA                     | CRITERIO   | VALOR  |
|--------------------------------|--|--------|
| <b>Muy baja<br/>Improbable</b> | Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible   | 1      |
| <b>Baja</b>                    | Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.      | 2 a 3  |
| <b>Moderada</b>                | Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema. | 4 a 6  |
| <b>Alta</b>                    | El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.                               | 7 a 8  |
| <b>Muy alta</b>                | Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente  | 9 a 10 |

*Nota:* Montenegro Leyva, 2017

*Tabla 4. Calificación de gravedad según niveles*

| GRAVEDAD  | CRITERIO   | VALOR  |
|---|--|--------|
| <b>Muy baja</b><br><b>Repercusiones imperceptibles</b>                | No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.   | 1      |
| <b>Baja</b><br><b>Repercusiones irrelevantes, Apenas perceptibles</b> | El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable   | 2 a 3  |
| <b>Moderada, Defectos de relativa importancia</b>                     | El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema  | 4 a 6  |
| <b>Alta</b>   | El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado  | 7 a 8  |
| <b>Muy alta</b>   | Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10 | 9 a 10 |

*Nota: Montenegro Leyva, 2017*

*Tabla 5. Calificación de detección según niveles.*

| DETECCION                            | CRITERIO   | VALOR  |
|--------------------------------------|--|--------|
| <b>Muy baja</b><br><b>Improbable</b> | El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes  | 1      |
| <b>Baja</b>                          | El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori. | 2 a 3  |
| <b>Mediana</b>                       | El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.                                       | 4 a 6  |
| <b>Pequeña</b>                       | El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento  | 7 a 8  |
| <b>Improbable</b>                    | El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final  | 9 a 10 |

*Nota: Montenegro Leyva, 2017*

Las características de análisis del NPR Número de Prioridad de Riesgo :

$NPR > 200$  Fallas Intolerables I .

$125 < NPR \leq 200$  Fallas reducibles deseables R .

$NPR \leq 125$  Fallas Aceptables A .





## CAPITULO III

## Capítulo III

### 3. Taxonomía Grúas telescópicas

#### 3.1. Generalidades

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), Las grúas telescópicas tienen cargas especificadas según lo indicado en la tabla de levantamiento se refieren a esta máquina en su fabricación y equipo original. Cualquier modificación a la grúa o uso de equipo opcional no indicado puede resultar en una disminución de capacidad.

El equipo puede ser peligroso si el manejo o mantenimiento se realiza de manera incorrecta. El manejo y mantenimiento de esta máquina se debe llevar a cabo según la información obtenida en la guía de Operación y Seguridad, Manual de Revisión y Manual de piezas adjunto a esta máquina. En caso de faltar estos manuales los mismos se pueden obtener del fabricante por medio del distribuidor.

El operario y todo el personal relacionado a la máquina deben poseer total conocimiento de las Normas de seguridad más recientes para grúas establecidas por el Instituto Norteamericano de Normas nacionales ASME/ANSI .

En la presente investigación se tiene un como muestra de análisis la grúa telescópica GROVE con los modelos GRT, los cuales son los más representativos en el desarrollo del proyecto de construcción en la mina.

El cual se presenta a continuación:

### GRUA TELESCOPICA – GROVE – GRT8120



*Figura N° 5. Grúa Telescópica – Grove – GRT8120*

Se tiene los siguientes sistemas y componentes de la grúa telescópica considerando de gran importancia en el tratamiento de los mantenimientos correctivos y preventivos para velar la seguridad y el correcto funcionamiento en las labores diarias

Tabla 6. Sistemas y componentes de Grúa Telescópica – Grove – GRT8120

| Item | Descripción  |
|------|--|
| 1    | Eje de pivote  |
| 2    | Pasadores de extensión de pluma, clips   |
| 3    | Pasadores de punta de pluma, clips   |
| 4    | Bloque de gancho/bola de dolor de cabeza   |
| 5    | Hardware de suspensión de extensión de pluma   |
| 6    | Conexiones de manguera dentro del tocadiscos   |
| 7    | Todo el hardware, clips, pasadores, conexiones de manguera sin pintar Pasadores O/R, clips |
| 8    | Sujetadores de cojinetes de tocadiscos   |
| 9    | Conexiones de manguera O/R   |
| 10   | Cable de amarre de bloque de gancho  |
| 11   | Pasadores O/R, clips   |
| 12   | Hardware de ajuste de la almohadilla de desgaste de la viga O/R                            |
| 13   | Toda la parte inferior de la unidad  |
| 14   | Compartimento interior del hardware del tren motriz  |
| 15   | Banco de válvulas  |
| 16   | Conexiones de manguera de elevación  |
| 17   | Resorte de tensión   |
| 18   | Cuerda de alambre  |
| 19   | Hardware de montaje de contrapeso  |
| 20   | Pasadores de contrapeso  |
| 21   | Conexiones de manguera   |
| 22   | Hardware de montaje del espejo   |

### ***3.2. Posicionamiento de Operación***

Antes de operar se debe nivelar la máquina sobre una superficie de soporte firme. Según el tipo de superficie de soporte, puede ser necesario colocar soportes estructurales debajo de las patas de apoyo o los neumáticos para distribuir la carga sobre una superficie de mayor tamaño.

Para operar los estabilizadores, antes de manejar la pluma o levantar carga, los estabilizadores deben estar extendidos correctamente con los neumáticos levantados hasta que estén libres del peso de la grúa.

Si la máquina está equipada con un gato hidráulico delantero, este debe ser colocado según los procedimientos escritos.

Si la máquina está equipada con un contrapeso extensible, el mismo completamente extendido antes de operar la máquina.

Los neumáticos deben estar inflados hasta la presión recomendada antes de levantar la carga sobre los mismos.

Con ciertas combinaciones de plumas y poleas, es posible que las capacidades máximas no puedan ser alcanzadas con los cables de largo común.

No se desplace con la pluma o su extensión levantada, a menos que esté indicado de esa manera. Ver la “Guía de Operación y Seguridad”.

### ***3.3. Manejo y sistemas de operación***

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), Las cargas especificadas teniendo en cuenta el radio de operación especificado no deben excederse. No incline la máquina para determinar las cargas permitidas. Para operar los cucharones de mordazas o los cucharones para hormigón, el peso del cucharón y su carga no debe sobrepasar el 80% de las capacidades especificadas de levantamiento.

Todas las cargas especificadas han sido probadas según el SAE J1063 OCT80 – Estructuras de Grúas de Plumitas en voladizo – Método de prueba, y cumplen con el mismo. Las cargas especificadas no sobrepasan el 85% de la carga de inclinación sobre estabilizadores según lo establecido en el SAE J765 OCT80 – Código de prueba de estabilidad de Grúa.

Las cargas especificadas incluyen el peso del gancho, de las eslingas y aparatos auxiliares de levantamiento, cuyos pesos deben ser deducidos de la capacidad indicada para obtener la carga neta levantada. En caso que se utilice una mayor desmultiplicación con su correspondiente polea, se debe considerar el peso extra del cable como parte de la carga manejada.

Las especificaciones de cargas están basadas en cargas libremente suspendidas. No se debe tratar de mover sobre el suelo una carga en sentido horizontal en ninguna dirección.

Las cargas especificadas no tienen en cuenta la influencia del viento en la carga levantada o en la pluma. En caso de que la velocidad del viento supere los 32 Km/h, se recomienda que las cargas especificadas y los largos de pluma se reduzcan de manera adecuada.

Las cargas especificadas son solamente para el servicio de las grúas de levantamiento.

No opere la grúa a un radio o largo de pluma que no esté indicado en la tabla. De lo contrario, la maquina puede volcarse aun cuando no tenga ninguna carga en el gancho.

No es posible precisar la carga máxima que se puede cargar con el brazo extendido debido a las variaciones en las cargas y en el mantenimiento de la grúa pero si es posible tratar de retraer y extender la pluma sin peligro según los limites indicados en las tablas de especificaciones de capacidad.

Cuando la pluma o el radio, o ambos, esté entre los valores indicados, se debe optar por la carga más pequeña junto al siguiente radio más grande o al siguiente largo de pluma más largo o más corto.

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), Para el manejo seguro, el usuario debe tener en cuenta las condiciones particulares del área de trabajo, tales como: suelo blando u ondulado, desniveles, vientos fuertes, cargas laterales, acción de péndulo, sacudidas o paradas

súbitas de la carga, condiciones peligrosas, experiencia del personal, levantamiento de una sola carga por dos máquinas, desplazándose con carga, líneas de electricidad, etc. Cualquier fuerza lateral es sumamente peligrosa.

Si la grúa posee secciones de pluma de motor individualmente controladas, las mismas deben ser extendidas de la misma manera en todo momento.

No levante personas con esta máquina sin la autorización escrita de Grove North América. Mantenga los mecanismos de operación de carga a un mínimo de 45,7 cm debajo del cabezal. Para considerar la desviación, el ángulo de pluma sin carga debe ser superior al ángulo de pluma una vez cargada.

Las capacidades indicadas sobre la línea negra están basadas en la fuerza estructural y no se debe inducir la inclinación para lograr la capacidad máxima.

Las capacidades para el largo de 10,3 m de pluma deben ser elevadas con la pluma completamente retraída. En caso que la pluma no esté completamente retraída, las capacidades no deben sobrepasar de aquellas indicadas para el largo de 11,6 m de pluma.

Para los largos menores de 31,7 m de pluma con el pasador de potencia extendido, las cargas especificadas están solamente determinadas para el ángulo de pluma en la columna que indica pluma de 31,7 m pasador de potencia extendido . En caso que los ángulos no estén indicados, utilice la categoría más cercana al ángulo inferior. En esta columna el modo de pasador de potencia extendido debe ser activado y debe ser seleccionado en el LMI.

### **Conceptos básicos:**

Radio de manejo: La distancia Horizontal proyectada desde eje de rotación hacia la superficie de soporte, antes de la carga, hacia el centro de la línea vertical del aparejo con la carga aplicada.

Ángulo de pluma cargada indicado entre paréntesis en la tabla de capacidad de la pluma principal : Es el ángulo entre la sección base de la pluma y el ángulo horizontal, después de haber elevado la carga especificada a radio especificado con el largo de pluma especificado.

Área de trabajo: Áreas de trabajo en forma de arco circular alrededor de la línea central de rotación según lo indicado en el diagrama del área de trabajo.

Carga libremente suspendida: Carga elevada libremente sin ninguna fuerza externa aplicada directamente excepto por el cable de levantamiento.

Manual Operación Grúa Telescópica Grove (2022), Carga Lateral: La fuerza horizontal aplicada a la carga levantada, o en el suelo o en el aire. Conforme al análisis de mantenimiento de la grúa telescópica se alcanza la siguiente tabla y diagrama característico de las grúas utilizadas en el desarrollo de los trabajos de Quellaveco, donde se puede apreciar en el anexo N° 1 , las principales partes y esta maquinaria. Así mismo para se desarrolló la división de los sistemas para tener un mejor panorama en el área de planificación programa el mantenimiento semanal de los equipos, seguido de las áreas correspondientes. Una vez que el equipo ingresa a el área del taller, el mantenimiento se realizó de acuerdo con la prioridad asegurando.

Por otro lado tenemos en la tabla N° 7 , donde se aprecia los radios de operación de la grúa considerando los trabajos a intemperie para el montaje y nivel en tramos de 24.7 metros, la seguridad es un tema importante para este tipo de operaciones debido a que son cargas de gran magnitud, lo cual puede producir desastres e impactos a otras cubiertas o estructuras cercanas a su operación.

**Tabla 7. Capacidades específicas del levantamiento en Kilos Pluma de 10,4 m --- 31,7 m**

*Sobre los estabilizadores completamente extendidos --- 360°*

| Radio<br>en<br>Metros   | # 0001 o #<br>01   |                |                |                |               |                |                |                |               | # 0002 o # 02                   |
|---|--|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------------------------|
|   | Largo en metros de la pluma principal con el tramo manual retraído |                |                |                |               |                |                |                |               | Tramo<br>manual Ext<br>y 24,7 m |
|   | 10,4   | 11,6           | 13,4           | 15,2           | 17,1          | 18,9           | 20,7           | 22,6           | 24,7          | 31,7                            |
| 3,05  | 40.823<br>63,5   | 33.452<br>67   | 31.729<br>70,5 | 30.935<br>73   | 28.735<br>75  |                |                |                |               | Ver la nota<br>17               |
| 3,66  | 34.019<br>60   | 33.452<br>63,5 | 30.255<br>67,5 | 27.941<br>70,5 | 25.923<br>73  | 24.381<br>75   |                |                |               |                                 |
| 4,57  | 28.123<br>53,5   | 28.123<br>58,5 | 26.331<br>63,5 | 24.494<br>67   | 23.133<br>70  | 21.160<br>72   | 19.890<br>74   | 18.529<br>75,5 |               |                                 |
| 6,10  | 21.455<br>42   | 21.455<br>49   | 21.455<br>55,5 | 19.935<br>60,5 | 18.393<br>64  | 17.237<br>67   | 16.193<br>69,5 | 15.014<br>71,5 | 13.608<br>74  |                                 |
| 7,62  | 16.329<br>26   | 16.329<br>37,5 | 16.329<br>47   | 16.329<br>53,5 | 15.445<br>58  | 14.424<br>62   | 13.562<br>65   | 12.519<br>67   | 11.431<br>70  | 9.888<br>75,5                   |
| 9,14  |  | 13.154<br>21,5 | 13.154<br>37   | 13.154<br>46   | 13.154<br>52  | 12.292<br>56,5 | 11.612<br>60   | 10.659<br>63   | 9.752<br>66   | 8.528<br>72,5                   |
| 10,67   | Ver la<br>nota<br>16   |                | 10.795<br>23,5 | 10.795<br>37   | 10.795<br>45  | 10.659<br>50,5 | 10.092<br>55   | 9.231<br>58,5  | 8.459<br>62   | 7.439<br>69,5                   |
| 12,19   |  |                |                | 8.709<br>25,5  | 8.709<br>37   | 8.709<br>44    | 8.709<br>49,5  | 8.074<br>53,5  | 7.348<br>58   | 6.577<br>66,5                   |
| 13,72   |  |                |                |                | 7.212<br>26,5 | 7.212<br>36,5  | 7.212<br>43,5  | 7.144<br>48,5  | 6.464<br>53,5 | 5.783<br>63,5                   |
| 15,24   |  |                |                |                | 5.965<br>8    | 5.965<br>27,5  | 5.965<br>36,5  | 5.965<br>43    | 5.715<br>48,5 | 5.126<br>60,5                   |
| 16,76   |  |                |                |                |               | 5.080<br>13    | 5.080<br>28,5  | 5.080<br>36,5  | 5.080<br>43,5 | 4.536<br>57                     |
| 18,29   |  |                |                |                |               |                | 4.336<br>16,5  | 4.336<br>29    | 4.336<br>37,5 | 4.110<br>53,5                   |
| 19,81   |  |                |                |                |               |                |                | 3.629<br>19    | 3.629<br>31   | 3.697<br>50                     |
| 21,34   |  |                |                |                |               |                |                |                | 3.025<br>22,5 | 3.338<br>46                     |
| 22,86   |  |                |                |                |               |                |                |                |               | 3.021<br>42                     |
| 24,38   |  |                |                |                |               |                |                |                |               | 2.740<br>37                     |
| 25,91   |  |                |                |                |               |                |                |                |               | 2.440<br>32                     |
| 27,43   |  |                |                |                |               |                |                |                |               | 2.018<br>25,5                   |
| 28,96   |  |                |                |                |               |                |                |                |               | 1.624<br>17                     |
| Ángulo Grados mínimo de la pluma para el largo indicado sin carga         |  |                |                |                |               |                |                |                | 0             | 0                               |
| Largo metros máximo de la pluma con ángulo de pluma de 0 grados sin carga |  |                |                |                |               |                |                |                | 24,70         | 31,7                            |

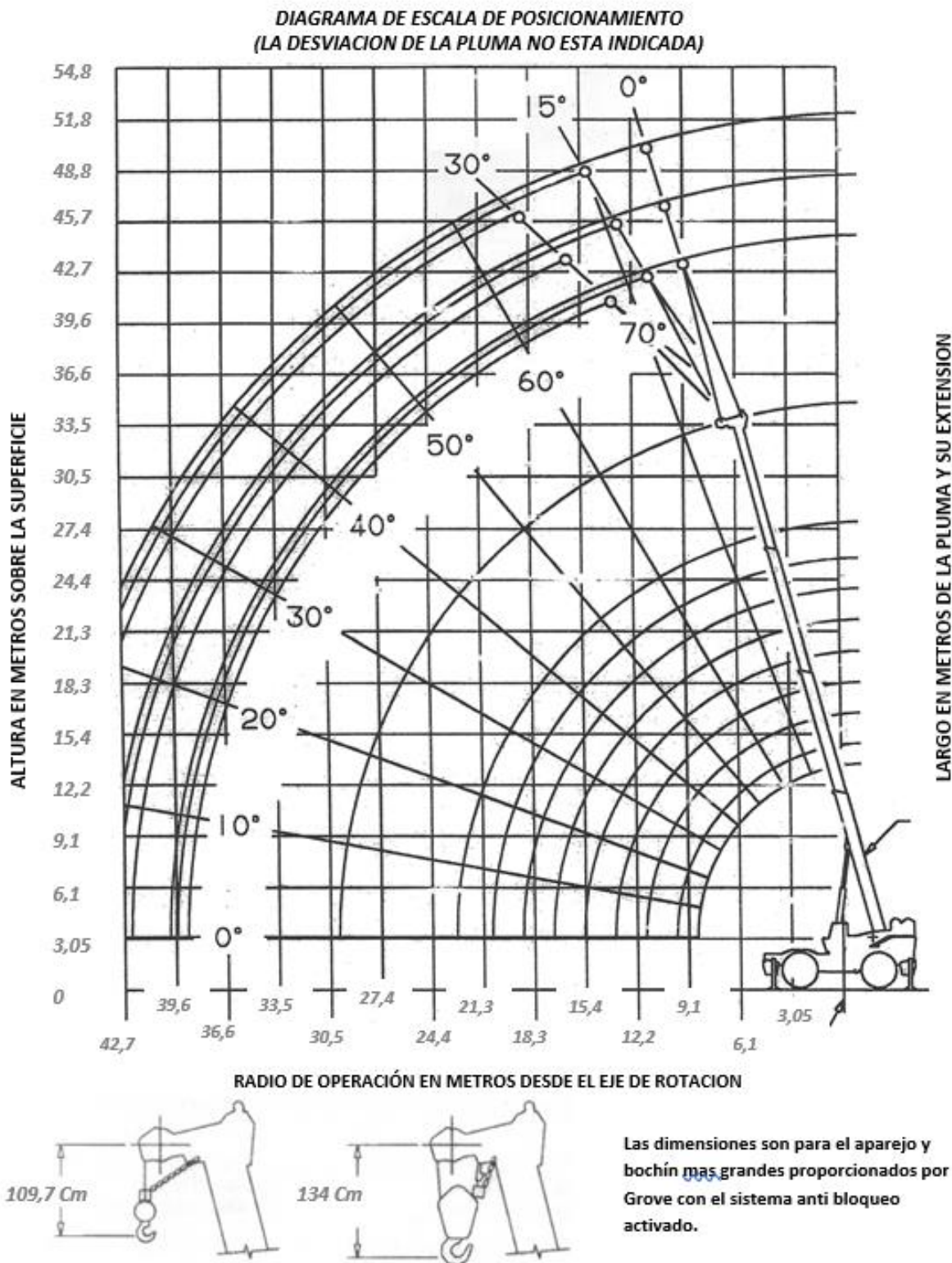


Figura N° 6. Diagrama de escala de posicionamiento.

Nota: Tablas de Cargas Grúa Telescópica – Grove – GRT8120

### ***3.4. Sistema de Tren de Mando***

La máquina tiene un motor diésel Cummins QSB 6.7. El motor se controla por medios electrónicos a través del módulo de control electrónico ECM , el cual es el centro de control del sistema. Procesa todas las señales de entrada y envía comandos al sistema de combustible y a los sistemas de control del vehículo y del motor.

La velocidad del motor se regula por medio del pedal acelerador en la cabina. Controla la aceleración del motor, la cual aumenta o disminuye proporcionalmente según la presión aplicada al pedal.

La velocidad del motor también se controla por medio de un interruptor basculante con tres posiciones de ralentí del motor, ubicado en la parte delantera de la columna de la dirección. El interruptor de ralentí permite al operador variar infinitamente y mantener la velocidad del motor entre los ajustes de ralentí mínimo y máximo del motor.

El pedal acelerador está conectado eléctricamente al módulo de control de la superestructura, que envía una señal a la unidad de control del motor ECM a través del enlace de datos J1939.

El motor y sus componentes se alojan bajo un capó con una parrilla en su parte trasera que permite la circulación adecuada del aire. El acceso al motor se obtiene a través de una puerta ubicada en la parte superior del capó que puede abrirse por sus dos lados.

El filtro de admisión de aire se instala en la parte trasera derecha del capó. El silenciador se instala en el lado izquierdo, en la caja del estabilizador trasero.

#### ***3.4.1. Sistema de Control Electrónico.***

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El sistema de control del motor es un sistema de control de combustible accionado por medios electrónicos que también ofrece

muchas funciones al operador y además reduce las emisiones de escape del motor a la vez que eleva su rendimiento a niveles óptimos.

El ECM efectúa pruebas de diagnóstico sobre la mayoría de sus circuitos y genera un código de falla si se detecta un problema en alguno de ellos. Junto con el código que identifica la naturaleza del problema, se almacena en la memoria una “vista instantánea” de los parámetros de funcionamiento del motor al momento de activarse el código de falla. Algunos códigos de falla causan la iluminación de una luz de diagnóstico para darle indicación al conductor de la existencia del código. Los códigos de falla pueden visualizarse en la pantalla del sistema de control de la grúa en la cabina del operador. El ECM se comunica con las herramientas de mantenimiento provistas por Cummins utilizando un enlace de datos tipo SAE J1939.

El ECM también supervisa la condición del filtro de partículas diésel solo motores Tier 4 y advertirá al operador, por medio de un indicador en la pantalla del sistema de control de la grúa, si el filtro se llega a obturar con carbón. Si el filtro se llega a obturar, el ECM controlará el proceso de limpieza del sistema de escape para eliminar las partículas del filtro.

### **3.4.2. Sistema de Combustible.**

El sistema de combustible se compone del tanque de combustible, separador de combustible-agua, filtro secundario, bomba de elevación, bomba de alta presión, conducto común de combustible de alta presión Tier 4 solamente e inyectores de combustible. Todos los componentes excepto el tanque de combustible está instalado en el motor o se suministran con el motor para montaje remoto.

#### **Tanque de Combustible**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El tanque de combustible, es un tanque cilíndrico de acero ubicado en el lado izquierdo de la máquina. El tan- que de

combustible tiene una capacidad de 271 l 72 gal . Una conexión en la parte inferior del tanque es el conducto de suministro de combustible al motor. El combustible sobrante que regresa del motor se suministra a la parte inferior del tanque, por debajo del nivel del combustible. El tanque está provisto de una tapa sin ventilación fijada por cadena al tanque, y de un emisor que envía una señal al medidor de combustible ubicado en el tablero de instrumentos de la cabina. En las máquinas CE, el tanque de combustible tiene una tapa de llenado ventilada con candado.

### **Bomba de inyección de combustible**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El combustible se atomiza finamente al ser inyectado en el cilindro y lo enciende el calor de la compresión. También se dosifica, antes de la inyección, para satisfacer los requerimientos de carga que se imponen al motor. El combustible sobrante que regresa de los inyectores se desvía de nuevo al tanque de combustible o al lado de entrada de la bomba. El flujo continuo de combustible a través de los inyectores ayuda a enfriar los inyectores y a purgar el aire del sistema.

### **Filtro de combustible-separador de agua**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El filtro de combustible-separador de agua elimina las impurezas del combustible y también elimina el agua del combustible antes de que llegue al motor. El filtro se monta cerca del tanque de combustible en el lado izquierdo de la grúa.

La mezcla de combustible pasa por la parte exterior de la primera fase del filtro de papel, donde se forman grandes gotas de agua eliminadas del combustible. El agua cae en la cavidad formada entre los dos elementos de papel y pasa a un depósito en la parte inferior de la caja, de donde puede vaciarse a través del tapón de vaciado.

El sensor de agua en el combustible se encuentra en la caja del filtro de combustible. Una vez que el espacio de almacenamiento de la caja del filtro se llena con cierta cantidad de

agua, el sensor envía una señal al ECM. La luz de agua en el combustible se ilumina en el tablero de control para indicar que hay que vaciar el agua del conjunto del filtro de combustible.

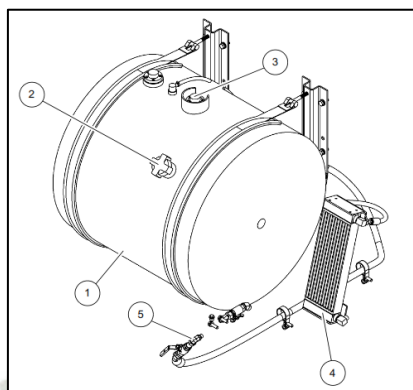
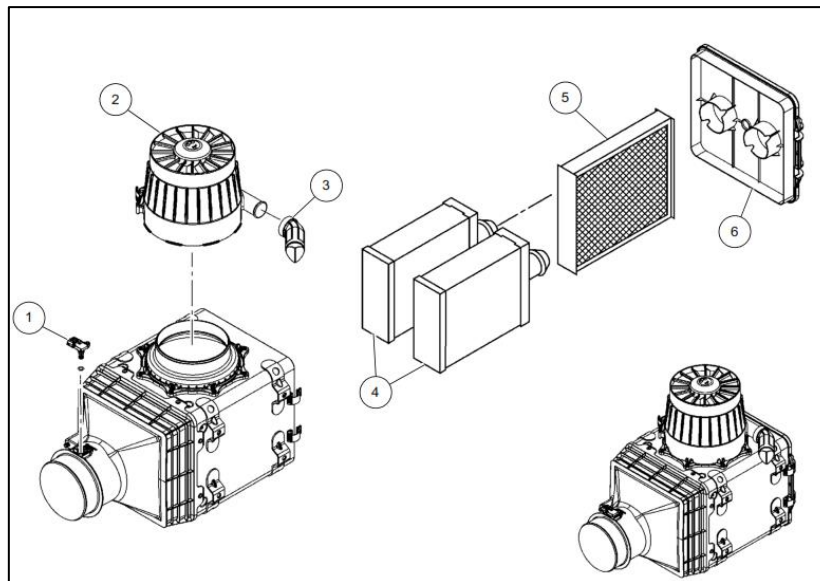


Figura N° 7. Conjunto de admisión de aire

Nota: Grúa Telescópica – Grove – GRT880

Tabla 8. Partes de Conjunto de admisión de aire – Grove – GRT880

| Item | Descripción                |
|------|----------------------------|
| 1    | Filtro de aire             |
| 2    | Indicador de servicio      |
| 3    | Abrazadera                 |
| 4    | Reductor                   |
| 5    | Abrazadera                 |
| 6    | Tubo                       |
| 7    | Abrazadera del silenciador |
| 8    | Codo                       |
| 9    | Abrazadera de perno en T   |
| 10   | Abrazadera del silenciador |
| 11   | Tubo de admisión de aire   |
| 12   | Codo                       |
| 13   | Tubo de entrada de aire    |
| 14   | Adaptador                  |



*Figura N° 8. Filtro de Aire*

*Nota: Grúa Telescópica – Grove – GRT880*

Tabla 9. Partes de Grúa Telescópica – Grove – GRT880

| Item | Descripción                           |
|------|---------------------------------------|
| 1    | Sensor de temperatura/presión de aire |
| 2    | Prefiltro                             |
| 3    | Válvula de descarga                   |
| 4    | Filtro de aire principal              |
| 5    | Filtro de aire secundario             |
| 6    | Puerta de servicio                    |

### **3.4.3. Sistema de admisión de aire y de escape**

Manual Operación Grúa Telescópica Grove (2022), El sistema de admisión de aire , regula la calidad y cantidad del aire disponible para la combustión. El sistema se compone de filtro de aire, turboalimentado, enfriador de aire de carga, culata y múltiple de escape. El aire admitido se aspira a través del filtro de aire, se comprime y se calienta en el lado del compresor del turboalimentado. El aire se empuja a través del enfriador de aire de carga y se envía al múltiple de admisión. El aire admitido se enfría para aumentar la eficiencia de la combustión,

reducir el consumo de combustible y aumentar la potencia del motor. El aire se fuerza hacia el interior de la culata para llenar las lumbreras de admisión. El flujo del aire de la lumbrera de admisión al cilindro es regulado por las válvulas de admisión.

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), Cada cilindro tiene dos válvulas de admisión y dos de escape. Cuando las válvulas de admisión se abren, el aire comprimido y enfriado de la lumbrera de admisión es aspirado al interior del cilindro. Las válvulas de admisión se cierran y el émbolo empieza a ascender como parte de su carrera de compresión. El combustible se inyecta en el cilindro y se inicia la combustión. El émbolo es forzado hacia abajo e inicia su carrera de escape cuando vuelve a ascender. Las válvulas de escape se abren y el gas de escape se expulsa a través de la lumbrera de escape hacia el múltiple de escape.

El gas de escape del múltiple entra al lado de la turbina del turboalimentado para hacerla girar e impulsar al compresor. El gas de escape del turboalimentado pasa por el tubo de escape y por el silenciador/filtro de partículas diésel antes de ser expulsado hacia la atmósfera.

El filtro de aire Figura 09 es de tipo seco, tiene un elemento reemplazable y se encuentra ubicado en el guardabarros derecho trasero. En los motores Tier 3, un indicador de servicio 2, Figura 10 , diseñado para dar una indicación roja cuando el filtro requiere servicio, está instalado en la plataforma central derecha y conectado al filtro de aire por medio de un conector de bronce en el filtro de aire. En los motores Tier 4, un sistema de supervisión de la restricción de la admisión de aire AIRM se ha diseñado para calcular la restricción del filtro de aire en tiempo real a un nivel de caudal operativo utilizando las lecturas de temperatura y presión del sensor TBAP 3, Figura 9 instalado en la caja del filtro de aire.

En el motor Cummins QSB hay elementos eléctricos que calientan el aire ubicados en el conducto de admisión del motor. Estos elementos calientan el aire admitido al calentar el motor en clima frío. Un calentador del aire admitido facilita el arranque y controla la producción

de humo blanco. Una luz de esperar para arrancar está ubicada en la pantalla de control de la grúa para indicar cuándo se puede arrancar el motor.

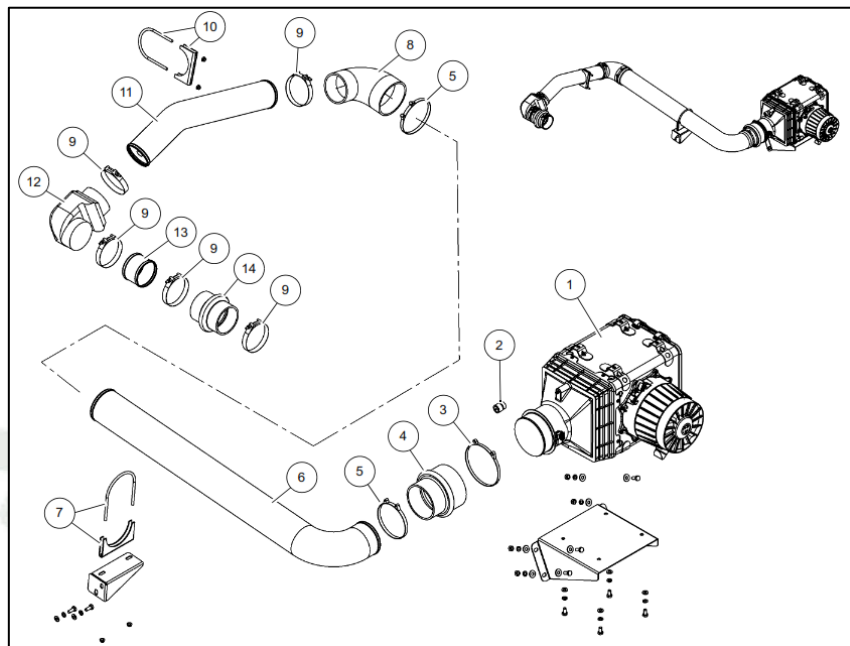


Figura N° 9. Sistema de admisión de aire y de escape

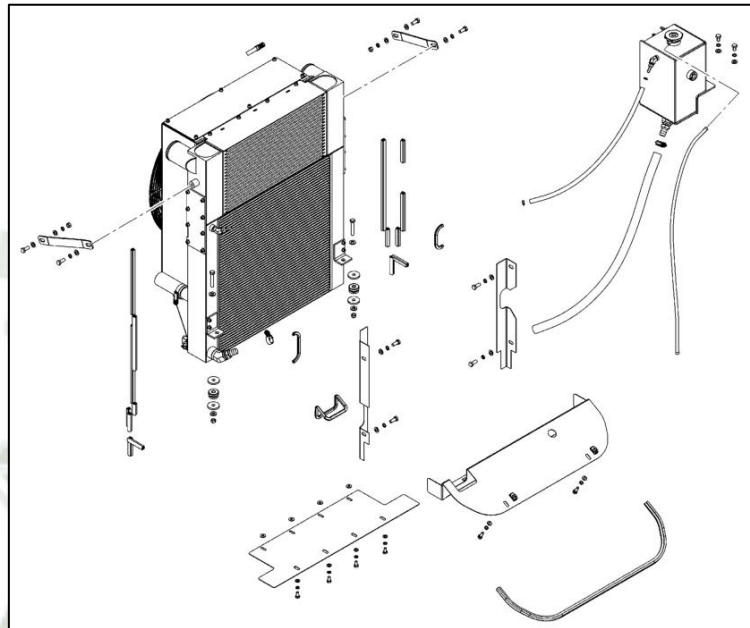
Nota: Grúa Telescópica – Grove – GRT880

#### 3.4.4. Sistema de enfriamiento por agua.

El sistema de enfriamiento, se compone del radiador, el tanque de recuperación de refrigerante, el circuito de enfriamiento del motor, las mangueras y los tubos de conexión. En todo momento, el anticongelante/refrigerante debe tener elementos de protección contra la corrosión. Se recomienda usar un anticongelante/refrigerante concentrado compuesto por una mezcla uniforme 50/50 de glicol etílico con bajo contenido de silicatos y agua que no requiera una precarga de aditivos SCA como la solución refrigerante de los motores de combustión interna enfriados por líquido para servicio severo.

La grúa está equipada con un calefactor de agua caliente en la cabina. El agua caliente es suministrada por el sistema de enfriamiento del motor a través de un colador y una unión giratoria de dos lumbreras hacia el calefactor de la cabina. El colador se puede limpiar y se

encuentra en el lado izquierdo de la transmisión, cerca del montaje trasero del motor/transmisión. Consulte Mantenimiento y lubricación, página 10-1 para el servicio del colador.



*Figura N° 10. Sistema de enfriamiento de agua*

*Nota: Grúa Telescópica – Grove – GRT880*

### **3.4.5. Transmisión – Convertidor de Par.**

El conjunto de la transmisión/convertidor de par se instala en el motor y se conecta a los ejes delantero y trasero por medio de tres ejes impulsores. La bomba hidráulica principal y la bomba hidráulica número tres se montan en el convertidor de par.

## **3.5. Sistema de Tren de Rodajes**

### **3.5.1. Ejes**

Para elevar al máximo la capacidad de maniobras, tanto el eje delantero como el trasero son directrices. El eje trasero se monta sobre un marco giratorio quinta rueda que permite que el eje oscile cuando viaja sobre terreno accidentado. El eje delantero se emperna

directamente al chasis. Las cuatro ruedas tienen un sistema de frenos hidráulicos de tipo disco. Un freno de estacionamiento de disco se instala en el eje de entrada del eje motriz delantero.

Cada eje motriz incorpora un porta planetarios de reducción sencilla con engranajes hipoides instalados en el centro del eje motriz. La reducción final tiene engranajes planetarios rectos incorporados en los cubos de las ruedas.

El diseño de estos ejes permite a los engranajes hipoides del porta planetarios del diferencial y de los ejes del eje motriz llevar únicamente una carga de torsión nominal pero a la vez proporcionar la relación de reducción más elevada que resulte práctica en las ruedas.

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El piñón hipóide y el conjunto diferencial de la primera reducción están soportados por cojinetes de rodillos ahusados. La precarga del cojinete de piñón se ajusta y se mantiene por medio de un espaciador de precisión endurecido que se instala entre los cojinetes interior y exterior. La precarga del cojinete ahusado del diferencial se ajusta y se mantiene por medio de la posición de los anillos de ajuste roscados en las cavidades de la pata del porta planetarios y de la tapa. En los extremos de las ruedas con planetarios, los dientes rectos del engranaje solar se engranan con los dientes rectos de los engranajes planetarios. Los engranajes planetarios rectos giran sobre pasadores que se montan en una cruceta. Los dientes de los engranajes planetarios rectos a su vez se engranan con los dientes de la corona dentada flotante.

La potencia se transmite por medio del tren de engranajes hipoides en el porta planetarios del diferencial hacia los ejes del eje motriz y el engranaje solar del elemento de reducción final, a través de los engranajes planetarios giratorios y hacia la cruceta de planetarios, la cual impulsa al cubo de la rueda.

Como equipo opcional, los ejes motrices delantero y trasero pueden estar provistos de un bloqueo del diferencial. Cuando están en modo bloqueado, los ejes motrices y el diferencial quedan trabados entre sí y no se produce acción diferencial entre las ruedas.

### **3.5.2. Ruedas y Neumáticos**

El tamaño de neumático estándar para esta máquina es de 29.5 x 25

### **3.5.3. Sistema de dirección**

Para obtener la capacidad máxima de maniobras, la grúa puede dirigirse por el eje delantero, por el eje trasero o por ambos ejes simultáneamente. La grúa tiene dos sistemas de dirección independientes, uno que dirige al eje delantero y otro que dirige al trasero.

#### **Sistema de dirección delantera**

El sistema de la dirección delantera consta de una válvula de caudal prioritaria de la dirección de detección de carga parte de la válvula de colector de accesorios , una válvula de control de la dirección con detección de carga y dos cilindros de dirección. Consulte Válvula de colector de accesorios

#### **Sistema de dirección trasera**

El sistema de dirección trasera consiste en una válvula de sentido controlada por solenoide doble, de tres posiciones; dos válvulas de retención de puerto de cruce; y dos cilindros de la dirección. Consulte Válvula de colector combinada del vehículo, El sistema indicador de la dirección trasera se proporciona para indicar cuando las ruedas traseras no se encuentran centradas. Este sistema se compone de una luz indicadora ubicada en la consola delantera de la cabina y de un interruptor ubicado en el lado izquierdo del eje trasero. Cuando se viran las ruedas traseras hacia la izquierda o la derecha, el indicador ámbar se ilumina.

## **Sistema de dirección auxiliar máquinas CE**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), Se proporciona el sistema de dirección auxiliar como sistema de respaldo para la dirección delantera normal en caso de ocurrir la pérdida de caudal hidráulico debido a la falla del motor o la bomba. El sistema se compone de dos acumuladores hidráulicos, una válvula de control de dos posiciones, accionada por piloto; una válvula de retención; y un interruptor de presión, que recibe flujo de aceite hidráulico de la válvula de carga del acumulador doble del freno de servicio para suplementar el circuito delantero normal de la dirección.

### **3.5.4. Sistema de bloqueo de oscilación del eje trasero**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022), El sistema de oscilación del eje trasero consta de dos cilindros de bloqueo, una válvula de bloqueo y un codificador de ángulo. Los cilindros de bloqueo se instalan entre un marco quinta rueda y el chasis del vehículo. La válvula de bloqueo se instala en el riel central interior izquierdo y utiliza medios hidráulicos para controlar la capacidad de oscilación de los cilindros de bloqueo. El codificador de ángulo se encuentra en el conjunto del adaptador giratorio eléctrico.

### **Cilindros de bloqueo de oscilación del eje**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) dos cilindros de bloqueo hidráulico están instalados en el eje trasero, uno en el lado izquierdo y otro en el derecho. El extremo de la base de cada cilindro se conecta a cada lado del chasis y el extremo de la varilla se conecta a cada lado del marco quinta rueda. Los cilindros de bloqueo están conectados de manera tal que el aceite hidráulico fluye del lado de la varilla del cilindro izquierdo al lado del tubo del cilindro derecho, y del lado de la varilla del cilindro derecho al lado del tubo del cilindro izquierdo.

### **Válvula de bloqueo de oscilación del eje**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) la válvula de bloqueo de oscilación del eje también denominada la válvula de solenoide doble , ubicada en la válvula de colector combinada del vehículo, se utiliza en el circuito de bloqueo de oscilación del eje trasero. La válvula está montada en la parte trasera izquierda de la traviesa trasera del chasis del vehículo delante del eje trasero. Se compone de un cuerpo de válvula y dos válvulas de solenoide normalmente cerradas de dos vías y dos posiciones. Impide que los cilindros de bloqueo oscilen si la plataforma de giro no está centrada con la estructura orientada hacia el frente.

#### **3.5.5. Sistema de frenos**

El sistema de frenos incluye todos los componentes necesarios para aplicar los frenos de servicio y el freno de estacionamiento.

#### **Frenos de servicio**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) los frenos de servicio hidráulicos asistidos son controlados por medios hidráulicos y se encuentran en las cuatro ruedas. El sistema consta de la válvula de frenos en tándem con pedal, la válvula de carga de acumulador doble, los dos acumuladores hidráulicos, los conjuntos de freno y las mangueras y tuberías relacionadas. El operador pisa el pedal en la válvula de frenos en tándem, ubicada en el piso de la cabina, y la válvula modula la presión en las líneas a los conjuntos de freno de cada rueda. El servomecanismo de frenos suministra una presión elevada al sistema de frenos con fuerzas de reacción relativamente bajas en el pedal, a la vez que regula la presión máxima en las líneas de los frenos. La válvula de carga de acumulador doble de los frenos de servicio regula el caudal enviado a los acumuladores hidráulicos para proveer circuitos de frenos independientes principal delanteros y auxiliares traseros . La presión hidráulica se mantiene de modo

constante en los circuitos de los frenos por medio de los acumuladores y de la válvula de carga. Los conjuntos de freno son del tipo disco.

### **Freno de estacionamiento**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) el freno de estacionamiento es un disco de freno controlado por medios hidráulicos ubicado en el eje delantero. Se aplica por medio de resortes y se libera por medios hidráulicos. El sistema consta de un interruptor de dos posiciones, una válvula de solenoide de tres vías, un accionador, el conjunto del freno y la tornillería y tubería relacionadas. El interruptor selector, ubicado en la columna de dirección de la cabina, se usa para activar la válvula de solenoide que controla el accionador del freno de estacionamiento, el cual aplica y suelta el freno de estacionamiento.

### **3.6. Estabilizador**

#### **3.6.1. Circuito de estabilizadores**

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) el circuito de los estabilizadores se compone de cuatro cilindros de extensión, cuatro cilindros de gato, una válvula de control de sentido de extensión y retracción, colectores de control de estabilizadores delanteros y traseros, y un sistema de monitoreo de estabilizadores OMS opcional; estándar en América del Norte. Los dos cilindros de extensión delanteros se montan en las vigas de los estabilizadores delanteros y los dos cilindros de extensión traseros se montan en las vigas de los estabilizadores traseros. Las vigas de los estabilizadores delanteros y traseros se montan en sus cajas respectivas; los cilindros de gato a su vez se montan en el extremo de cada una de las vigas. La válvula de control de sentido de extensión y retracción es parte de la válvula de colector combinada del vehículo, que está montada en el lado interior del riel del chasis del vehículo en el cojinete de la plataforma de giro. Los colectores de control de los estabilizadores delanteros y traseros se montan en el centro interior de sus cajas respectivas. El OMS consta de un

potenciómetro en serie montado dentro de cada caja de estabilizadores. El sensor se conecta por medio de un cable a la viga del estabilizador para dar indicación de la posición de la viga: completamente retraída, posición intermedia de extensión o completamente extendida. Tanto la válvula de control de sentido de extensión/retracción como las válvulas de solenoide de colector son accionadas eléctricamente por acciones del operador en la pantalla del limitador de capacidad nominal RCL y controles en la cabina del operador.

Un indicador de nivel de burbuja se monta adentro de la cabina, en el lado derecho, cerca del interruptor de parada de emergencia. El nivel de burbuja proporciona al operador una indicación visual de la nivelación de la grúa.

### **3.6.2. Viga del estabilizador**

El conjunto de la viga del estabilizador se compone de una viga de estabilizador, un cilindro de gato, un cilindro de extensión, un potenciómetro en serie del sistema de monitoreo de estabilizadores OMS opcional; estándar en América del Norte y las mangueras y tornillería de montaje necesarias.

### **3.6.3. Cilindro de extensión**

Se utilizan dos cilindros de extensión en el conjunto de cada caja de estabilizador. Los cilindros de extensión proporcionan la fuerza para el movimiento horizontal de la viga del estabilizador. El cilindro pesa aproximadamente 53.2 kg 117.3 lb .

### **3.6.4. Cilindro de Gato**

Se usan cuatro cilindros de gato en esta grúa, uno en el extremo de cada viga de estabilizador. Los cilindros de gato proporcionan la fuerza para el movimiento vertical de la viga del estabilizador. El cilindro pesa aproximadamente 108.6 kg 239.4 lb .

### 3.7. Sistema Hidráulico

El sistema se describe en lo siguiente:

#### 3.7.1. Bomba Hidráulica

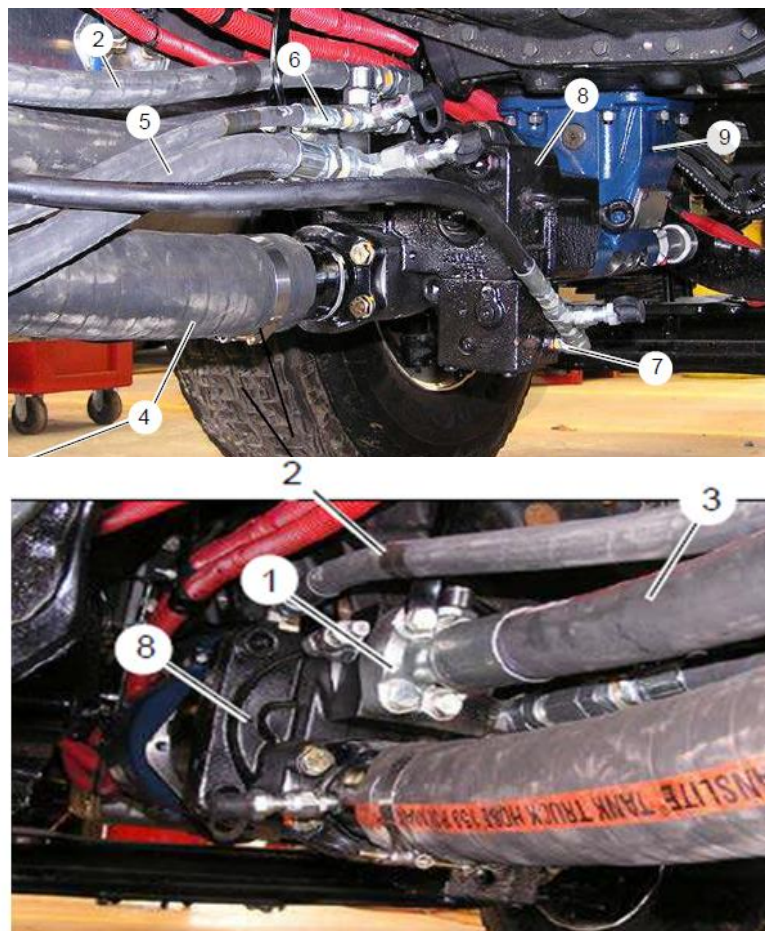


Figura N° 11. Bomba hidráulica de Grúa Telescópica.

Tabla 10. Partes del distribuidor de la bomba hidráulica..

| Item | Descripción                        |
|------|------------------------------------|
| 1    | Colector de la bomba               |
| 2    | Manguera 3/4 pulg D.I.             |
| 3    | Manguera 1 1/4 pulg D.I.           |
| 4    | Manguera 3 pulg D.I.               |
| 5    | Conjunto de Manguera 3/4 pulg D.I. |
| 6    | Manguera 3/8 pulg D.I.             |
| 7    | Manguera 3/8 pulg D.I.             |

| Item | Descripción        |
|------|--------------------|
| 8    | Bomba de pistones  |
| 9    | Toma de Fuerza TDF |

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) La bomba hidráulica es de émbolos axiales, convierte el par de entrada en potencia hidráulica. Donde la fuerza de giro se transmite a través de un eje de entrada a un bloque de cilindros. El bloque de cilindros giratorio contiene nueve émbolos de movimiento recíproco. Cada émbolo tiene una zapata de latón conectada a un extremo por una rótula. El movimiento recíproco de los émbolos se produce a medida que las zapatas se deslizan contra la placa oscilante durante el giro.

Una mitad del bloque de cilindros está conectada a la entrada de la bomba y la otra mitad a la salida de la bomba. A medida que cada émbolo se mueve hacia dentro y fuera de su cavidad, el fluido es aspirado desde la entrada y desplazado a la salida para suministrar potencia al circuito del sistema. Se deja que una pequeña cantidad de fluido “fugue” desde el bloque de cilindros/placa de válvula e interfaces de la zapata/placa oscilante para lubricación y enfriamiento. Se proporcionan lumbreras de vaciado de la caja para devolver el fluido al depósito

3.7.2. *Válvula de control de sentido DCV.*

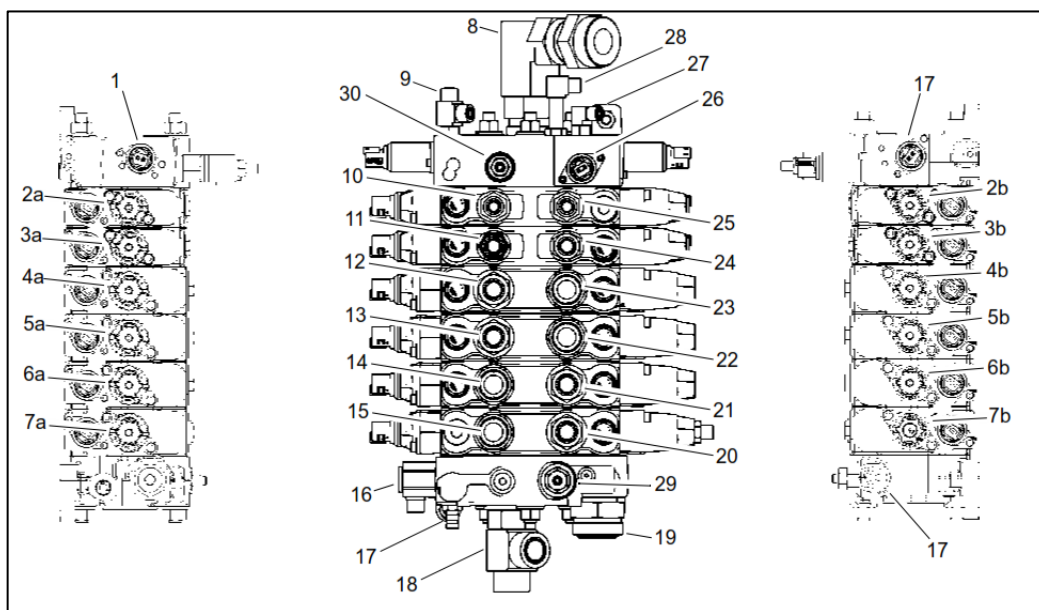


Figura N° 12. *Válvula de control de sentido DCV*

Tabla 11. *Partes de la Válvula de control de sentido DCV.*

| Ítem | Descripción                                  |
|------|--|
| 1    | Solenoido, CE                                |
| 2a   | Solenoido, AC                                |
| 2b   | N/C  |
| 3a   | Solenoido, giro en sentido horario           |
| 3b   | Solenoido, giro en sentido contrahorario     |
| 4a   | Solenoido, elevación de malacate auxiliar    |
| 4b   | Solenoido, bajada de malacate auxiliar       |
| 5a   | Solenoido, elevación de malacate principa    |
| 5b   | Solenoido, bajada de malacate principal      |
| 6a   | Solenoido, extensión telescópica de pluma    |
| 6b   | Solenoido, retracción telescópica de pluma   |
| 7a   | Solenoido, elevación de pluma                |
| 7b   | Solenoido, bajada de pluma                   |
| 8    | Lumbrera de depósito 2                       |
| 9    | Lumbrera S                                   |
| 10   | Lumbrera de trabajo, lumbrera A de AC        |
| 11   | Lumbrera de trabajo, giro en sentido horario |

| Item | Descripción  |
|------|--|
| 12   | Lumbrera de trabajo, elevación del malacate auxiliar |
| 13   | Lumbrera de trabajo, elevación del malacate principa |
| 14   | Lumbrera de trabajo, extensión telescópica de pluma  |
| 15   | Lumbrera de trabajo, elevación de la pluma           |
| 16   | Solenoides, SE                                       |
| 17   | Lumbrera de manómetro del LS                         |
| 18   | Lumbrera de presión                                  |
| 19   | Lumbrera de depósito                                 |
| 20   | Lumbrera de trabajo, bajada de la pluma              |
| 21   | Lumbrera de trabajo, retracción telescópica de pluma |
| 22   | Lumbrera de trabajo, bajada del malacate principal   |
| 23   | Lumbrera de trabajo, bajada del malacate auxiliar    |
| 24   | Lumbrera de trabajo, giro en sentido contrahorario   |
| 25   | Lumbrera de trabajo, lumbrera B de AC                |
| 26   | Solenoides, DE                                       |
| 27   | Lumbrera DB  |
| 28   | Lumbrera SR  |
| 29   | Válvula de alivio de detección de carga LSRV         |
| 30   | Válvula reductora de presión piloto                  |

La DCV controla el malacate, giro, cilindro de elevación, cilindro telescópico y equipo opcional, si lo tiene. La válvula se encuentra en el lado exterior, fuera de la cabina, de la superestructura.

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) se debe considerar tener una Inspección al DCV en busca de daños visibles, agarrotamiento en los carretes y evidencia de fugas. Si se sospecha que hay fugas internas excesivas durante el funcionamiento con el carrete en su posición central, es posible que la zona entre el carrete y la cavidad de la sección móvil del cuerpo de la válvula se haya desgastado más allá de sus límites reparables. Si esta condición existe, el carrete y el cuerpo deberán reemplazarse como un conjunto.

Fugas en válvulas El goteo de aceite hidráulico indica algún tipo de fuga externa. Ponga la máquina fuera de servicio de inmediato para repararla. Algunas veces las fugas externas se desarrollan en los adaptadores y sellos. Los sellos de los carretes son susceptibles a ello, pues están sujetos a desgaste.

Los sellos pueden dañarse como resultado de temperaturas excesivamente altas o por la acumulación de tierra o pintura en el carrete. Los sellos dañados deben sustituirse. Si el funcionamiento de algún componente demuestra una reducción en su eficacia, esto puede deberse a que la sección de la DCV tiene fugas internas. Si la verificación preliminar demuestra que se está suministrando un volumen adecuado de aceite al banco de válvulas afectado, que las válvulas de alivio están debidamente ajustadas y que el componente no está averiado, revise la válvula en busca de piezas con acanaladuras o desgastadas. Las acanaladuras son señal de la contaminación externa por polvo o interna por desperdicios de componentes deteriorados o aceite hidráulico oxidado. Los componentes acanalados o severamente desgastados deberán reemplazarse. Las válvulas de retención de la DCV están diseñadas para permitir que el aceite hidráulico fluya en un sentido solamente. Si una partícula de tierra o de herrumbre ha llegado a la válvula de retención y se aloja entre la leva y el asiento, mantendrá abierta a la válvula y permitirá que el aceite hidráulico fluya en sentido contrario. Limpie la válvula y revise que el filtro del sistema hidráulico todavía esté en condiciones de funcionamiento.

Agotamiento de carretes, Algunas de las causas más comunes de la rigidez de movimiento de los carretes o del atascamiento de los carretes son el calentamiento excesivo del sistema, presión excesiva, aceite hidráulico contaminado o deteriorado y la deformación de montajes. Cuando la causa se debe a la quemadura, deterioro o contaminación del aceite hidráulico, enjuague el sistema y llénelo con aceite hidráulico limpio. Si las cavidades de los carretes están muy acanaladas o excoriadas, será necesario retirar la válvula para darle mantenimiento.

Las combaduras suceden cuando las placas de montaje no están niveladas o si se deforman como resultado de daños en la máquina. Se pueden colocar suplementos en la válvula para nivelarla y corregir este problema.

Revise la válvula en busca de herrumbre. Las acumulaciones de herrumbre o tierra en las válvulas pueden impedir el movimiento libre de los carretes y evitar que lleguen a su posición central. La presión excesiva en el sistema puede crear fugas tanto internas como externas en las válvulas que en otras condiciones funcionarían bien. Cuando sea necesario efectuar ajustes de presión, estos deberán ser realizados únicamente por técnicos calificados que utilicen el equipo correcto para ello.

### ***3.7.3. Circuito de presión de suministro y retorno***

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) el sistema de presión de suministro y retorno está formado por varios circuitos que encaminan el aceite hidráulico de la bomba hidráulica a las válvulas de sentido para los circuitos operacionales individuales. El circuito de presión de suministro y retorno consta del depósito con filtro incorporado, la bomba hidráulica y un enfriador de aceite hidráulico. Los circuitos de presión de suministro y retorno envían aceite hidráulico de la bomba hidráulica a la válvula de control de sentido para los circuitos funcionales individuales. El circuito de suministro y retorno consta del depósito y filtro atornillable, la bomba hidráulica y un enfriador de aceite hidráulico.

### ***3.7.4. Colectores de estabilizadores***

Las funciones de estabilizadores son controladas por dos colectores ubicados cerca de las cajas de estabilizadores delanteros y traseros. El colector delantero contiene la válvula de extensión/retracción para los estabilizadores delanteros y traseros, las válvulas de componentes

del estabilizador delantero y la válvula del SFO opcional. El colector de estabilizadores traseros contiene las válvulas de componentes de los estabilizadores traseros.

Las válvulas son accionadas por solenoides que son controlados por teclados en cada lado de la grúa y en la cabina o por el control de estabilizadores inalámbrico opcional.

### **3.7.5. Depósito hidráulico y filtro**

El depósito Figura 9 está unido al frente de la caja de torsión. El depósito de acero tiene un filtro respiradero y un filtro de línea de retorno. Unos deflectores internos ayudan a enfriar el aceite hidráulico e impiden la formación de espuma.

El aceite hidráulico fluye a través de la línea de succión del depósito a la bomba. Las líneas de retorno o vaciado de la caja para el enfriador, la bomba y el malacate Figura 9 van directamente al depósito en lugar de a través del filtro.

Un tapón de vaciado magnético en la parte interior del depósito recolecta todas las partículas de metal del aceite hidráulico si este se contamina.

Un filtro Figura 10 está ubicado en la parte superior, dentro del depósito hidráulico, para proteger la bomba de la contaminación.

La tapa de llenado/respiradero 4, Figura 9 en la parte superior del depósito sirve para llenar el depósito. La tapa de llenado incluye un colador para recolectar contaminantes y empaquetaduras para impedir fugas. La tapa con respiradero, que es parte de la tapa de llenado, permite que el aire entre o salga del depósito. El respiradero debe mantenerse limpio para evitar que el depósito sufra daños.

Una mirilla se encuentra en el lado del depósito para indicar el nivel de aceite hidráulico.

La cubierta de acceso grande 5, Figura 9 en la parte superior del depósito proporciona acceso para limpieza. La cubierta está fijada a la parte superior del depósito con un solo perno y tiene una empaquetadura para impedir las fugas. El agujero de acceso también se puede utilizar para llenar el depósito después de que se ha vaciado por completo en el tapón de vaciado magnético en la parte inferior del depósito 11, Figura 9 .

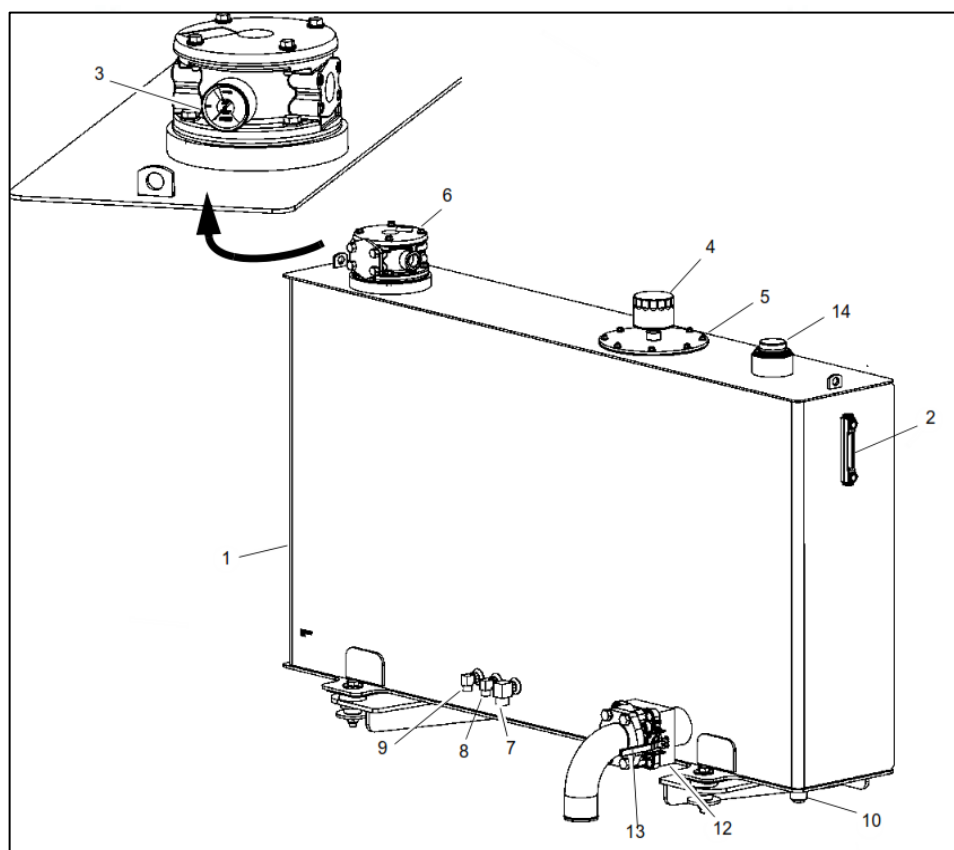


Figura N° 13. Deposito Hidráulico

Tabla 12. Partes de Deposito hidráulico

| Item | Descripción                           |
|------|---------------------------------------|
| 1    | Depósito hidráulico                   |
| 2    | Mirilla de nivel de aceite hidráulico |
| 3    | Manómetro vacío                       |
| 4    | Tapa de llenado/respiradero           |
| 5    | Cubierta de acceso                    |
| 6    | Filtro de retorno                     |
| 7    | Vaciado de la bomba                   |

| Item | Descripción   |
|------|---|
| 8    | Vaciado del adaptador giratorio                           |
| 9    | Vaciado de estabilizadores                                |
| 10   | Tapón de vaciado magnético del depósito                   |
| 11   | Manguera de aspiración de la bomba al adaptador giratorio |
| 12   | Válvula de corte para el adaptador giratorio              |
| 13   | Manija de la válvula de corte                             |
| 14   | Tapas de llenado  |

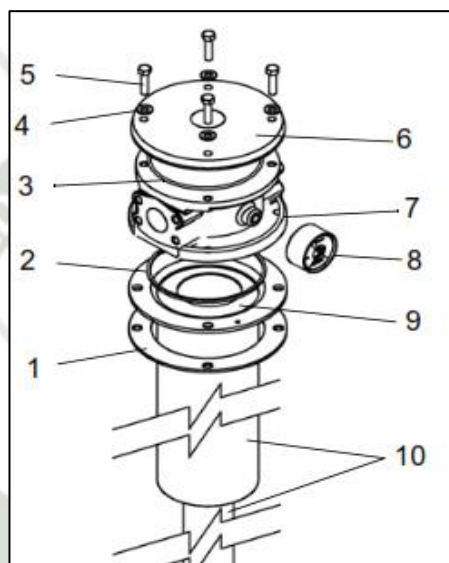


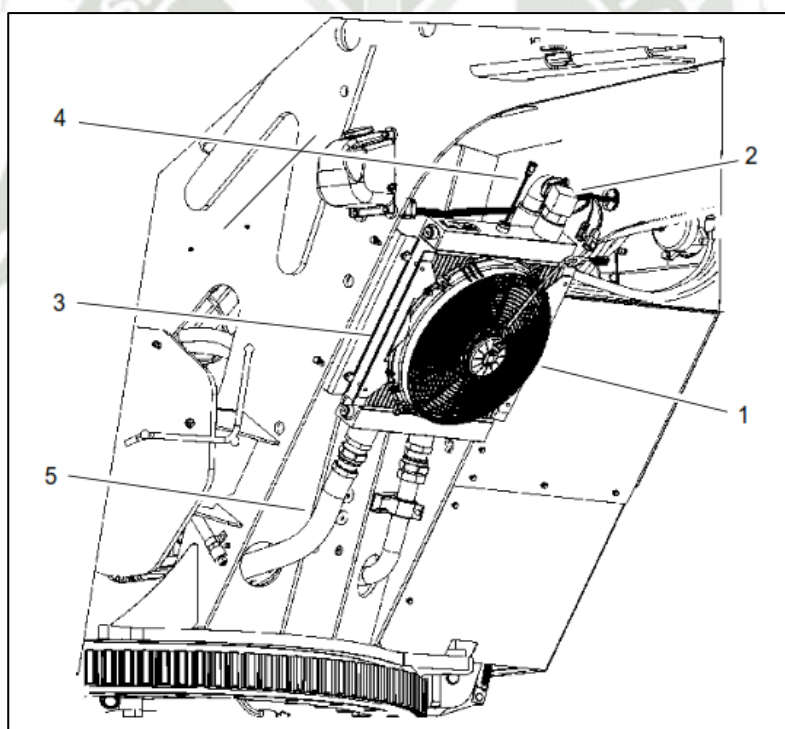
Figura N° 14. Filtro Hidráulico

Tabla 13. Filtro Hidráulico

| Item | Descripción         |
|------|---------------------|
| 1    | Empaquetadura       |
| 2    | Anillo "O"          |
| 3    | Anillo "O"          |
| 4    | Arandela            |
| 5    | Perno               |
| 6    | Cubierta            |
| 7    | Colector del filtro |
| 8    | Manómetro           |
| 9    | Elemento de filtro  |
| 10   | Cuerpo de filtro    |

### 3.7.6. *Enfriador de aceite hidráulico*

Manual Operación Grúa Telescopica Grove (2022) el enfriador de aceite hidráulico está instalado en la parte trasera de la torreta Figura 11 . El circuito de retorno del enfriador de aceite se conecta en paralelo con el circuito de retorno del depósito. Una válvula de retención de 29 psi en el circuito de retorno del depósito regula el caudal a través del enfriador de aceite. Se prioriza el caudal a través del enfriador de aceite hasta que se alcanzan los 29 psi. El aceite en exceso se deriva directamente al depósito para mantener esta presión. Cuando el aceite hidráulico está frío, la mayor parte del aceite retorna directamente al depósito. A medida que el aceite se calienta y se torna más delgado, más aceite pasa por el enfriador.



*Figura N° 15. Enfriador de aceite hidráulico*

*Tabla 14. Partes de Deposito hidráulico y filtro*

| <b>Ítem</b> | <b>Descripción</b>  |
|-------------|---------------------|
| 1           | Enfriador de aceite |
| 2           | Entrada             |
| 3           | Núcleo enfriador    |

| Item | Descripción                |
|------|----------------------------|
| 4    | Interruptor de temperatura |
| 5    | Tomacorriente              |

### 3.7.7. Válvulas hidráulica

Esta subsección proporciona información descriptiva para todas las válvulas hidráulicas de control que se utilizan en esta grúa. Para una lista de todas las válvulas, los circuitos en los cuales se utilizan y su ubicación física, consulte la Tabla 15. La descripción de cada válvula corresponde a la válvula individual. Para información sobre cómo funciona cada válvula en los circuitos individuales, consulte la descripción y los procedimientos de funcionamiento de ese circuito

*Tabla 15. Partes de Deposito hidráulico y filtro*

| Nombre de la válvula                                      | Circuito en que se utiliza   | Ubicación física   |
|---|--|--|
| Válvula de control de sentido DCV                         | Elevación, telescopización, malacates, giro y acondicionador de aire de la pluma | Montada en el exterior, fuera de la cabina de la torreta                                       |
| Válvulas de control eléctrico                             | Elevación, telescopización, malacates, giro y acondicionador de aire de la pluma | Montada en el exterior del DCV, fuera de la cabina de la torreta                               |
| Válvulas de retención                                     | Elevación y telescopización de pluma   | Bloque de lumbreras en cilindro, estabilizador   |
| Válvula equilibradora de motor del malacate               | Malacate   | En motor de malacate   |
| Selector de estabilizador delantero y colector de control | Estabilizador  | Dentro del bastidor de la caja de torsión delantero  |
| Colector de control de estabilizadores traseros           | Estabilizador  | Lado inferior de la caja de torsión trasera  |
| Válvula de retención activada por piloto                  | Estabilizadores  | Bloque de lumbreras de cada cilindro de gato 4 y cilindro del estabilizador delantero sencillo |
| Válvulas de caudal de velocidad de giro                   | Giro   | En motor de giro   |

| Nombre de la válvula  | Circuito en que se utiliza                  | Ubicación física   |
|---|---|--|
| Solenoides de control de velocidad alta del malacate            | Malacate                                    | En motor de malacate   |
| Válvula de alivio del estabilizador delantero sencillo opcional | Estabilizador                               | Incorporado al selector de estabilizador delantero sencillo y al colector de control |
| Válvula de inclinación de la cabina                             | Cabina inclinada                            | Montado dentro de la superestructura y debajo del pivote de la pluma                 |
| Derivación del enfriador de aceite de retención de leva         | Circuito de retorno del enfriador de aceite | Dentro de la torreta del lado del pasajero   |

### 3.8. Sistema de extracción y retracción de Pluma

Las siguientes secciones describen los componentes de la pluma de 5 secciones. La Figura 16, muestra una descripción general de los cables de extensión y retracción de la pluma de cinco secciones.

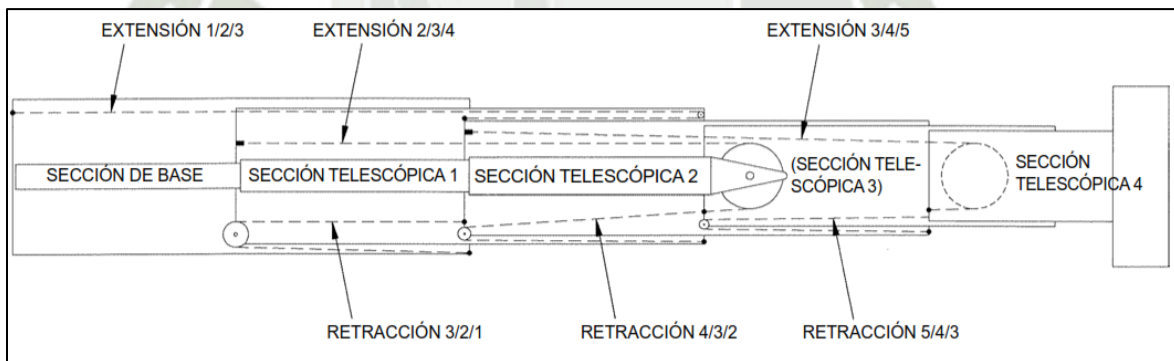


Figura N° 16. Sección de Pluma

#### 3.8.1. Cilindro Telescópico

Un cilindro de dos etapas, alimentado por varilla y de efecto doble (Figura 16) soporta las secciones de base, telescópica 1 y telescópica 2 de la pluma. El cilindro telescópico está conectado a las plumas de las secciones telescópicas 1 y 2 de la pluma. Los cables de extensión 2/3/4 están anclados en las secciones telescópicas 1 y 3 de la pluma.

### 3.8.2. Cables de extensión 3/4/5

Los cables de extensión 3/4/5 Figura 17 se conectan a la base de la sección telescópica 2 de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas de la punta de la sección telescópica 3 y se fijan a la base de la sección telescópica 4 y soportan la sección telescópica 4 de la pluma.

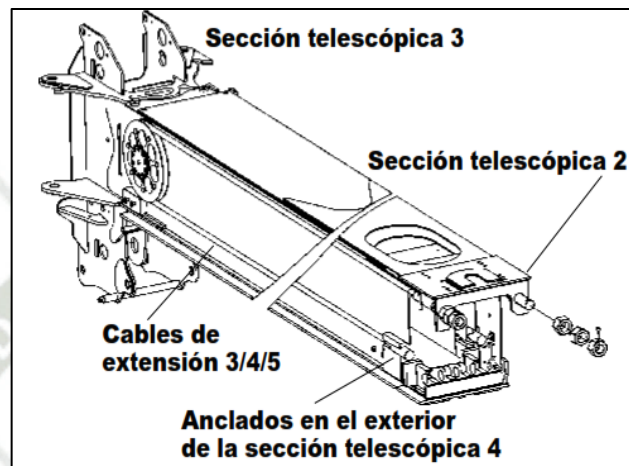


Figura N° 17. Segmento Cables de extensión 3/4/5

### 3.7.1. Cables de extensión 2/3/4

Los cables de extensión 2/3/4 Figura 18 se conectan a la base de la sección telescópica 1 de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas en la punta del cilindro telescópico y se fijan a la base y soportan la sección telescópica 3 de la pluma.

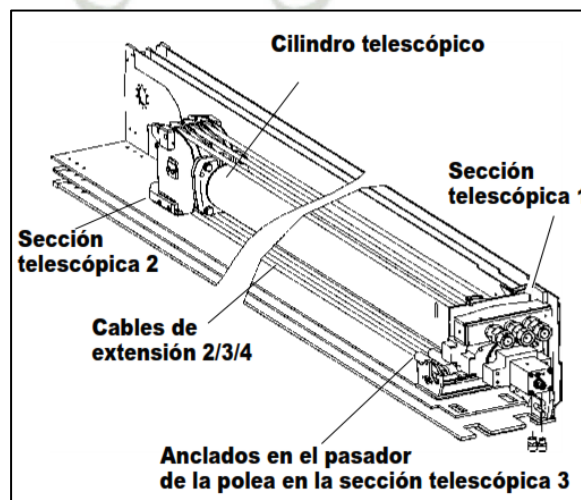


Figura N° 18. Segmento Cables de extensión 2/3/4

### 3.7.2. Cables de retracción 5/4/3

Los cables de retracción 5/4/3 Figura 19 se conectan a la base de la sección telescópica 4 de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas de la base de la sección telescópica 3 y se fijan a la punta de la sección telescópica 2 de la pluma.

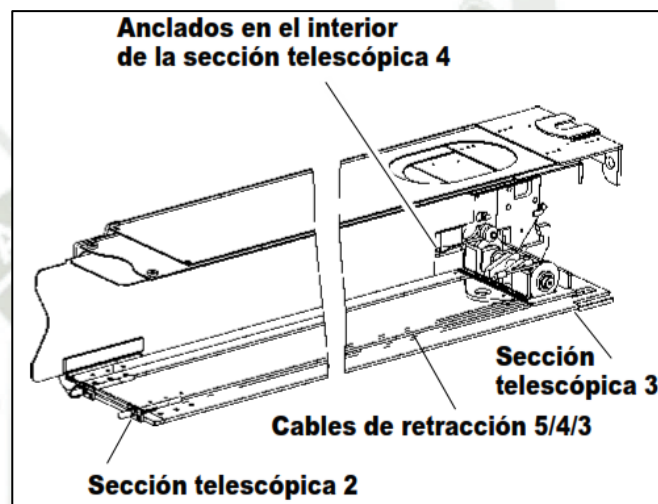
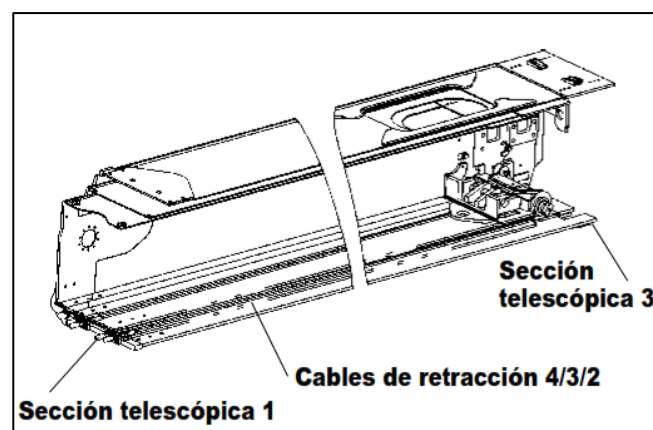


Figura N° 19. Segmento Cables de retracción 5/4/3

### 3.7.3. Cables de extensión 4/3/2

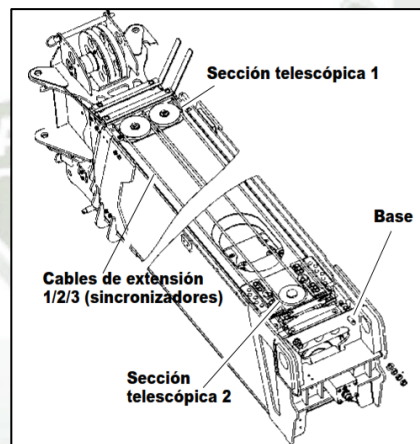
Los cables de retracción 4/3/2 Figura 20 se conectan a la base de la sección telescópica 3 de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas de la base de la sección telescópica 2 y se fijan a la punta de la sección telescópica 1 de la pluma.



*Figura N° 20. Segmento Cables de extensión 4/3/2*

### **3.7.4. Cables de extensión 1/2/3**

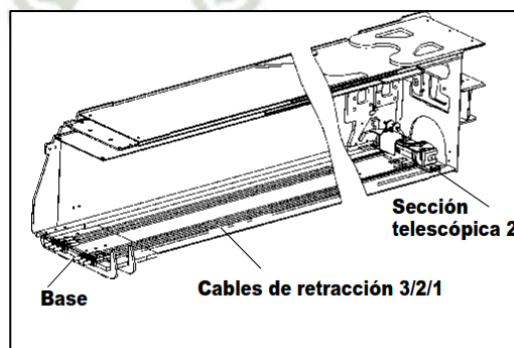
Los cables de extensión 1/2/3 cables sincronizadores Figura 21 se conectan a la parte trasera de la sección de base de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas de la punta de la sección telescópica 1 y se fijan a la parte trasera de la sección telescópica 2 de la pluma.



*Figura N° 21. Segmento Cables de extensión 1/2/3*

### **3.7.5. Cables de retracción 3/2/1**

Los cables de retracción 3/2/1 Figura 22 se conectan a la parte trasera de la sección telescópica 2 de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas de la parte trasera de la sección telescópica 1 y se fijan a la punta de la sección de base de la pluma.



*Figura N° 22. Segmento Cables de retracción 3/2/1*

Los cables de retracción 3/2/1 Figura 22 se oponen directamente a los cables sincronizadores Figura 4-8 para asegurar que las secciones telescópicas 1 y 2 de la pluma se extiendan y retraigan de modo uniforme en todo momento.

Los cables de retracción 4/3/2 Figura 20 se oponen directamente a los cables de extensión 2/3/4 Figura 4-6 para asegurar que las secciones telescópicas 2 y 3 se extiendan y retraigan de modo uniforme en todo momento.

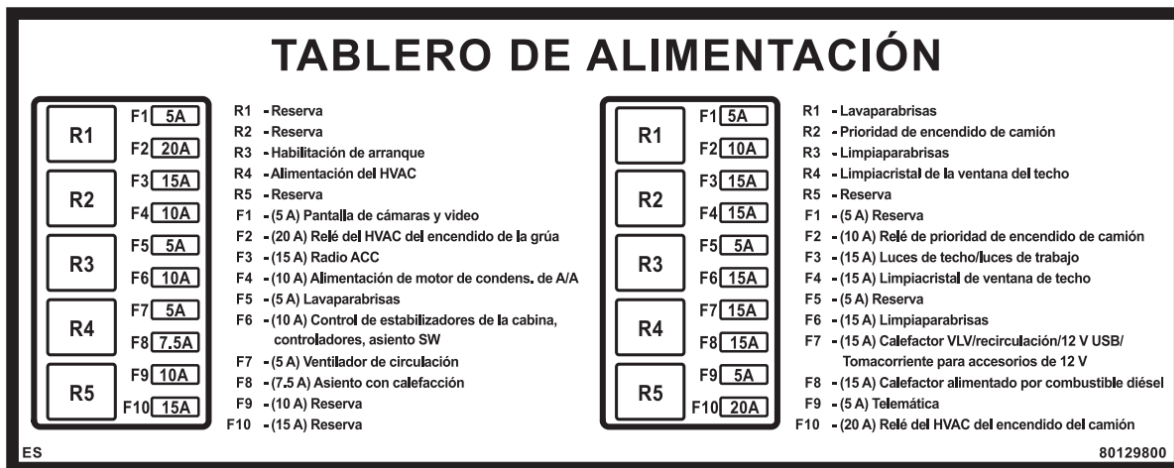
Los cables de retracción 5/4/3 Figura 19 se oponen directamente a los cables de extensión 3/4/5 Figura 4-4 para asegurar que las secciones telescópicas 3 y 4 se extiendan y retraigan de modo uniforme en todo momento

### ***3.9. Sistema del Sistema Eléctrico***

El sistema eléctrico del camión es un sistema estándar de 12 VCC tipo automovilístico que suministra alimentación para todas las funciones de la grúa. El arnés de alambrado se coloca a través del chasis del camión y contiene todos los circuitos de conexión entre el camión y la grúa.

#### ***3.9.1. Tablero de Módulos de cabina, fusibles y relés.***

El tablero de fusibles/relés de la cabina y la superestructura se encuentra detrás del asiento del operador. Quite los dos tornillos de apriete manual que aseguran el tablero de acceso a los bloques de fusibles, relés, módulo maestro de la grúa, módulos de la cabina y conectores de interfaz.



### 3.9.2. *Flujograma de Proceso*

La ubicación donde se desarrolla las diversas actividades de mantenimiento es dentro de la Minera Quellaveco ubicada en el sur de Perú en el Departamento de Moquegua, en la zona andina de Moquegua, a 4600 msnm con temperaturas de hasta -20°C. Además, atraviesa geografía de alta montaña con pendientes sumamente pronunciadas.



Figura N° 23. Ubicación de Mantenimiento de Maquinaria en Minera Quellaveco.

### 3.9.3. *Flujo de proceso principal*

El proceso de mantenimiento comienza cuando un equipo ingresa al taller para el mantenimiento preventivo o reparación programada a través de una orden de trabajo en

intervención del equipo, según sea el caso, se realiza esta tarea, en caso de que el equipo esté impedido hacer lo siguiente. Se reserva un compartimento de entrada para el equipo, una vez que el equipo está en su lugar, se comprueba el suministro y se ordena al taller para su intervención, por otro lado, realizamos de una vez por todas todo lo necesario para llevar a cabo el mantenimiento, una vez finalizado, se realizan las pruebas y los ajustes. realizado en el momento de la entrega de la máquina . Asimismo, se detalla un procedimiento de acción correctiva, primero realizando una evaluación, para luego determinar si la pieza puede ser reparada o en cualquier caso pedir un recambio con la adquisición de un repuesto nuevo, el siguiente paso es esperar esa pieza. Una vez que tenemos los componentes, ensamblamos el equipo, luego lo probamos y ajustamos para su entrega inmediata y así continuar con el cronograma de trabajo determinado al equipo.

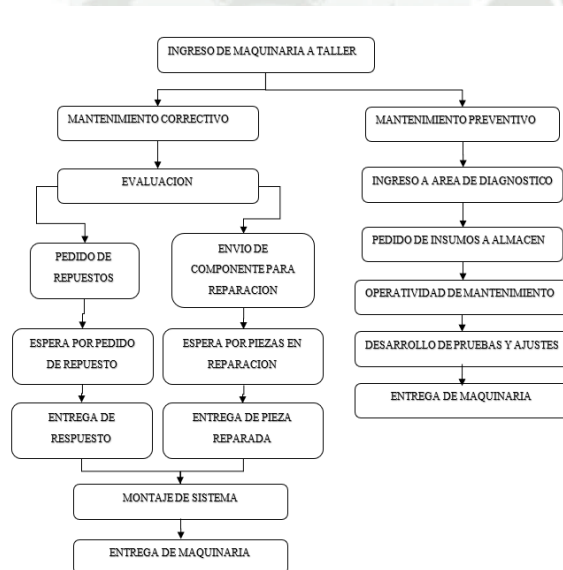


Figura N° 24. Flujograma de desarrollo de Mantenimiento.

Nota: (Olivares & Machaca, 2019)

### 3.9.4. Personal Operativo de Mantenimiento

El perfil de colaboradores en el mantenimiento está conformado por:

**Tabla 16.** Relación de Personal capacitado para el desarrollo de Mantto

| N° | CARGO                    | CANTIDAD |
|----|--------------------------|----------|
| 1  | Jefe de Maquinaria       | 1        |
| 2  | Supervisor de Servicios  | 2        |
| 3  | Supervisor de Seguridad  | 1        |
| 4  | Planer de Mantenimiento  | 2        |
| 5  | Técnicos mecánicos       | 20       |
| 6  | Almacenero               | 1        |
| 7  | Asistente Administrativo | 1        |

El desarrollo de los trabajos es con turno de 5 días laborables y 02 de descanso, en el tema operativo los turnos son de 8 días de trabajo y 6 días de descanso, teniendo en cuenta que existen 02 guardias

### **3.9.5. Desarrollo de la Intervención de mantenimiento**

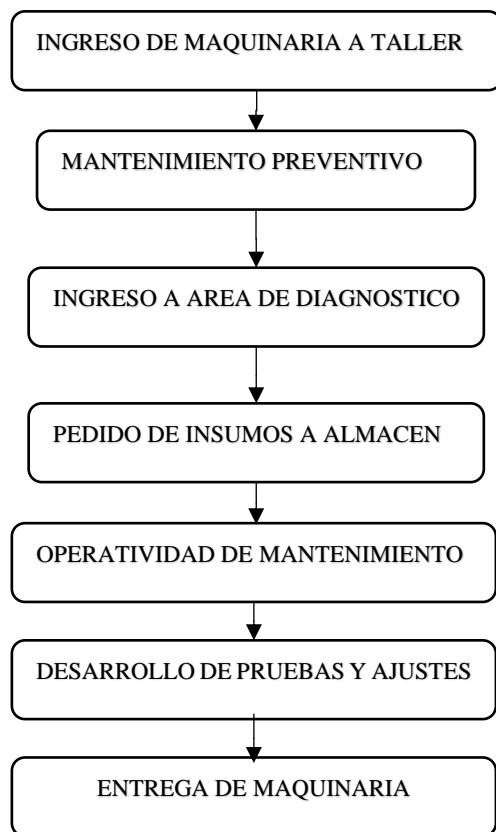
Según el diagnóstico realizado, existen 2 tipos de mantenimiento que se realizan en la actualidad, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, que se detallan a continuación en cuanto a cómo se lleva a cabo.

#### **a) Aplicación de Mantenimiento Preventivo**

Se desarrolla a intervalos específicos, generalmente cada 3 meses, trabajando en equipo, el proceso comienza cuando el área de planificación programa el mantenimiento semanal de los equipos, seguido de las áreas correspondientes. programado para mantenimiento preventivo es decir 250, 500, 1000, 2000 h .

Una vez que el equipo ingresa al taller, el mantenimiento se realiza de acuerdo con la prioridad de disponibilidad asignada por cada persona utilizada, siguiendo el orden en el que se han tomado las precauciones determinado, se ubica el equipo en el taller, luego se firman los formularios establecidos, se delimitan y configuran las áreas de trabajo. Una vez realizado lo

anterior, se realiza un procedimiento preventivo según el libro de servicio asignado a cada equipo, en base a un folleto emitido por el fabricante.



*Figura N° 25. Flujograma de Mantenimiento Preventivo desarrollado*

*Nota: Olivares & Machaca, 2019*

## **b) APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Durante el mantenimiento y reparación antes mencionado, se realizan observaciones y reparaciones de equipos. El proceso se realiza de la siguiente manera: nos hacemos cargo del dispositivo enviado por el usuario, nos dice qué falla repentina causó o qué daño causó. A esto le sigue una grabación de la Lista de verificación de entrada del dispositivo para documentar y notificar a todo el equipo técnico de servicio de los problemas con este dispositivo tenga en cuenta que las acciones correctivas en este dispositivo son diferentes entre sí, para que puedan cambiar en cualquier momento por tipo de punta . , marca, modelo, función, capacidad de

carga, tamaño, etc. caso por caso, luego firmar los formularios preparados, demarcar el área de trabajo y tapar el equipo, una vez hecho lo anterior se procede a la inspección de daños, procedimientos de reparación y si es necesario, se solicita una pieza de repuesto del stock para resolver el defecto indicado, si la pieza de repuesto no está en stock, el pedido se debe realizar en la fábrica con dos opciones de operatividad, el componente se repara si es factible, o Reemplazo programado con equipo que no funciona para mantenerlo en óptimas condiciones.



Figura N° 26. Flujograma de Mantenimiento Correctivo desarrollado.

Nota: Olivares & Machaca, 2019

### c) Aplicación de Control de Equipos

En este caso, se recogerá información de los informes, teniendo en cuenta los plazos de realización para tomar las medidas preventivas y correctoras oportunas. Como se indicó, los informes son la forma en que se prueba el equipo para determinar su condición real, son de

importancia primordial para desarrollar y verificar las métricas de mantenimiento del equipo; los informes de servicio se presentan como un ejemplo. Los reportes muestran las tareas realizadas de acuerdo al horario establecido cada semana, de la misma manera que se controlan las tareas y las horas realizadas en cada trabajo realizado A continuación, se muestran las horas de trabajo de los meses correspondientes al análisis de la presente investigación

*Tabla 17. Equipos con falta de Mantto según confiabilidad en el año 2020 - septiembre.*

| ITEM | CODIGO DE EQUIPO | TIPO DE MANTENIMIENTO   | HH  | CONDICION     | OBS. |
|------|------------------|---|-----|---------------|------|
| 1    | 0001500062       | descarga de cilindros telescópicos  | 170 | programada    | MC   |
| 2    | 0001500063       | PM 2000 hrs: mantenimiento mecánico/eléctrico de acuerdo a cartilla de Mantto | 132 | programada    | MP   |
| 3    | 0001500064       | evaluación del sistema de enfriador de aceite hidráulico                      | 120 | no programada | MC   |
| 4    | 0001500066       | evaluación de transmisión por falla electrónica                               | 80  | no programada | MC   |

*Tabla 18 Relación de Manttos año 2020 - septiembre*

| DESCRIPCION              | TOTAL, HORAS HOMBRE | INTERVENCIONES |
|--------------------------|---------------------|----------------|
| MANTENIMIENTO CORRECTIVO | 804                 | 16             |
| NO PROGRAMADA            | 429                 | 10             |
| PROGRAMADA               | 375                 | 6              |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 272                 | 5              |
| PROGRAMADA               | 272                 | 5              |
| <b>Total, general</b>    | <b>1076</b>         | <b>21</b>      |

*Tabla 19. Relación por falta de mantto según confiabilidad en el año 2020 - octubre.*

| ITEM | CODIGO DE EQUIPO | TIPO DE MANTENIMIENTO                           | HORAS HOMBRE | CONDICION  | OBS. |
|------|------------------|---|--------------|------------|------|
| 1    | 0001500067       | pm 250 hrs: mantenimiento mecánico/eléctrico de | 110          | programada | MP   |

| ITEM | CODIGO DE EQUIPO | TIPO DE MANTENIMIENTO   | HORAS HOMBRE | CONDICION  | OBS. |
|------|------------------|---|--------------|------------|------|
|      |                  | acuerdo a cartilla de Mantto, apoyo a soldadura   |              |            |      |
| 2    | 0001500068       | rellenado de aceite hidráulico  | 102          | programada | MP   |
| 3    | 00015663gr       | llenado de grasa al lubricador principal  | 100          | programada | MP   |
| 4    | 0001500068       | pm 250 hrs: lubricación general, toma de muestras cambio de filtros y aceite de motores | 92           | programada | MP   |

*Tabla 20. Relación de Manttos según ordenes de trabajo evaluados año 2020 - octubre*

| DESCRIPCION              | TOTAL, HORAS HOMBRE | CANTIDAD DE INTERVENCIONES |
|--------------------------|---------------------|----------------------------|
| MANTENIMIENTO CORRECTIVO | 456                 | 21                         |
| NO PROGRAMADA            | 125                 | 8                          |
| PROGRAMADA               | 331                 | 13                         |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 652                 | 14                         |
| PROGRAMADA               | 652                 | 14                         |
| <b>Total general</b>     | <b>1108</b>         | <b>35</b>                  |

De acuerdo con los resultados obtenidos por horas de trabajo y órdenes de intervención o mantenimiento, podemos diagnosticar las siguientes métricas de los meses evaluados para dicho proceso.

Como se muestra en la tabla anterior, en los meses de diagnóstico la disponibilidad fue baja en comparación con lo que debería ser porque estábamos obligados a suministrar al menos un 85% de las familias de Grúas telescópicas, Camiones grúa y grupos electrógenos, debido a la alta facturación de maquinaria se toma como critica mejorar la disponibilidad de la familia de las Grúas telescópicas.

### **3.9.6. Servicio y Almacén de Repuestos**

Esta área juega un papel muy importante para la disponibilidad de equipos, ya que muchos de ellos, si no el 100%, de los repuestos se ven en esta área.

Para ello se realizó un diagnóstico para verificar el proceso que desarrolló, luego de lo cual se detalló. Una vez identificada la pieza requerida en el manual respectivo, el supervisor solicitará primero un recambio por correo y la devolverá a stock, quien deberá encargarla de inmediato. Esta área se menciona en diagnósticos porque es muy importante en la disponibilidad de equipos, ya que nos provee de insumos, consumibles, repuestos, todo lo necesario para poder realizar eficazmente el trabajo del grupo. Asimismo, en el diagnóstico y estado de esta área, se observa que en muchos pedidos de repuestos tienen un retraso de varios meses, lo que afecta significativamente la disponibilidad de materias primas.

### **3.9.7. Seguridad y medio ambiente**

Es el conjunto de disposiciones que elabora la empresa en base a los alcances del Reglamento de Seguridad y Salud en Minería, incluyendo las particularidades de sus estándares operacionales, de su Sistema de Gestión de SSO y procedimientos internos de sus actividades. Se deberá hacer entrega del Reglamento Interno de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente a todos los trabajadores incluyendo a los trabajadores de empresas subcontratistas. La estructura básica de nuestro reglamento Interno de S.S.T. es la siguiente:

- Liderazgo, compromisos y Política de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Atribuciones y obligaciones de la empresa, de los supervisores, del Comité de Seguridad y Salud Ocupacional, de los trabajadores y empresas subcontratistas.
- Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional en las operaciones.
- Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional en actividades conexas.



## Capítulo IV

### 4. Metodología Mantenimiento Basado En El Riesgo

#### 4.1. Relación de Grúas telescópicas

La empresa cuenta con 04 grúas telescópicas de las marcas más reconocidas, las cuales se encargan de levantar todas las áreas de trabajo en una jornada laboral durante el período de 8 a 10 horas de operación, siempre teniendo en cuenta la planificación del área de productividad.

La capacidad de las grúas y camiones grúa esta puede variar según el equipo, gancho y winche determinado

**Tabla 21** Relación de Maquinaria según Familia de Grúas telescópicas.

| ÍTEM | CÓDIGO     | DESCRIPCIÓN      | PROPIETARIO      |
|------|------------|------------------|------------------|
| 1    | 0001500062 | GRUA TELESCOPICA | CUMBRA PERU S.A. |
| 2    | 0001500063 | GRUA TELESCOPICA | CUMBRA PERU S.A. |
| 3    | 0001500064 | GRUA TELESCOPICA | CUMBRA PERU S.A. |
| 4    | 0001500066 | GRUA TELESCOPICA | CUMBRA PERU S.A. |

De acuerdo a las tablas antes mostradas se procedió a indicar la flota de equipos la cual estará en evaluación para el desarrollo de la metodología RCM

#### 4.1.1. Condiciones Iniciales de Maquinaria.

Para poder determinar nuestra posición desde el punto de partida, se presenta la siguiente tabla mostrando la disponibilidad actual en la que se encuentra la diferente maquinaria.

**Tabla 22.** Disponibilidad de Grúas telescópicas en el Año 2020.

| ÍTEM | CÓDIGO     | DESCRIPCIÓN      | DISPONIBILIDAD |
|------|------------|------------------|----------------|
| 1    | 0001500062 | GRUA TELESCOPICA | 75%            |
| 2    | 0001500063 | GRUA TELESCOPICA | 71%            |
| 3    | 0001500064 | GRUA TELESCOPICA | 70%            |
| 4    | 0001500066 | GRUA TELESCOPICA | 76%            |

Como podemos visualizar la disponibilidad en la familia de las grúas telescópicas de los equipos está con un promedio de 73% por debajo de la requerida por un análisis basado en confiabilidad de la maquinaria.

#### **4.1.2. Condiciones de fallas recurrentes**

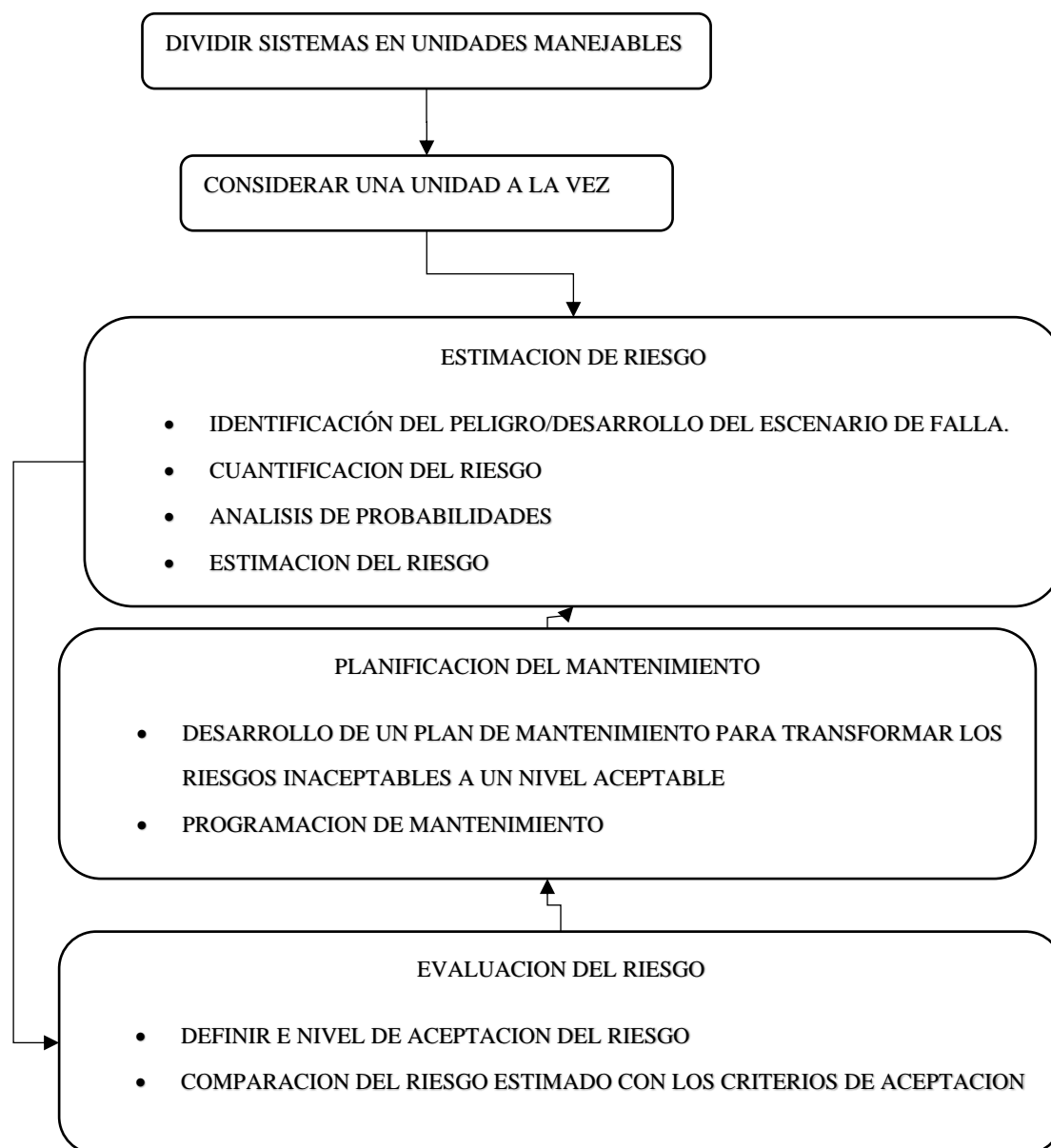
Verificando todos los reportes de la maquinaria, las fallas más frecuentes en cada sistema, esta información es de suma importancia para localizar la raíz de las fallas. Seguido se detalla las fallas, cabe recalcar que el sistema con más fallas es el sistema hidráulico. Según los reportes y el diagnóstico mostrado se presentan fallas más frecuentes en cada sistema y la ponderación de dichas fallas

| ITEM | TIPO DE SISTEMA DE MAQUINARIA         | CANTIDAD DE FALLAS % |
|------|---------------------------------------|----------------------|
| 1    | SISTEMA HIDRAULICO                    | 52%                  |
| 2    | SISTEMA ELECTRICO                     | 26%                  |
| 3    | IMPLEMENTACION DEL EQUIPO             | 18%                  |
| 4    | SISTEMA MECANICO, CHACIS Y ESTRUCTURA | 04%                  |

#### **4.1.3. Condiciones de mantenimiento basado en riesgo.**

El mantenimiento basado en el riesgo es una manera de descubrir cómo utilizar el tiempo, el dinero y los recursos humanos de forma más económica, esto significa que se deben

dejar de lado algunas tareas. Sin embargo, minimizarás los riesgos y protegerás los intereses de la empresa.



*Figura N° 27. Flujograma de mantenimiento basado en riesgo.*

*Nota: Olivares & Machaca, 2019*

a. En el primer paso se calcularán los indicadores de mantenimiento que son:

Disponibilidad, es la relación que existe entre el tiempo medio de las fallas y las sumas del tiempo medio entre fallas y tiempos medios para reparar.

Confiabilidad, es el número neperiano elevado a la relación entre el producto del negativo de la tasa de fallas con el tiempo programado y entre cien.

Mantenibilidad, es la resta que existe entre la unidad y el neperiano elevado a la relación del producto del negativo de la tasa de reparaciones con el tiempo programado de reparación entre cien.

- b. En el segundo paso se calcula la criticidad, que es el producto de la frecuencia de fallas por la consecuencia, donde la consecuencia es el Impacto Operacional, Flexibilidad Operacional, Costos del Mantenimiento e Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana.
- c. Tercer paso. Procedimiento, se evaluará los componentes críticos a través de hojas de información. Las tres primeras preguntas del AMEF, para luego en las hojas de decisiones responder a las siguientes preguntas del AMEF.
- d. Cuarto paso se calculará el número de prioridad de riesgos que es la multiplicación de tres factores adimensionales: Gravedad, Ocurrencia y Detección.
- e. Quinto paso a través de las horas reducidas por paradas de las fallas intolerables, se determina los indicadores del mantenimiento y se compara con los actuales.



## CAPITULO V

### 5. Aplicación y análisis de la metodología del MBR

- De acuerdo a la Grúa Telescópica con código 0001500064 tuvo 34 intervenciones en el AÑO 2021 del cual se aplicará la frecuencia de falla según la tabla

$$\text{INTERVENCIONES} = 34 \frac{\text{FALLAS}}{\text{AÑO}}$$

$$\text{CALIFICACION DE 20 – 40 FALLAS/AÑO} = 03$$

| CRITICIDAD                    | CALIFICACION |
|-------------------------------|--------------|
| <b>Frecuencia de falla</b>    |              |
| <b>Mayor a 40 fallas/año</b>  | 4            |
| <b>20-40 fallas/año</b>       | 3            |
| <b>10-20 fallas/año</b>       | 2            |
| <b>Mínimo de 10 falla/año</b> | 1            |

- Calificación de IMPACTO OPERACIONAL

| Impacto Operacional  | CALIFICACION |
|--|--------------|
| <b>Parada inmediata de toda empresa</b>                                  | 10           |
| <b>Parada de una línea de producción de la empresa</b>                   | 6            |
| <b>Impacto a niveles de producción o calidad</b>                         | 4            |
| <b>Repercute a costos operacionales adicionales indisponibilidad</b>     | 2            |
| <b>No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones</b> | 1            |

CALIFICACION DE PARADA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA O RETRASO

= *I.O.*

$$I.O. = 6$$

- Calificación de FLEXIBILIDAD OPERACIONAL

| Flexibilidad Operacional  | CALIFICACION |
|---|--------------|
| <b>No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo</b> | 4            |
| <b>Hay opción de equipo compartido</b>                              | 2            |

**Función de repuesto disponible**

1

CALIFICACION HAY OPCIÓN DE EQUIPO COMPARTIDO O = *F. O.*

*F. O. = 2*

➤ Calificación de COSTO DEL MANTENIMIENTO

| <b>Costo del mantenimiento</b>          | <b>CALIFICACION</b> |
|---|---------------------|
| <b>Mayor o igual a S./ 80 240.00</b>    | 2                   |
| <b>Menor o inferior a S./ 80 240.00</b> | 1                   |

De acuerdo a la evaluación de costos en la familia de Grúas telescópicas en facturación del mes de agosto del 2021 tiene un costo de \$140,080 en soles viene a ser S/ 560,320.00 los cuales se categoriza con calificación 02

| <b>FAMILIA DE MAQUINARIA</b> | <b>SUMA TOTAL DE COSTO EQUIPOS dólares</b> | <b>SUMA TOTAL COSTOS DE HRS TRABAJADA S dólares</b> | <b>SUMA TOTAL COSTOS STAND BY dólares</b> |
|------------------------------|--|---|---|
| <b>GRUA TELESCOPICA</b>      | 140,080                                    | 105,383   | 34,697                                    |
| <b>Total general</b>         | 694,787                                    | 524,868   | 169,919                                   |

CALIFICACION MAYOR O IGUAL A S./ 80 240.00 = *C. M.*

*C. M. = 2*

➤ Calificación de EN LA SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA

| <b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>            | <b>CALIFICACION</b> |
|--|---------------------|
| <b>Afecta la seguridad humana tanto externa como interna</b> | 5                   |
| <b>Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles</b>    | 4                   |
| <b>Afecta las instalaciones causando daños severos</b>       | 3                   |
| <b>Provoca daños menores accidentes o incidentes</b>         | 2                   |

**Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las  
normas**

1

CALIFICACION PROVOCA DAÑOS MENORES ACCIDENTES O INCIDENTES = S. A. H

$$SAH = 2$$

➤ Aplicamos la Ecuación 9

Formula:

$$CONSECUENCIA = IO * FO * CM * SAH \dots \dots Ec.9$$

Donde:

- IO: Impacto operacional
- FO: Flexibilidad operacional
- SAH: Seguridad Ambiental y Humana
- CM: Costo de mantenimiento

$$CONSECUENCIA = 6 * 2 * 2 * 2$$

$$CONSECUENCIA = 48$$

Aplicamos la Ecuación 8

$$CRITICIDAD = CONSECUENCIA X FRECUENCIA DE FALLOS \dots \dots Ec.8$$

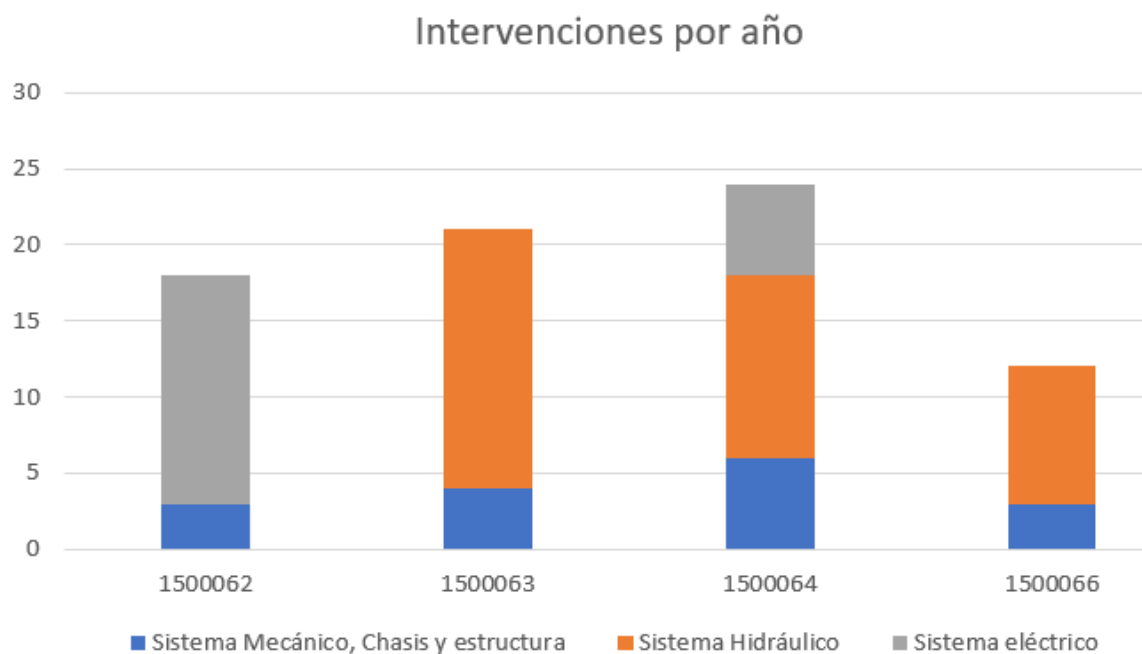
$$CRITICIDAD = 48 X 3 = 144$$

➤ Matriz de criticidad:

|                   |   |                      |       |       |        |         |
|-------------------|---|----------------------|-------|-------|--------|---------|
| <b>FRECUENCIA</b> | 5 | M                    | M     | A     | MA     | MA      |
|                   | 4 | M                    | M     | A     | A      | MA      |
|                   | 3 | B                    | M     | M     | A      | MA      |
|                   | 2 | B                    | B     | M     | A      | MA      |
|                   | 1 | B                    | B     | M     | A      | MA      |
|                   |   | 0-30                 | 30-60 | 60-90 | 90-120 | 120-200 |
|                   |   | <b>CONSECUENCIAS</b> |       |       |        |         |

### 5.1. Evaluación de los Indicadores de Mantto de la Maquinaria Pesada Año 2021

a) Evaluación de intervenciones de grúas telescópicas



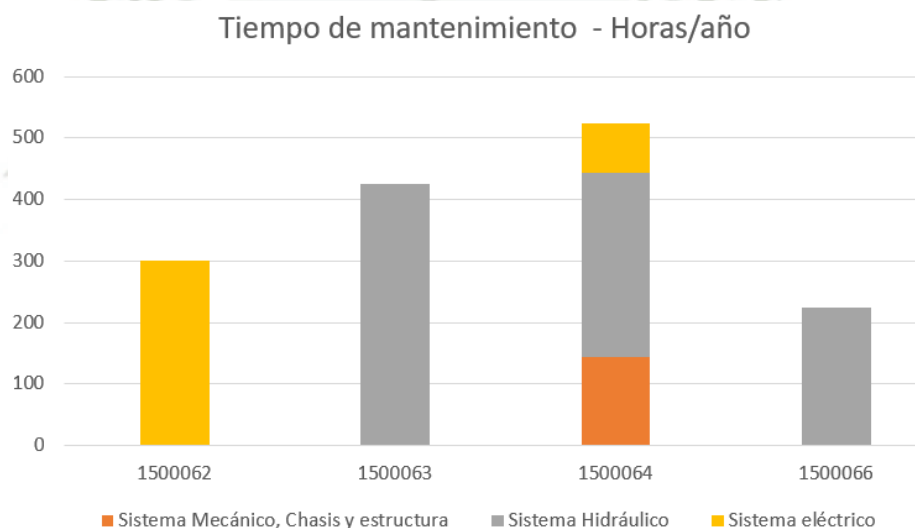
Grafica 1. Intervenciones de Mantenimiento en grúas telescópicas según códigos.

Tabla 23. Cantidades de intervenciones en el Año 2021

| FALLAS                                       | 0001500062 | 0001500063 | 0001500064 | 0001500066 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| <b>Sistema Mecánico, Chasis y estructura</b> | 3          | 4          | 6          | 3          |
| <b>Sistema Hidráulico</b>                    |            | 17         | 12         | 9          |
| <b>Sistema eléctrico</b>                     | 15         |            | 6          |            |
| <b>Sub Total</b>                             | 18         | 21         | 24         | 12         |

Se interpreta de la tabla N°16 que la cantidad de intervenciones son más incidentes en el sistema eléctrico, del cual se debe atender en tareas de mantenimiento de rutina innecesarias o excesivamente intrusivas son la causa en muchos casos de mortalidad inicial en un equipo. Se debe evitar realizar trabajos innecesarios y elegir mantenimientos que tengan el menor impacto en el funcionamiento del dispositivo. El mantenimiento de rutina debe mantenerse al mínimo estricto, es decir, intervenciones menos desestabilizadoras que no causan problemas que podrían haberse previsto o evitado. La premisa de "mantener lo menos posible" toma contundencia a realizar un plan de mantenimiento.

Tiempo de mantenimiento para reparar la maquinaria en el periodo del año 2021 en el desarrollo de la construcción de la planta concentradora en los diferentes frentes de trabajo



Grafica 2. Tiempo de mantenimiento desarrollados por las diferentes grúas telescópicas en la construcción de la planta concentradora

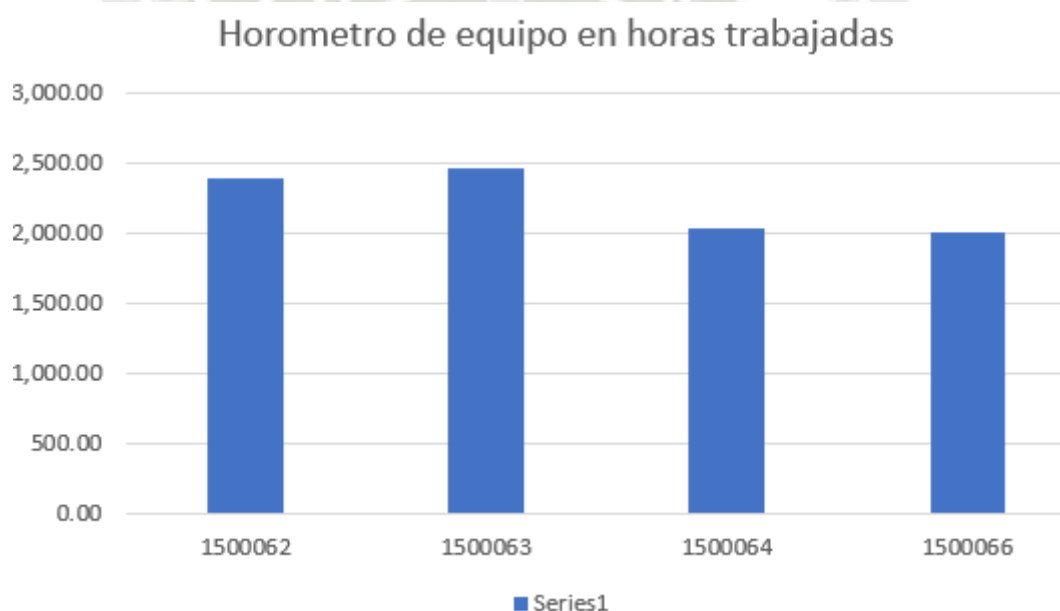
Tabla 24. Horas relacionadas al mantenimiento realizado a las Grúas telescópicas.

| FALLAS                                | 0001500 | 0001500 | 0001500 | 0001500 | TOTAL |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Sistema Mecánico, Chasis y estructura | 0       | 0       | 144     | 0       | 120   |

| FALLAS             | 0001500 | 0001500 | 0001500 | 0001500 | TOTAL       |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Sistema Hidráulico | 0       | 425     | 300     | 225     | <b>2750</b> |
| Sistema eléctrico  | 300     | 0       | 80      | 0       | <b>2120</b> |
| <b>Sub Total</b>   | 300     | 425     | 524     | 225     | 4990        |

Se interpreta de la tabla N°17, que el tiempo más utilizado en el desarrollo del mantenimiento está en el sistema hidráulico de las grúas telescópicas.

Evaluación de vida operativa o útil de la maquinaria que proporcione problemas en el año 2021 en respecto a la disponibilidad baja con promedio del 73%



*Grafica 3. Horas Trabajadas en grúas*

Resumen de relación de equipos de maquinaria conforme a hrs, del cual se interpreta

| Código            | Hrs<br>Trab |
|-------------------|-------------|
| <b>0001500062</b> | 2,393.50    |
| <b>0001500063</b> | 2,457.70    |
| <b>0001500064</b> | 2,030.00    |
| <b>0001500066</b> | 2,010.00    |

Revisión del tiempo promedio para reparar dentro del mantenimiento actual en la maquinaria – Grúa Telescópica código 0001500064 como referencia al cálculo.

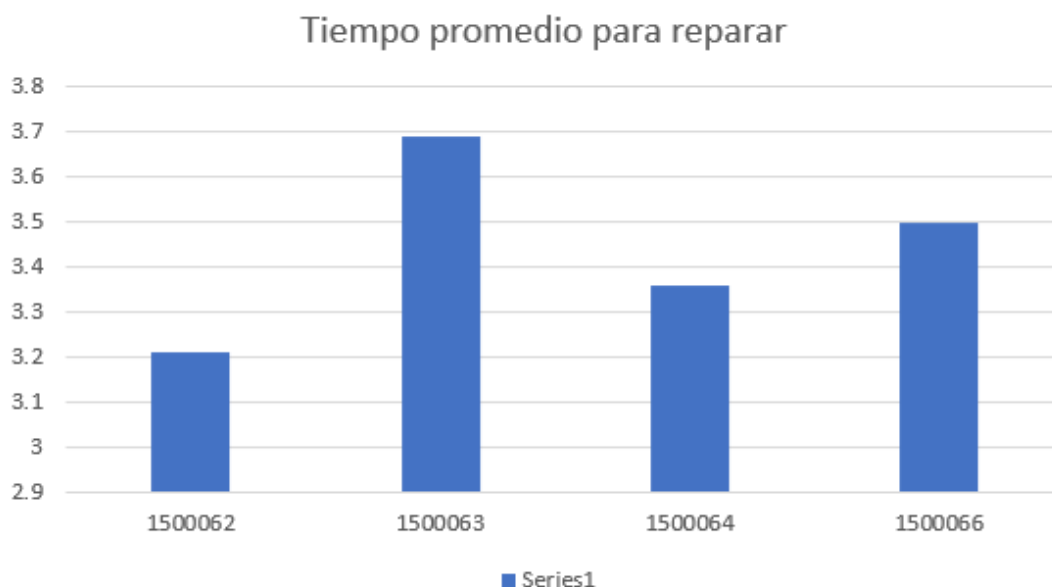
Tabla 25. *TPPR de Grúas telescópicas – 1er Semestre 2022*

| Descripción de Mantenimiento                                       | Horas de actividad promedio |
|--|-----------------------------|
| Nivel de aceite es demasiado bajo                                  | 3.6                         |
| Restricción en la línea de succión de la bomba.                    | 4.0                         |
| Entrada de aire a la línea de succión.                             | 5.9                         |
| Mala alineación entre la toma de fuerza y la conexión de la bomba. | 3.5                         |
| Cavitación en el elemento impulsor.                                | 4.0                         |
| La presión de respaldo de la bomba es demasiado baja.              | 5.9                         |
| La válvula de bloqueo de herramientas está defectuosa.             | 4.3                         |
| La señal de la bomba no está drenando.                             | 3.0                         |
| El aceite hidráulico no llega a la bomba.                          | 5.0                         |
| No hay presión en el sistema                                       | 3.8                         |
| Palancas de mando desgastados                                      | 3.5                         |
| Uso diario. Rozamiento con el chasis.                              | 3.9                         |
| Fugas de aceite pérdida de presión                                 | 4.2                         |
| Potencia a la toma de fuerza.                                      | 3.2                         |
| Retenes o empaques Dañados o mal montados.                         | 5.5                         |
| Presión hidráulica insuficiente.                                   | 4.0                         |
| Líneas hidráulicas demasiado largas.                               | 4.0                         |
| Falta de lubricación   | 5.9                         |
| Desgaste del cable   | 3.5                         |

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{\sum n} \dots \dots \text{Aplicaciomos la Ec. 3}$$

$$TPPR = \frac{3.6 + 4.0 + 5.9 + 3.4 + 4.0 + 5.9 + 4.3 + 3.0 + 5.0 + 3.8 + \dots + 4.0 + 4.0 + 4.9 + 3.5}{24}$$

$$TPPR = 3.36 \frac{HORAS PARA REPARAR}{FALLAS}$$



*Grafica 4. Tiempo promedio para reparar una Grúa Telescópica*

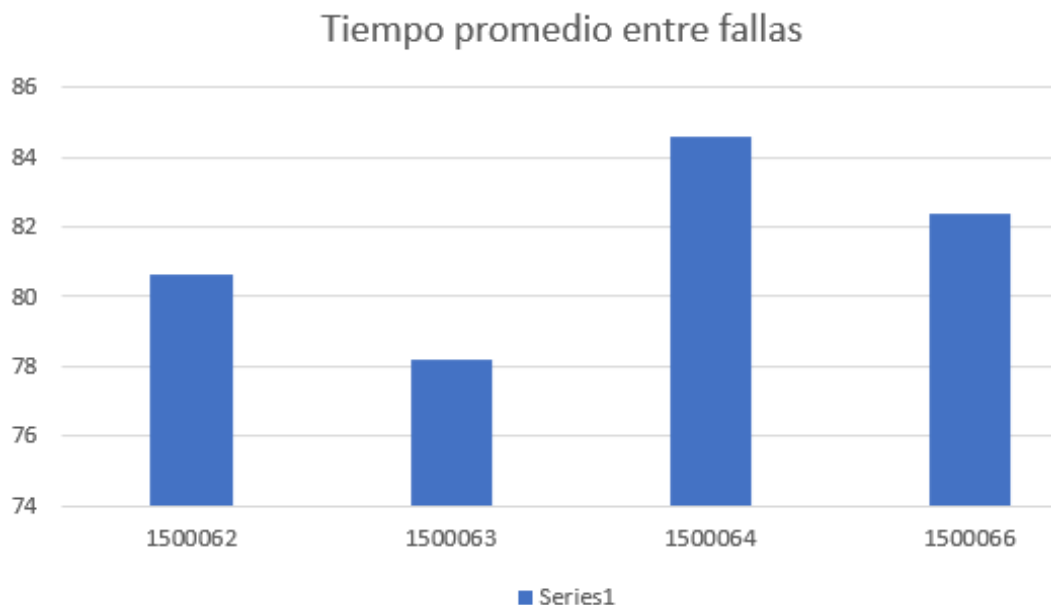
| Código            | TPPR |
|-------------------|------|
| <b>0001500062</b> | 3.21 |
| <b>0001500063</b> | 3.69 |
| <b>0001500064</b> | 3.36 |
| <b>0001500066</b> | 3.50 |

Resumen de relación de equipos de maquinaria conforme a TPPR, del cual se interpreta:

Revisión del tiempo promedio entre fallas dentro del mantenimiento actual en la maquinaria – Grúa Telescópica código 0001500064 como referencia al cálculo.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF}{\Sigma n} = \frac{2,030.00}{24} \dots \dots \text{Aplicaciomos la Ec. 2}$$

$$TPEF = 84.58 \frac{HORAS OPERACION}{FALLA}$$



*Grafica 5. Tiempo promedio entre fallas relacionadas a las grúas telescópicas*

Resumen de relación de equipos de maquinaria conforme a TPEF, del cual se interpreta:

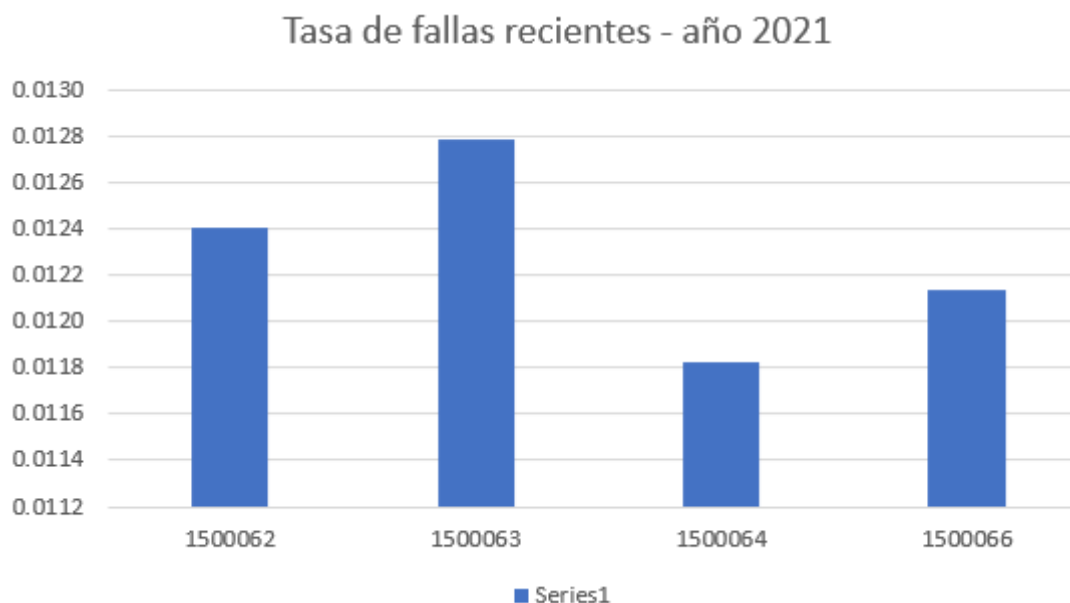
| Código            | TPEF  |
|-------------------|-------|
| <b>0001500062</b> | 80.63 |
| <b>0001500063</b> | 78.21 |
| <b>0001500064</b> | 84.58 |
| <b>0001500066</b> | 82.40 |

Revisión de la Tasa de fallas actual de mantenimiento en la maquinaria – Grúa Telescópica código 0001500064 como referencia al cálculo.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF} = \frac{1}{84.58 \frac{HORAS OPERACION}{FALLA}} \dots \dots \text{Aplicamos la Ec. 5}$$

$$\lambda = 0.0118 \frac{FALLAS}{FALLAHORAS DE OPERACION}$$

Grafica 6. Tasa de Fallas recientes por grúas telescópicas en el año 2021



Resumen de relación de equipos de maquinaria conforme a la tasa de fallas, del cual se interpreta:

| <b>Código</b>     | <b>Tasa de Fallas</b> |
|-------------------|-----------------------|
| <b>0001500062</b> | <b>0.0124</b>         |
| <b>0001500063</b> | <b>0.0128</b>         |
| <b>0001500064</b> | <b>0.0118</b>         |
| <b>0001500066</b> | <b>0.0121</b>         |

Revisión de la Tasa de reparación actual de mantenimiento en la maquinaria – Grúa Telescópica código 0001500064 como referencia al cálculo.

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}} = \frac{1}{3.36 \frac{\text{HORAS REPARACION}}{\text{FALLA}}}$$

$$\mu = 0.29 \frac{\text{FALLAS}}{\text{HORAS REPARACION}}$$

Tabla 26. Valores de las tasas de reparación obtenido en MBR..

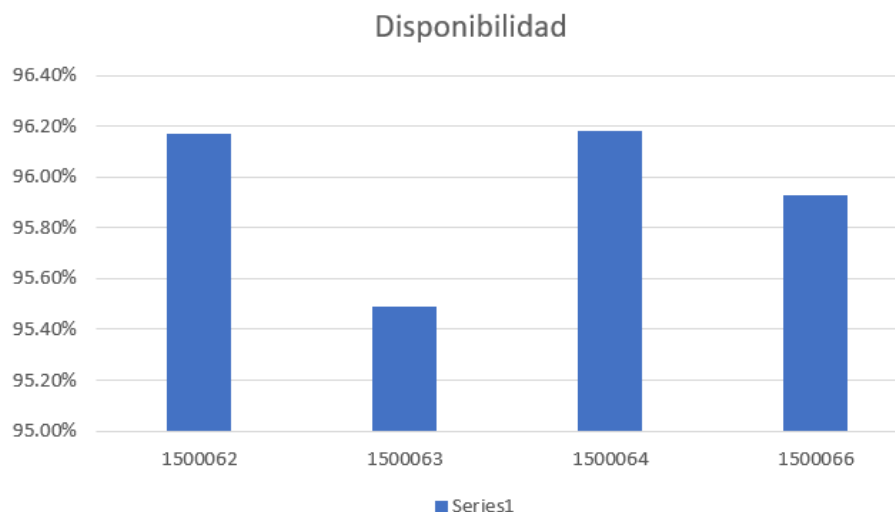
| Código     | TPPR | TASA DE REPARACIONES | DISPONIBILIDAD |
|------------|------|----------------------|----------------|
| 0001500062 | 3.21 | 1.2%                 | 96.17%         |
| 0001500063 | 3.69 | 1.3%                 | 95.49%         |
| 0001500064 | 3.36 | 1.2%                 | 96.18%         |
| 0001500066 | 3.50 | 1.2%                 | 95.93%         |

Grafica 7. Porcentajes según la tasa de reparaciones evaluado por cada grúa telescópica.

Realizando el cálculo con la implementación del mantenimiento en riesgo según la criticidad de la maquinaria se tiene la siguiente disponibilidad de las grúas telescópicas en operación del presente año 2021.

$$D = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}} \dots \dots \text{Aplicando la Ec. 1}$$

Logrando una disponibilidad promedio de 96.18%



*Gráfica 8. Disponibilidad nueva obtenida en base a un análisis de riesgo.*

Se interpreta de las gráfica N°8, conforme a la tasa de reparaciones se visualiza la mejora de disponibilidad del 80 a 90 % en la familia de grúas.

### 5.2. Resumen de Maquinas Criticas

*Tabla 27. Relación de Maquinas criticas obtenidas en el análisis de riesgo.*

| Código            | Intervenciones/<br>año | Frecuen<br>cia de<br>falla | I.<br>O | F.<br>O | C.<br>M | SA<br>H | Consecuen<br>cia | Nive<br>l de<br>riesg<br>o |
|-------------------|------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|----------------------------|
| <b>0001500062</b> | 15                     | 2                          | 10      | 2       | 2       | 5       | 200              | muy<br>alto                |
| <b>0001500063</b> | 12                     | 2                          | 10      | 2       | 2       | 5       | 200              | muy<br>alto                |
| <b>0001500064</b> | 34                     | 3                          | 10      | 2       | 2       | 5       | 200              | muy<br>alto                |
| <b>0001500066</b> | 27                     | 3                          | 10      | 2       | 2       | 5       | 200              | muy<br>alto                |

### 5.2.1. Índices de Riesgo para maquinaria crítica

Realizamos la evaluación según la gravedad , ocurrencia y detección de las fallas comunes en lo general de las grúas telescópicas.

A continuación se presenta los índices de riesgos encontrados en las maquinas criticas donde la falla representa los resultados de analizados de cada grua considerando la clasificación de falla en los equipos y la experiencia de los operadores y personal del área de mantenimiento, evaluando lo siguiente:

Tabla 28. Índices de riesgo según maquinas criticas

| Item | Falla  | Índices de riesgo |            |           | Resultados<br>NPR=G*O*D | Clasificación<br>de la falla |
|------|--|-------------------|------------|-----------|-------------------------|------------------------------|
|      |  | gravedad          | ocurrencia | detección |                         |                              |
| 1    | Nivel de aceite es demasiado bajo                                  | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 2    | Restricción en la línea de succión de la bomba.                    | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 3    | Entrada de aire a la línea de succión.                             | 5                 | 5          | 4         | 100                     | fallas aceptables            |
| 4    | Mala alineación entre la toma de fuerza y la conexión de la bomba. | 5                 | 5          | 4         | 100                     | fallas aceptables            |
| 5    | Cavitación en el elemento impulsor.                                | 5                 | 4          | 4         | 80                      | fallas aceptables            |
| 6    | La presión de respaldo de la bomba es demasiado baja.              | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |

| Ítem | Falla  | Índices de riesgo |            |           | Resultados<br>NPR=G*O*D | Clasificación<br>de la falla |
|------|--|-------------------|------------|-----------|-------------------------|------------------------------|
|      |  | gravedad          | ocurrencia | detección |                         |                              |
| 7    | La válvula de herramientas está encendida.             | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas aceptables            |
| 8    | La válvula de bloqueo de herramientas está defectuosa. | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas aceptables            |
| 9    | La señal de la bomba no está drenando.                 | 3                 | 6          | 2         | 36                      | fallas aceptables            |
| 10   | El aceite hidráulico no llega a la bomba.              | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |
| 11   | No hay presión en el sistema                           | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas aceptables            |
| 12   | Palancas de mando desgastados                          | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas aceptables            |
| 13   | Uso diario. Rozamiento con el chasis.                  | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 14   | Fugas de aceite pérdida de presión                     | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas aceptables            |
| 15   | No se transmite potencia a la toma de fuerza.          | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |
| 16   | Retenes o empaques dañados o mal montados.             | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |
| 17   | Presión hidráulica insuficiente.                       | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas aceptables            |
| 18   | Líneas hidráulicas demasiado largas.                   | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |
| 19   | Falta de lubricación                                   | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 20   | Desgaste del cable                                     | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas aceptables            |
| 21   | Conexiones o cañerías en mal estado.                   | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas intolerables          |

| Ítem | Falla   | Índices de riesgo |            |           | Resultados<br>NPR=G*O*D | Clasificación<br>de la falla |
|------|---|-------------------|------------|-----------|-------------------------|------------------------------|
|      |   | gravedad          | ocurrencia | detección |                         |                              |
| 22   | Empaques defectuosos o mal ensamblados.           | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 23   | Presión excesiva.                                 | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas<br>aceptables         |
| 24   | Eje pandeado                                      | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas<br>aceptables         |
| 25   | Bomba hidráulica defectuosa.                      | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 26   | Conexiones o cañerías en mal estado.              | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas<br>aceptables         |
| 27   | Exceso en el peso permitido.<br>Malas operaciones | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 28   | Filtros de aceite sucios.                         | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas<br>aceptables         |
| 29   | Uso excesivo de mandos<br>Desgaste de accesorios  | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas<br>aceptables         |
| 30   | Sobre peso.                                       | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 31   | Mala maniobra.                                    | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 32   | Depósito, cañerías o abrazaderas en mal estado.   | 3                 | 4          | 4         | 48                      | fallas<br>aceptables         |
| 33   | Malas conexiones<br>Sin voltaje de entrada.       | 7                 | 7          | 6         | 294                     | fallas<br>intolerables       |
| 34   | Fuga de aceite en tubo, empaques.                 | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 35   | Presencia de suciedad en los ductos.              | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas<br>aceptables         |
| 36   | Manipulación inadecuada de los elementos          | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |
| 37   | Resorte de válvula de alivio defectuoso.          | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas<br>aceptables         |

| Item | Falla                                      | Índices de riesgo |            |           | Resultados<br>NPR=G*O*D | Clasificación<br>de la falla |
|------|--|-------------------|------------|-----------|-------------------------|------------------------------|
|      |  | gravedad          | ocurrencia | detección |                         |                              |
| 38   | Mala maniobra del operador                 | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 39   | La señal de herramienta no funciona        | 4                 | 5          | 4         | 80                      | fallas aceptables            |
| 40   | La presión de la herramienta está muy baja | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 41   | Línea hidráulica está bloqueada o tapada.  | 6                 | 5          | 4         | 120                     | fallas aceptables            |
| 42   | La señal de la bomba no está drenando.     | 3                 | 6          | 2         | 36                      | fallas aceptables            |

### 5.2.2. Toma de nuevas decisiones con el mantenimiento basado en riesgo.

Para realizar una nueva proyección de las actividades de en llevar una gestión del mantenimiento acorde a la dinámica de los trabajos en grúas telescópicas, se evaluó la maquinaria crítica con un nivel de riesgo alto o muy alto, respecto a sus fallas intolerables

**Tabla 29** Resumen de diagnósticos de falla en porcentaje año 2020

| ITEM | TIPO DE SISTEMA DE MAQUINARIA         | CANTIDAD DE FALLAS % |
|------|---------------------------------------|----------------------|
| 1    | Sistema hidráulico                    | 52%                  |
| 2    | Sistema eléctrico                     | 26%                  |
| 3    | Implementación del equipo             | 18%                  |
| 4    | Sistema mecánico, chasis y estructura | 04%                  |

Se recurre a las hojas de información RCM en las grúas telescópicas como familia de baja de disponibilidad a raíz de deficiente proyección de mantenimiento programado, donde se acomoda los planes en el mantenimiento según porcentaje de cantidad de fallas



Tabla 30. Hojas de información, AMFE

| Hoja de información RCM |  | Maquinaria:      |   | Grúa telescópica                                       |  |  |
|-------------------------|--|------------------|---|--|--|--|
| Función F               |  | Código:          |   | Causas de falla  |  |  |
| Falla Funcional FF      |  | Modo de falla MF |   | Causas de falla  |  |  |
| 1                       | <b>Bomba Hidráulica:</b><br>Generar presión hidráulica | a                | No opera el equipo hidráulico           | 1  | Hace ruido excesivo.<br>falla en la bomba hidráulica | Nivel de aceite es demasiado bajo                                  |
|                         |  |                  |   |  |  | Restricción en la línea de succión de la bomba.                    |
|                         |  |                  |   |  |  | Entrada de aire a la línea de succión.                             |
|                         |  |                  |   |  |  | Mala alineación entre la toma de fuerza y la conexión de la bomba. |
|                         |  |                  |   |  |  | Cavitación en el elemento impulsor.                                |
|                         |  | b                | La presión oscila durante la operación. | 2  | Medición de la presión ineficiente.                  | La presión de respaldo de la bomba es demasiado baja.              |
| c                       | Permanece cargado todo el tiempo.                      | 3                | Mal funcionamiento de la bomba          | La válvula de herramientas está encendida.             |  |  |
|                         |  |                  |   | La válvula de bloqueo de herramientas está defectuosa. |  |  |
|                         |  |                  |   | La señal de la bomba no está drenando.                 |  |  |
| Hoja de información RCM |  | Maquinaria:      |   | Grúa telescópica                                       |  |  |

|                  |   |                           |                                 | <b>Código:</b>          |  |   |
|------------------|---|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|---|
| <b>Función F</b> |   | <b>Falla Funcional FF</b> |                                 | <b>Modo de falla MF</b> |  | <b>Causas de falla</b>                        |
| 1                | <b>Bomba Hidráulica:</b><br>Generar presión hidráulica  | d                         | Nada opera                      | 1                       | Instalación inadecuada                         | El aceite hidráulico no llega a la bomba.     |
|                  |   |                           |                                 |                         |  | No hay presión en el sistema                  |
| 1                | <b>Bomba Hidráulica:</b><br>Generar presión hidráulica  | d                         | Nada opera                      | 1                       | Instalación inadecuada                         | El aceite hidráulico no llega a la bomba.     |
| 2                | <b>Mandos inferiores:</b><br>Opera el equipo hidráulico | a                         | No opera el equipo hidráulico   | 1                       | Mandos erráticos                               | Palancas de mando desgastados                 |
| 3                | <b>Toma fuerza:</b><br>Proporciona más caudal           | a                         | La toma de fuerza no funciona   | 1                       | Cable de accionamiento de la toma fuerza roto. | Uso diario. Rozamiento con el chasis.         |
|                  |   | b                         | Sistema hidráulico no funciona  | 2                       | Baja potencia.                                 | Fugas de aceite pérdida de presión            |
|                  |   | c                         | Pérdida de aceite.              | 3                       | Fugas.   | No se transmite potencia a la toma de fuerza. |
|                  |   | d                         | No opera el sistema hidráulico. | 4                       |  | Retenes o empaques dañados o mal montados.    |
|                  |   |                           |                                 |                         |  | Presión hidráulica insuficiente.              |

|  |  |  |  |  |                                     |                                      |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
|  |  |  |  |  | Él toma fuerza no se puede conectar | Líneas hidráulicas demasiado largas. |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------|--------------------------------------|

| Hoja de información RCM |  |                                      |  | Maquinaria:      | Grúa telescópica                         |   |
|-------------------------|--|--------------------------------------|--|------------------|--|---|
|                         |  |                                      |  | Código:          |  |   |
| Función F               |  | Falla Funcional FF                   |  | Modo de falla MF |  | Causas de falla                         |
| 4                       | Grasero :<br>Lubricar los pines de articulación  | a                                    | Remordimiento de articulaciones y ruidos                 | 1                | Graseros dañados o ausencia de graseros. | Falta de lubricación                    |
| 5                       | Acelerador auxiliar:<br>Acelera el motor del vehículo para que trabaje el equipo hidráulico. | a                                    | El motor se apaga cuando se trabaja el equipo hidráulico | 1                | Cable roto                               | Desgaste del cable                      |
| 6                       | Cilindros hidráulicos :<br>Permiten el desplazamiento de las plumas superior e inferior.     | a                                    | Pérdida de capacidad de levantamiento.                   | 1                | Fugas Externas                           | Conexiones o cañerías en mal estado.    |
|                         |  |                                      |  |                  |  | Empaques defectuosos o mal ensamblados. |
|                         |  |                                      |  |                  |  | Presión excesiva.                       |
|                         |  |                                      |  |                  |  | Eje pandeado                            |
|                         |  | b                                    | Dificultad de desplazamiento de elementos.               |                  |  | Bomba hidráulica defectuosa.            |
|                         |  | Conexiones o cañerías en mal estado. |  |                  |  |   |

| Hoja de información RCM |  |   | Maquinaria:                                  |   | Grúa telescópica   |
|-------------------------|--|---|--|---|--|
|                         |  |   | Código:                                      |   |  |
| Función F               | Falla Funcional FF   |   | Modo de falla MF                             |   | Causas de falla  |
| 7                       | Guía de postes: Levantar y sacar postes.                                     | a | No se puede levantar peso                    | 1 | Fisuras en soldas<br>Exceso en el peso permitido.<br>Malas operaciones           |
| 8                       | Filtros: previe la contaminación   | a | Baja presión de aceite.                      | 1 | Obstrucción de flujo de aceite.<br>Filtros de aceite sucios.                     |
| 9                       | <b>Mandos inferiores:</b><br>Operación del sistema hidráulico                | a | No permite controlar los brazos telescópicos | 1 | Mal funcionamiento del mismo<br>Uso excesivo de mandos<br>Desgaste de accesorios |
| 10                      | <b>Depósito:</b> Tanque suministro aceite hidráulico al sistema              | a | Consumo excesivo de aceite.                  | 1 | Fugas<br>Depósito, cañerías o abrazaderas en mal estado.                         |
| 11                      | <b>Módulo de control:</b><br>Distribuidor de los comandos                    | a | No se puede accionar el equipo hidráulico    | 1 | No hay funcionamiento eléctrico<br>Malas conexiones<br>Sin voltaje de entrada.   |
| 12                      | <b>Mangueras hidráulicas:</b><br>Conduce caudal de aceite a todo el sistema. | a | Baja presión de aceite.                      | 1 | Fugas<br>Fuga de aceite en tubo, empaques.                                       |
|                         |  | b | Presión de aceite demasiado bajo.            | 2 | Taponamiento<br>Presencia de suciedad en los ductos.                             |
|                         |  | c | Sistema inhabilitado.                        | 3 | Mangueras rotas<br>Manipulación inadecuada de los elementos                      |
| 13                      | <b>Válvula de descarga:</b><br>Limitar la presión máxima.                    | a | Presión de aceite bajo.                      | 1 | Atascamiento<br>Resorte de válvula de alivio defectuoso.                         |

| Hoja de información RCM |   |   | Maquinaria:      |  | Grúa telescópica                           |
|-------------------------|---|---|------------------|--|--|
|                         |   |   | Código:          |  |  |
| Función F               |   | Falla Funcional FF                        | Modo de falla MF |  | Causas de falla                            |
| 14                      | <b>Válvula sobre centro:</b> Sistema de seguridad de los brazos           | a No levantan los brazos hidráulicos.     | 1                | No funciona                                | Mala maniobra del operador                 |
| 15                      | <b>Aguilón:</b> Levantar y sacar transformadores.                         | a No se puede levantar carga              | 1                | Operan lentamente o no funcionan con carga | La señal de herramienta no funciona        |
|                         |   |   | 2                |  | La presión de la herramienta está muy baja |
| 16                      | <b>Brazos estabilizadores:</b> Estabilizan la unidad mientras se trabaja. | a No permite operar el sistema hidráulico | 1                | No funcionan correctamente.                | Línea hidráulica está bloqueada o tapada.  |

*Tabla 31. Hoja de Decisión según Análisis de MBR desde RCM*

| Hoja de RCM |    |    | Evaluaciones de las consecuencias |   |   |   | H1 | H2 | H3 | Evaluaciones de las consecuencias |    |    | Actividades propuestas   |
|-------------|----|----|-----------------------------------|---|---|---|----|----|----|-----------------------------------|----|----|--|
|             |    |    |                                   |   |   |   | S1 | S2 | S3 |                                   |    |    |  |
| F           | FF | MF | H                                 | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4                                | H5 | S4 |  |
| 1           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Llenar el depósito de aceite al nivel adecuado.  |
| 1           | A  | 2  | S                                 | N | N | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | <p>Abrir completamente la válvula de corte de la línea de succión.</p> <p>Revisar que la manguera de succión no este estrangulada o tapada.</p>  |
| 1           | A  | 2  | S                                 | N | N | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Llenar el depósito al nivel adecuado. Apretar las juntas hidráulicas sueltas.  |
| 2           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Corregir la desalineación.   |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | <p>Usar aceite hidráulico de la viscosidad adecuada.</p> <p>Reducir la velocidad de la bomba.</p>  |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Ajustar la presión a 350 psi.  |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Apagar la válvula del circuito de herramientas inferior o superior.  |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar el cartucho de la válvula de bloqueo de herramientas.  |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Abrir la válvula de aguja de la línea de drenaje de señal.   |
| 3           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | <p>Abrir filtro de entrada tapado.</p> <p>Llenar el depósito al nivel adecuado. Revisar si existe una línea de succión bloqueada, tapada o cortada.</p> <p>En caso necesario, repárela o cámbiela.</p> |

| Hoja de RCM |    |    | Evaluaciones de las consecuencias |   |   |   | H1 | H2 | H3 | Evaluaciones de las consecuencias |    |    | Actividades propuestas   |
|-------------|----|----|-----------------------------------|---|---|---|----|----|----|-----------------------------------|----|----|--|
|             |    |    |                                   |   |   |   | S1 | S2 | S3 |                                   |    |    |  |
| F           | FF | MF | H                                 | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4                                | H5 | S4 |  |
| 4           | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Si hay presión en el puerto de prueba de presión del sistema en la válvula de control de herramientas, revisar que no haya pérdida de imprimado a la bomba.<br>Repárelo en caso necesario. |
| 5           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Desarmar las palancas y corregir el daño para que tenga el desplazamiento correcto   |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar cable del toma fuerza  |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar mangueras hidráulicas. Revisar sello mecánico.   |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar conexiones. Desgastes internos.  |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar el montaje de retenes y en caso necesario cambiarlos.  |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Esperar a que la presión del sistema alcance los 65 psi.   |
| 6           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Reacomodar las mangueras hidráulicas y conectar directamente al depósito.  |
| 7           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar los graseros dañados y reponer donde se no existan   |
| 8           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar cable y revisar si la solenoide esté funcionando correctamente   |
| 9           | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar cañerías y si es necesario cambiarlas.   |

| Hoja de RCM |    |    | Evaluaciones de las consecuencias |   |   |   | H1 | H2 | H3 | Evaluaciones de las consecuencias |    |    | Actividades propuestas              |
|-------------|----|----|-----------------------------------|---|---|---|----|----|----|-----------------------------------|----|----|-------------------------------------|
|             |    |    |                                   |   |   |   | S1 | S2 | S3 |                                   |    |    |                                     |
| F           | FF | MF | H                                 | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4                                | H5 | S4 |                                     |
| 10          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar empaques                    |
| 11          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar bomba hidráulica.           |
| 12          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar                             |
| 12          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Repara o si es necesario cambiarla. |
| 12          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar conexiones.                 |
| 13          | A  | 1  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Recuperar sueldas                   |
| 14          | A  | 2  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambiar loa filtros.                |
| 15          | A  | 1  | S                                 | S | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Cambio de accesorios                |
| 15          | A  | 2  | S                                 | N | N | S | S  |    |    |                                   |    |    | Cambiar plataforma.                 |
| 16          | A  | 1  | S                                 | N | S | S | S  | N  | N  |                                   |    |    | Revisar operaciones de maniobra.    |

### 5.2.3. Resultados de Mantenimiento

De acuerdo al análisis de las Grúas telescópicas, se establece la proyección de un programa de actividades de gestión de mantenimiento basado en el riesgo a través del desarrollo de hojas de información y hojas de decisiones, ayudando a mejorar el trayecto del mantenimiento.

Para la proyección de las actividades de la propuesta de mejora en el mantenimiento, se evaluó la maquinaria crítica con respecto a sus fallas inaceptables, donde los otras grúas telescópicas semi críticos también muestran similar efecto en sus fallas, a lo que nos enfocaremos en el 04 Grúas conforme al tonelaje de cada equipo.

- Determinación de la frecuencia de fallas.

Intervenciones: 42 fallas/año  $\rightarrow F_f = 4$  ..... ver Tabla N°2

- Determinación de Impacto Operacional.

Parada de una línea de producción de la empresa  $\rightarrow I.O = 6$  ..... ver Tabla N°2

- Determinación de la flexibilidad Operacional.

La empresa cuenta 19 Grúas telescópicas  $\rightarrow F.O = 2$  ..... ver Tabla N°2

- Determinación de costos de Mantenimiento.

El costo de mantenimiento de Grúas telescópicas en el periodo del año 2021 fue de 92000 soles

teniendo una clasificación  $\rightarrow C.M = 2$  ..... ver Tabla N°2

- Determinación de seguridad Humana.

Daños menores  $\rightarrow S.A.H = 2$  ..... ver Tabla N°2

#### Aplicamos la Ec. 09 de Consecuencia

$$\text{CONSECUENCIA} = I.O * F.O * C.M * S.A.H \dots \dots 9$$

$$\text{CONSECUENCIA} = 6 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$C = 48$$

**Valor Critico de la Ec. 08**

$$CRITICIDAD = CONSECUENCIA \times FRECUENCIA \text{ DE FALLOS } \dots \dots 8$$

$$CRITICIDAD = 48 \times 4 = 192$$

**Determinación del nivel de criticidad.**

|            |   |               |       |       |        |         |
|------------|---|---------------|-------|-------|--------|---------|
| FRECUENCIA | 4 | SC            | C     | C     | C      | C       |
|            | 3 | SC            | SC    | C     | C      | C       |
|            | 2 | NC            | NC    | SC    | C      | C       |
|            | 1 | NC            | NC    | NC    | SC     | C       |
|            |   | 0-30          | 30-60 | 60-90 | 90-120 | 120-150 |
|            |   | CONSECUENCIAS |       |       |        |         |

En la Tabla N° 28, se muestra los resultados del análisis de criticidad de los las grúas telescópicas más críticas, de las fallas sostenidas en el año 2021

*Tabla. 32. Tabla de resultados del análisis de criticidad grúas telescópicas*

| Item | Grúas telescópicas   | Frecuencia de Fallas | Criterio |     |     |     |    |     | Nivel de Criticidad |
|------|----------------------|----------------------|----------|-----|-----|-----|----|-----|---------------------|
|      |                      |                      | I.O      | F.O | C.M | SAH | C  | Cr  |                     |
| 1    | GRUA TELESCOPICA 062 | 4                    | 6        | 2   | 2   | 2   | 48 | 192 | CRITICO             |
| 2    | GRUA TELESCOPICA 063 | 4                    | 6        | 2   | 2   | 2   | 48 | 192 | CRITICO             |
| 3    | GRUA TELESCOPICA 064 | 3                    | 6        | 2   | 2   | 2   | 48 | 144 | CRITICO             |
| 4    | GRUA TELESCOPICA 066 | 3                    | 6        | 2   | 2   | 2   | 48 | 144 | CRITICO             |

**Determinación del índice de riesgo para la maquinas criticas**

Conforme a sus a las tablas N° 3, 4 y 5, se evalúa las características de análisis del NPR Número de Prioridad de Riesgo , Donde el NPR es el producto de la Gravedad, ocurrencia y detección y según su limites se establecen del siguiente modo

$NPR > 200$  Fallas Intolerables I .

$125 < NPR \leq 200$  Fallas reducibles deseables R .

$NPR \leq 125$  Fallas Aceptables A .

A continuación se evalúa :

### 5.2.3.1.Grúa Telescópica - COD: 0001500062

Tabla 33. Grúa telescópica - COD: 0001500062

| Ítem | Falla                                   | Índices de Riesgo |   |   | NPR=<br>G.O.D | Resultados<br>Falla |
|------|---|-------------------|---|---|---------------|---------------------|
|      |   | G                 | O | D |               |                     |
| 1    | Empaques defectuosos o mal ensamblados. | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 2    | Presión excesiva.                       | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 3    | Eje pandeado                            | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 4    | Bomba hidráulica defectuosa.            | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 5    | Conexiones o cañerías en mal estado.    | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 6    | Exceso en el peso permitido.            | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 7    | Malas operaciones                       | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |
| 8    | Filtros de aceite sucios.               | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable  |

| Item | Falla   | Índices de Riesgo |   |   | Resultados    |                    |
|------|---|-------------------|---|---|---------------|--------------------|
|      |   | G                 | O | D | NPR=<br>G.O.D | Falla              |
| 9    | Uso excesivo de mandos                          | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable |
| 10   | Desgaste de accesorios                          | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable |
| 11   | Sobre peso.                                     | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable |
| 12   | Mala maniobra.                                  | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable |
| 13   | Depósito, cañerías o abrazaderas en mal estado. | 6                 | 5 | 3 | 90            | Falla<br>Aceptable |

### 5.2.3.2. Grúa Telescópica - COD: 0001500063

Tabla 34. Grúa Telescópica - COD: 0001500063

| Item | Falla                                | Índices de Riesgo |   |   | Resultados |                    |
|------|--------------------------------------|-------------------|---|---|------------|--------------------|
|      |                                      | G                 | O | D | NPR        | Falla              |
| 1    | Bomba hidráulica defectuosa.         | 6                 | 5 | 3 | 90         | Falla<br>Aceptable |
| 2    | Conexiones o cañerías en mal estado. | 6                 | 5 | 3 | 90         | Falla<br>Aceptable |
| 3    | Exceso en el peso permitido.         | 6                 | 5 | 3 | 90         | Falla<br>Aceptable |
| 4    | Malas operaciones                    | 6                 | 5 | 3 | 90         | Falla<br>Aceptable |
| 5    | Filtros de aceite sucios.            | 6                 | 5 | 3 | 90         | Falla<br>Aceptable |

| Item | Falla   | Índices de Riesgo |   |   | NPR | Resultados         |
|------|---|-------------------|---|---|-----|--------------------|
|      |   | G                 | O | D |     | Falla              |
| 6    | Uso excesivo de mandos                          | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 7    | Desgaste de accesorios                          | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 8    | Sobre peso.                                     | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 9    | Mala maniobra.                                  | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 10   | Depósito, cañerías o abrazaderas en mal estado. | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |

### 5.2.3.3. Grúa Telescópica - COD: 0001500064

Tabla 35. Grúa Telescópica - COD: 0001500064

| Item | Falla                                    | Índices de Riesgo |   |   | NPR | Resultados         |
|------|--|-------------------|---|---|-----|--------------------|
|      |  | G                 | O | D |     | Falla              |
| 1    | Fuga de aceite en tubo, empaques.        | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 2    | Presencia de suciedad en los ductos.     | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 3    | Manipulación inadecuada de los           | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 4    | Desgaste de accesorios                   | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 5    | Resorte de válvula de alivio defectuoso. | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |
| 6    | Mala maniobra del operador               | 6                 | 5 | 3 | 90  | Falla<br>Aceptable |

|   |                              |   |   |   |    |                    |
|---|------------------------------|---|---|---|----|--------------------|
| 7 | Filtros de aceite sucios     | 6 | 5 | 3 | 90 | Falla<br>Aceptable |
| 9 | Exceso en el peso permitido. | 6 | 5 | 3 | 90 | Falla<br>Aceptable |

#### 5.2.3.4. Grúa Telescópica - COD: 0001500066

Tabla 36. Grúa Telescópica - COD: 0001500066

| Item | Falla  | Índices de Riesgo |   |   | NP<br>R | Resultados<br>Falla |
|------|--|-------------------|---|---|---------|---------------------|
|      |  | G                 | O | D |         |                     |
| 1    | Nivel de aceite es demasiado bajo                                  | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 2    | Restricción en la línea de succión de la bomba.                    | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 3    | Entrada de aire a la línea de succión.                             | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 4    | Mala alineación entre la toma de fuerza y la conexión de la bomba. | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 5    | Cavitación en el elemento impulsor.                                | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 6    | La presión de respaldo de la bomba es demasiado baja.              | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |
| 7    | Mala maniobra del operador   | 6                 | 5 | 3 | 90      | Falla<br>Aceptable  |

|   |                            |      |   |   |   |    |                    |
|---|----------------------------|------|---|---|---|----|--------------------|
| 8 | herramientas<br>encendida. | está | 6 | 5 | 3 | 90 | Falla<br>Aceptable |
|---|----------------------------|------|---|---|---|----|--------------------|

|   |                                  |  |   |   |   |    |                    |
|---|----------------------------------|--|---|---|---|----|--------------------|
| 9 | Palancas de mando<br>desgastados |  | 6 | 5 | 3 | 90 | Falla<br>Aceptable |
|---|----------------------------------|--|---|---|---|----|--------------------|

---

De acuerdo al análisis de las 04 "Grúas telescópicas", se estable una proyección de un programa de actividades de gestión de mantenimiento basado en el riesgo a través del desarrollo de hojas de información y hojas de decisiones, ayudando a mejorar el trayecto del mantenimiento en la nueva flota de grúas telescópicas

Para la proyección de las actividades de la propuesta de mejora en el mantenimiento, se evaluó la maquinaria crítica con respecto a sus fallas aceptables, donde las otras grúas telescópicas, semi críticos también muestran similar efecto en sus fallas, considerando que estas son similares.

**5.2.4. Costos de Mantto de Grúas telescópicas GROVE año 2020**

- a) Costo en \$/hora de mantenimiento en las grúas telescópicas Grove-GRT 880 relacionado al periodo 2020



*Grafica 9. Desarrollo de costos en \$/hora en respecto a las Horas de operación en el mes de Marzo-2020.*

Podemos mencionar que en el periodo del año 2021, obtuvimos en el Grúas telescópicas GROVE-GRT 880 un máximo de 12,61 dólares por hora en 16000 horas de operación al no tener un adecuado control y planificación de mantenimiento. Donde se evaluó todas las actividades de servicio y mantenimiento que no están bien desarrollados como control en las actividades dentro del taller, aplicando la criticidad de actividades , obteniendo un cuadro comparativo por costo unitario, como se aprecia en la tabla N° 37

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

| SISTEMA               | Componente                          | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|-----------------------|-------------------------------------|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Motor</b>          |                                     |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>\$1.29</b>                         | <b>\$0.92</b>               |
| <b>Motor</b>          | Mantenimiento de Turbo compresor    | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 242.42             | 101.01             | 0.02       | 0.42                                  | 0.01                        |
|                       | bomba de agua refrigeración         | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 481.24             | 200.52             | 0.05       | 0.42                                  | 0.02                        |
|                       | Bomba de aceite                     | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 501.93             | 209.14             | 0.05       | 0.42                                  | 0.02                        |
|                       | Termóstato                          | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 69.70              | 58.09              | 0.01       | 0.83                                  | 0.01                        |
|                       | Mantenimiento de radiador           | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 110.42             | 99.38              | 0.05       | 0.90                                  | 0.04                        |
|                       | Mantenimiento de intercooler        | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 74.47              | 67.03              | 0.03       | 0.90                                  | 0.03                        |
|                       | vaso de expansión                   | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 197.72             | 82.38              | 0.02       | 0.42                                  | 0.01                        |
|                       | caja de filtro de aceite            | 1        | 12000            | 1      | 12000            | 586.93             | 293.46             | 0.05       | 0.50                                  | 0.02                        |
|                       | taza                                | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 138.68             | 92.45              | 0.02       | 0.67                                  | 0.01                        |
|                       | cuerpo de filtro de combustible     | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 274.42             | 114.34             | 0.03       | 0.42                                  | 0.01                        |
|                       | Mantenimiento de Cubo de ventilador | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 71.19              | 29.66              | 0.01       | 0.42                                  | 0.00                        |
|                       | Correa en V ventilador              | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 53.55              | 44.63              | 0.01       | 0.83                                  | 0.01                        |
|                       | Mantenimiento de Inyector Bomba     | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 121.21             | 101.01             | 0.02       | 0.83                                  | 0.02                        |
|                       | Kit de anillos de inyector          | 6        | 5000             | 1      | 5000             | 3.86               | 3.22               | 0.00       | 0.83                                  | 0.00                        |
|                       | Bocinas de Inyector                 | 6        | 5000             | 1      | 5000             | 19.48              | 16.23              | 0.02       | 0.83                                  | 0.02                        |
|                       | Afinamiento de motor                | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 617.69             | 257.37             | 0.06       | 0.42                                  | 0.03                        |
|                       | Volante                             | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 1978.42            | 1318.95            | 0.25       | 0.67                                  | 0.16                        |
| Sistema de escape     | 1                                   | 5000     | 1                | 5000   | 2478.70          | 2065.59            | 0.50               | 0.83       | 0.41                                  |                             |
| cojín de goma soporte | 2                                   | 4800     | 1                | 4800   | 218.79           | 175.03             | 0.09               | 0.80       | 0.07                                  |                             |
| <b>Transmisión</b>    |                                     |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>\$2.64</b>                         | <b>\$1.83</b>               |
|                       | Cardan grande                       | 1        | 16000            | 1      | 16000            | 4626.25            | 3084.17            | 0.29       | 0.67                                  | 0.19                        |
|                       | Cardan bb                           | 1        | 12000            | 1      | 12000            | 1251.3168          | 625.66             | 0.10       | 0.50                                  | 0.05                        |
|                       | Crucetas Card. Grande               | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 414.59             | 331.67             | 0.17       | 0.80                                  | 0.14                        |
|                       | Cruceta de cardan bb                | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 414.59             | 331.67             | 0.17       | 0.80                                  | 0.14                        |

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

| SISTEMA            | Componente   | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|--------------------|--|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Transmisión</b> | Rodaje de rueda posterior                              | 4        | 6000             | 1      | 6000             | 617.04             | 462.78             | 0.41       | 0.75                                  | 0.31                        |
|                    | Rodaje de rueda delantera                              | 4        | 6000             | 1      | 6000             | 617.04             | 462.78             | 0.41       | 0.75                                  | 0.31                        |
|                    | Cambio de kit de embrague                              | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 185.45             | 148.36             | 0.04       | 0.80                                  | 0.03                        |
|                    | Embrague   | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 929.96             | 743.97             | 0.19       | 0.80                                  | 0.15                        |
|                    | Disco de embrague                                      | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 657.83             | 526.27             | 0.14       | 0.80                                  | 0.11                        |
|                    | Mantenimiento de Caja de Transmisión                   | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 378.79             | 252.53             | 0.05       | 0.67                                  | 0.03                        |
|                    | Repuestos para reparación de caja de cambios           | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 2800.00            | 1866.67            | 0.35       | 0.67                                  | 0.23                        |
|                    | Mantenimiento de Corona de 1er eje                     | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 75.76              | 31.57              | 0.01       | 0.42                                  | 0.00                        |
|                    | Repuestos para reparación de corona 1er eje            | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 545.00             | 227.08             | 0.05       | 0.42                                  | 0.02                        |
|                    | Mantenimiento de Corona de 2do eje                     | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 75.76              | 31.57              | 0.01       | 0.42                                  | 0.00                        |
|                    | Repuestos para reparación de corona 2do eje            | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 1232.45            | 513.52             | 0.12       | 0.42                                  | 0.05                        |
|                    | Selector de velocidad                                  | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 1015.72            | 423.22             | 0.10       | 0.42                                  | 0.04                        |
|                    | Mantenimiento de toma de fuerza                        | 1        | 6000             | 1      | 6000             | 81.44              | 61.08              | 0.01       | 0.75                                  | 0.01                        |
| <b>Hidráulico</b>  |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>0.08</b>                           | <b>\$0.07</b>               |
| <b>Hidráulico</b>  | Mantenimiento de Piston hidráulico de levante de tolva | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 423.73             | 353.11             | 0.08       | 0.83                                  | 0.07                        |
| <b>Eléctrico</b>   |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>0.93</b>                           | <b>\$0.70</b>               |
| <b>Electrico</b>   | Mantenimiento de Arrancador                            | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 218.04             | 181.70             | 0.04       | 0.83                                  | 0.04                        |
|                    | Mantenimiento de Alternador                            | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 259.47             | 216.23             | 0.05       | 0.83                                  | 0.04                        |
|                    | Correa en v Alternador                                 | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 44.76              | 37.30              | 0.01       | 0.83                                  | 0.01                        |
|                    | Tensor de correa Alternador                            | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 81.34              | 67.79              | 0.02       | 0.83                                  | 0.01                        |
|                    | Faro Delantero Izquierdo                               | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 542.10             | 361.40             | 0.07       | 0.67                                  | 0.05                        |
|                    | Faro Delantero Derecho                                 | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 542.10             | 361.40             | 0.07       | 0.67                                  | 0.05                        |
|                    | Faros Posterior Derecho                                | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 459.59             | 306.39             | 0.06       | 0.67                                  | 0.04                        |

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

| SISTEMA          | Componente  | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|------------------|---|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                  | Faros Posterior Izquierdo                                 | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 459.59             | 306.39             | 0.06       | 0.67                                  | 0.04                        |
|                  | Potenciómetro   | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 346.50             | 288.75             | 0.07       | 0.83                                  | 0.06                        |
|                  | Batería   | 2        | 5000             | 1      | 5000             | 647.63             | 539.69             | 0.26       | 0.83                                  | 0.22                        |
|                  | Faro pirata LED Duralux                                   | 5        | 8000             | 1      | 8000             | 332.78             | 221.85             | 0.21       | 0.67                                  | 0.14                        |
|                  | Circulina   | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 54.88              | 45.74              | 0.01       | 0.83                                  | 0.01                        |
|                  | Alarma de retroceso                                       | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 21.63              | 18.03              | 0.00       | 0.83                                  |                             |
|                  | Faro neblinero redondo                                    | 2        | 2500             | 1      | 2500             | 14.68              | 12.23              | 0.01       | 0.83                                  |                             |
| <b>Frenos</b>    |   |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>2.46</b>                           | <b>\$1.91</b>               |
| <b>Frenos</b>    | Compresora de aire  | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 1211.51            | 504.80             | 0.12       | 0.42                                  | 0.05                        |
|                  | Mantenimiento de Frenos delanteros y posteriores          | 1        | 1200             | 1      | 1200             | 193.94             | 193.94             | 0.16       | 1.00                                  | 0.16                        |
|                  | Cambio de zapatas y dispositivos delanteros y posteriores | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 387.88             | 349.09             | 0.16       | 0.90                                  | 0.15                        |
|                  | Forro de freno delantero                                  | 4        | 2400             | 1      | 2400             | 108.09             | 97.28              | 0.18       | 0.90                                  | 0.16                        |
|                  | Forro de freno posterior                                  | 4        | 2400             | 1      | 2400             | 117.62             | 105.85             | 0.20       | 0.90                                  | 0.18                        |
|                  | Dispositivos de freno                                     | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 855.02             | 769.52             | 0.36       | 0.90                                  | 0.32                        |
|                  | Tambora de freno delantero                                | 4        | 10000            | 1      | 10000            | 315.32             | 131.38             | 0.13       | 0.42                                  | 0.05                        |
|                  | Tambora de freno posterior                                | 4        | 10000            | 1      | 10000            | 340.84             | 142.02             | 0.14       | 0.42                                  | 0.06                        |
|                  | Válvula sensible  | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 512.87             | 427.39             | 0.10       | 0.83                                  | 0.09                        |
|                  | Válvula relé de freno                                     | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 149.88             | 124.90             | 0.03       | 0.83                                  | 0.02                        |
|                  | Pulmón freno delantero                                    | 2        | 6000             | 1      | 6000             | 605.47             | 454.10             | 0.20       | 0.75                                  | 0.15                        |
|                  | Pulmón freno post parte delante                           | 2        | 6000             | 1      | 6000             | 616.23             | 462.17             | 0.21       | 0.75                                  | 0.15                        |
|                  | Pulmón freno post parte atrás                             | 2        | 6000             | 1      | 6000             | 610.45             | 457.84             | 0.20       | 0.75                                  | 0.15                        |
|                  | Mantenimiento de ralentizador                             | 1        | 6000             | 1      | 6000             | 700.00             | 525.00             | 0.12       | 0.75                                  | 0.09                        |
|                  | cambiador de calor  | 1        | 6000             | 1      | 6000             | 120.00             | 90.00              | 0.02       | 0.75                                  | 0.02                        |
| válvula de freno | 2   | 5000     | 1                | 5000   | 128.99           | 107.49             | 0.05               | 0.83       | 0.04                                  |                             |

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

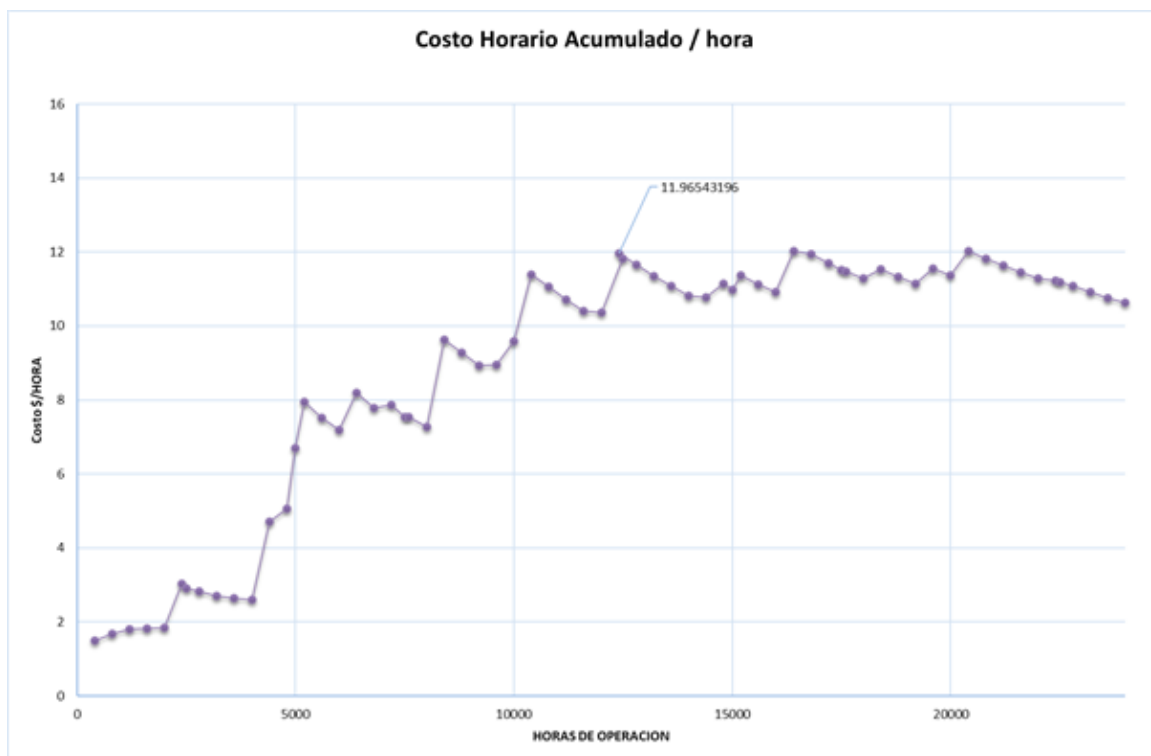
| SISTEMA            | Componente                                   | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|--------------------|--|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                    | válvula descarga rápida                      | 2        | 5000             | 1      | 5000             | 61.53              | 51.27              | 0.02       | 0.83                                  | 0.02                        |
|                    | válvula de freno pie                         | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 302.00             | 251.67             | 0.06       | 0.83                                  | 0.05                        |
| <b>Implementos</b> |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>0.57</b>                           | <b>0.30</b>                 |
| <b>Implementos</b> | Reparación Tolva                             | 1        | 10000            | 1      | 10000            | 4150.00            | 1729.17            | 0.42       | 0.42                                  | 0.17                        |
|                    | Cambio de Bisagra pivoteo de compuerta tolva | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 322.36             | 268.64             | 0.06       | 0.83                                  | 0.05                        |
|                    | Cambio de Bisagra de tolva                   | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 339.75             | 283.13             | 0.07       | 0.83                                  | 0.06                        |
|                    | Mantenimiento de Acc. Compuerta              | 1        | 5000             | 1      | 5000             | 100.00             | 83.33              | 0.02       | 0.83                                  | 0.02                        |
| <b>Ruedas</b>      |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>1.00</b>                           | <b>0.0</b>                  |
|                    | Alineamiento                                 | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 257.00             | 0.00               | 0.11       | 1.00                                  | -                           |
| <b>Suspensión</b>  |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>4.68</b>                           | <b>3.62</b>                 |
| <b>Suspensión</b>  | Muelle Posterior 1                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 578.13             | 481.77             | 0.29       | 0.83                                  | 0.24                        |
|                    | Muelle Posterior 2                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 504.90             | 420.75             | 0.25       | 0.83                                  | 0.21                        |
|                    | Muelle Posterior 3                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 483.83             | 403.19             | 0.24       | 0.83                                  | 0.20                        |
|                    | Muelle Posterior 4                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 483.83             | 403.19             | 0.24       | 0.83                                  | 0.20                        |
|                    | Muelle Posterior 5                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 377.34             | 314.45             | 0.19       | 0.83                                  | 0.16                        |
|                    | Muelle Posterior 6                           | 2        | 4000             | 1      | 4000             | 283.93             | 236.61             | 0.14       | 0.83                                  | 0.12                        |
|                    | abrazadera-u                                 | 4        | 4800             | 1      | 4800             | 109.78             | 87.83              | 0.09       | 0.80                                  | 0.07                        |
|                    | chapa  | 4        | 4800             | 1      | 4800             | 175.42             | 140.34             | 0.15       | 0.80                                  | 0.12                        |
|                    | ballesta delantera                           | 4        | 4800             | 1      | 4800             | 1031.97            | 825.57             | 0.86       | 0.80                                  | 0.69                        |
|                    | abrazadera-u 24.5 mm                         | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 83.37              | 66.69              | 0.03       | 0.80                                  | 0.03                        |
|                    | abrazadera-u 25.5 mm                         | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 85.26              | 68.20              | 0.04       | 0.80                                  | 0.03                        |
|                    | tuerca embreada                              | 8        | 4800             | 1      | 4800             | 3.77               | 3.01               | 0.01       | 0.80                                  | 0.01                        |
|                    | casquillo                                    | 8        | 4800             | 1      | 4800             | 116.38             | 93.11              | 0.19       | 0.80                                  | 0.16                        |
|                    | grillete A                                   | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 28.92              | 23.14              | 0.01       | 0.80                                  | 0.01                        |
| grillete B         | 2  | 4800     | 1                | 4800   | 24.22            | 19.38              | 0.01               | 0.80       | 0.01                                  |                             |

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

| SISTEMA          | Componente                                 | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|------------------|--|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                  | anclaje de ballesta delantera LH           | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 556.14             | 444.92             | 0.12       | 0.80                                  | 0.09                        |
|                  | anclaje de ballesta delantera RH           | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 556.14             | 444.92             | 0.12       | 0.80                                  | 0.09                        |
|                  | Barra de reacción                          | 4        | 8000             | 1      | 8000             | 836.10             | 557.40             | 0.42       | 0.67                                  | 0.28                        |
|                  | juego de casquillo                         | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 287.59             | 230.07             | 0.12       | 0.80                                  | 0.10                        |
|                  | Barra V                                    | 2        | 12000            | 1      | 12000            | 1044.168           | 522.08             | 0.17       | 0.50                                  | 0.09                        |
|                  | kit de reparación; cojinete centrador      | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 549.06             | 439.25             | 0.11       | 0.80                                  | 0.09                        |
|                  | kit de reparación; buje externo            | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 362.20             | 289.76             | 0.15       | 0.80                                  | 0.12                        |
|                  | Resorte progresivo                         | 4        | 4800             | 1      | 4800             | 191.41             | 153.13             | 0.16       | 0.80                                  | 0.13                        |
|                  | Bocinas de Boogui                          | 4        | 4800             | 1      | 4800             | 153.52             | 122.82             | 0.13       | 0.80                                  | 0.10                        |
|                  | amortiguador chasis delantero              | 4        | 10000            | 1      | 10000            | 241.25             | 100.52             | 0.10       | 0.42                                  | 0.04                        |
|                  | amortiguador chasis posterior              | 2        | 4800             | 1      | 4800             | 253.22             | 202.57             | 0.11       | 0.80                                  | 0.08                        |
|                  | amortiguador cabina parte delante          | 2        | 6000             | 1      | 6000             | 142.78             | 107.08             | 0.05       | 0.75                                  | 0.04                        |
|                  | amortiguador cabina parte atrás horizontal | 2        | 10000            | 1      | 10000            | 123.42             | 51.42              | 0.02       | 0.42                                  | 0.01                        |
|                  | amortiguador cabina parte atrás vertical   | 2        | 10000            | 1      | 10000            | 189.34             | 78.89              | 0.04       | 0.42                                  | 0.02                        |
|                  | estabilizador cabina                       | 1        | 15000            | 1      | 15000            | 704.12             | 440.08             | 0.05       | 0.63                                  | 0.03                        |
|                  | casquillo estabilizador de cabina          | 2        | 5000             | 1      | 5000             | 198.84             | 165.70             | 0.08       | 0.83                                  | 0.07                        |
|                  | circlip                                    | 2        | 5000             | 1      | 5000             | 5.37               | 4.47               | 0.00       | 0.83                                  | 0.00                        |
| <b>Dirección</b> |  |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>0.47</b>                           | <b>\$0.27</b>               |
| <b>Dirección</b> | Mantenimiento de Caja de Dirección         | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 175.34             | 116.90             | 0.02       | 0.67                                  | 0.01                        |
|                  | Bomba servo de dirección                   | 1        | 8000             | 1      | 8000             | 995.89             | 663.93             | 0.12       | 0.67                                  | 0.08                        |
|                  | cilindro de dirección kit reparación       | 1        | 12000            | 1      | 12000            | 107.91             | 53.96              | 0.01       | 0.50                                  | 0.00                        |
|                  | varilla articulación posterior             | 1        | 12000            | 1      | 12000            | 396.68             | 198.34             | 0.03       | 0.50                                  | 0.02                        |
|                  | varilla articulación delante               | 1        | 12000            | 1      | 12000            | 662.61             | 331.30             | 0.06       | 0.50                                  | 0.03                        |

Tabla N°. 37. Cuadro comparativo de costos en mantenimiento por dólares/hora en los años 2021 y 2022

| SISTEMA                         | Componente                                    | Cantidad | Frecuencia Horas | Factor | Frecuencia Horas | Precio unitario \$ | Precio unitario \$ | Costo/hora | Total Costo/Hora 2020 – MARZO dólares | Total Costo/Hora 2021-MARZO |
|---------------------------------|---|----------|------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                                 | Manguetas juego de perno man                  | 4        | 10000            | 1      | 10000            | 388.32             | 161.80             | 0.16       | 0.42                                  | 0.06                        |
|                                 | Mantenimiento de Manguetas juego de perno man | 1        | 4800             | 1      | 4800             | 339.39             | 271.52             | 0.07       | 0.80                                  | 0.06                        |
| <b>Mantenimiento Preventivo</b> |   |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>1.39</b>                           | <b>1.36</b>                 |
| <b>Mantenimiento Preventivo</b> | Aceite de Motor                               | 37       | 400              | 1      | 400              | 4.74               | 4.74               | 0.44       | 1.00                                  | 0.44                        |
|                                 | Aceite de Caja                                | 18       | 1200             | 1      | 1200             | 4.00               | 4.00               | 0.06       | 1.00                                  | 0.06                        |
|                                 | Aceite Puente posterior                       | 54       | 2400             | 1      | 2400             | 3.53               | 3.18               | 0.08       | 0.90                                  | 0.07                        |
|                                 | Aceite Dirección                              | 6        | 2400             | 1      | 2400             | 7.10               | 6.39               | 0.02       | 0.90                                  | 0.02                        |
|                                 | Refrigerante                                  | 42       | 2400             | 1      | 2400             | 4.76               | 4.28               | 0.08       | 0.90                                  | 0.07                        |
|                                 | Líquido de embrague                           | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 8.26               | 7.43               | 0.00       | 0.90                                  | 0.00                        |
|                                 | Aceite Hidráulico                             | 25       | 9600             | 1      | 9600             | 5.38               | 4.31               | 0.01       | 0.80                                  | 0.01                        |
|                                 | Filtro Aceite Long Rife                       | 2        | 400              | 1      | 400              | 19.51              | 19.51              | 0.10       | 1.00                                  | 0.10                        |
|                                 | Filtro By pass                                | 1        | 400              | 1      | 400              | 22.40              | 22.40              | 0.06       | 1.00                                  | 0.06                        |
|                                 | Filtro Combustible                            | 1        | 400              | 1      | 400              | 40.83              | 40.83              | 0.10       | 1.00                                  | 0.10                        |
|                                 | Filtro Sep Agua                               | 1        | 400              | 1      | 400              | 38.21              | 38.21              | 0.10       | 1.00                                  | 0.10                        |
|                                 | Filtro Aire 1ro                               | 1        | 800              | 1      | 800              | 134.47             | 134.47             | 0.17       | 1.00                                  | 0.17                        |
|                                 | Filtro Aire Combust                           | 1        | 2000             | 1      | 2000             | 23.62              | 23.62              | 0.01       | 1.00                                  | 0.01                        |
|                                 | Filtro Aire 2do                               | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 148.34             | 133.51             | 0.06       | 0.90                                  | 0.06                        |
|                                 | Filtro aceite de Caja Cam                     | 1        | 1200             | 1      | 1200             | 19.22              | 19.22              | 0.02       | 1.00                                  | 0.02                        |
|                                 | Filtro Secador                                | 1        | 2000             | 1      | 2000             | 134.42             | 134.42             | 0.07       | 1.00                                  | 0.07                        |
|                                 | Filtro Aceite Hidráulico                      | 1        | 2400             | 1      | 2400             | 13.35              | 12.02              | 0.01       | 0.90                                  | 0.01                        |
|                                 | Filtro Cabina                                 | 1        | 2000             | 1      | 2000             | 18.22              | 18.22              | 0.01       | 1.00                                  | 0.01                        |
|                                 | <b>Misceláneos</b>                            |          |                  |        |                  |                    |                    |            |                                       | <b>0.00</b>                 |
|                                 | Misceláneos                                   | 1        | 400              | 1      | 400              | 0.71               | 0.71               | 0.00       | 1.00                                  | 0.00                        |
|                                 |   |          |                  |        |                  |                    |                    |            | <b>\$12.61</b>                        | <b>\$11.95</b>              |



*Grafica 10. Desarrollo de costos en \$/hora en respecto a las Horas de operación en el mes de Marzo-2021.*

Vemos que en el periodo del año 2021, obtuvimos en el Grúa Telescópica GRT 880 un máximo de 11,96 dólares por hora en 13000 horas a implementar el mantenimiento basado en confiabilidad o de riesgo.

Teniendo un ahorro aproximado de 0.65 dólares por hora en cada unidad de Grúa Telescópica GRT 880.

Conociendo el valor de ahorro en el costo del mantenimiento, evaluamos la comparación de ambas tablas de las horas de mantenimiento teniendo una diferencia de 11 926 horas de mantenimiento proyectando

Tabla N°. 1. Comparación de costo de mantenimiento

| ITEM  | Grúa                               | TOTAL HORAS DE MMTO 2020 | TOTAL HORAS MMTO DEL 2021 | DIFERENCIA Horas | Valor de ahorro en mantenimiento Dólares/Hora | Monto dólares |
|-------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|---|---------------|
| 1     | Grúa Telescópica - COD: 0001500062 | 255.25                   | 250.25                    | 206.00           | 0.65  | 5.00          |
| 2     | Grúa Telescópica - COD: 0001500063 | 300.7                    | 295.35                    | 641.35           | 0.65  | 5.35          |
| 3     | Grúa Telescópica - COD: 0001500064 | 330.8                    | 328.60                    | 373.35           | 0.65  | 2.20          |
| 4     | Grúa Telescópica - COD: 0001500066 | 253                      | 250.85                    | 413.60           | 0.65  | 2.15          |
| TOTAL |                                    |                          |                           |                  |   | 14.70         |

Conociendo que el tiempo de vida útil de un Grúa Telescópica marca Volvo es de 20 000 horas, existiendo un reintegro de \$ 152, 371.80, lo cual se implementara al taller mecánico , un Scanner para la evaluación y prevención de fallas.

| Vida Útil horas | monto de vida útil de 04 grúas telescópica dólares |
|-----------------|--|
| 20 000          | 294 000  |

### Conclusiones

1. Se concluye el área de mantenimiento en la reparación de Grúas telescópicas, a través y específicamente las plantillas de mantenimiento no eran eficientes que por política de la empresa no fueron entregadas para anexar en la presente tesis, pero si los resultados obtenidos por reportes de costos e indicadores ODU que son proporcionados en la construcción del avance de la Planta concentradora y los diferentes factores que atraviesa, siendo favorables en la presente investigación.
2. Por otro lado, se revisó los resultados del mantenimiento RCM manejado por la empresa en el año 2020 para el cual se espera viene obteniendo resultados favorables desde la reconfiguración del plan de mantenimiento en la maquinaria en específicamente la familia de las Grúas telescópicas llegando a un 93% de disponibilidad promedio

3. El método de análisis de riesgos, las tecnologías y técnicas se clasifican en deterministas, problemáticas combinación de determinista y probabilística. Nuevamente las categorías se clasifican en cualitativas, cuantitativas y semicuantitativo. El método de mantenimiento basado en riesgos en las empresas se identifica y agrupan según las aplicaciones, los datos de entrada. y datos de salida.
4. La revisión de estas metodologías identificadas muestra que no existe una forma única de realizar análisis de riesgo y mantenimiento basado en riesgos, la aplicación de estas metodologías depende en gran medida de la profundidad del análisis, área de aplicación y calidad de los resultados. Aparte de esto, la experiencia del análisis listo para utilizar estas metodologías es también un factor importante para considerar.
5. El análisis de riesgo debe evaluarse en manera planificada para evitar esfuerzos de mantenimiento gastados en menos áreas importantes y poner más esfuerzos en áreas de gran importancia. Para ejemplo, la creciente diversidad de productos y complejidad de la fabricación en las industrias de procesos químicos ha llegado a manipular sustancias peligrosas a temperaturas y presiones elevadas seguro.

### **Recomendaciones**

- Se tiene como experiencia considerar la modificación y actualización de las cartillas del tipo de máquina que se viene trabajando para encontrar mejores resultados y acortar los tiempos de operación y mantenimiento, según las intervenciones sostenidas en el periodo de cada año, viendo la magnitud del proyecto ante varios cambios en el área de operaciones y la disponibilidad de esta maquinaria.
- En equipos de gran envergadura se recomienda aplicar las normas y normativas de referencia para disminuir y controlar el riesgo presente durante una operación de izaje de estos equipos, debiendo tener un plan de capacitación exclusivo para las operaciones

y así mejorar nuestros indicadores en prioridad de riesgo o índice de riesgo como se indica en el Capítulo II, 2.7.6

- Es de suma importancia y necesario que todo el personal operativo de mantenimiento en talleres de maquinaria reciba una capacitación técnica sobre operación y mantenimiento de cada maquinaria existente y sea el soporte de los programas utilizados, lo que brindará una mayor efectividad y cambio en los resultados planificados.
- El análisis de riesgo debe evaluarse en manera planificada para evitar esfuerzos de mantenimiento gastados en menos áreas importantes y poner más esfuerzos en áreas de gran importancia. Para ejemplo, la creciente diversidad de productos y complejidad de la fabricación en las industrias de procesos químicos ha llegado a manipular sustancias peligrosas a temperaturas y presiones elevadas seguro
- Se debe llevar un registro de los mantenimientos realizados dentro de un plan de mantenimiento Preventivo y Correctivo adecuado a las cargas de operación y así pueda garantizar el uso seguro durante las operaciones de izaje y montaje de estructura metálica.

## Referencia

- Alfaro Flores, W. R. (2019). *Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo para Incrementar la Confiabilidad de las máquinas de la empresa Zinsac del Perú s.a.c.* Trujillo: UNT.
- Campos-López, O. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.* Ciudad de Mexico: Instituto Politécnico Nacional.
- Diaz, C. E. (2014). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa L&L.* Barranquilla: Universidad Autonoma Del Caribe.
- Grove, M. d. (01 de 2022). <https://www.manitowoc.com/es/grove>. Obtenido de <https://www.manitowoc.com/es/grove>
- Leite, L. J. (2022). *Gestión de Mantenimiento Industrial y Minería.* Belo Horizonte: Editora Poison.
- Leoni, L. (2013). *Sobre el mantenimiento basado en riesgos: una revisión integral de tres enfoques para rastrear el impacto del modelado de consecuencias para predecir acciones de mantenimiento.* Florencia: Revista de prevención de pérdidas en las industrias de procesos.
- Moises, C. L. (2019). *Análisis de flota para incrementar la productividad en la cantera 7 de Noviembre Nueva Arica – Chiclayo.* Chiclayo: UCV.
- Montenegro Leyva, G. W. (2017). *Sistema De Gestión De Mantenimiento Basado En El Riesgo Para Incrementar La Confiabilidad De La Maquinaria Pesada De La Empresa Chancadora Del Norte S.A.C.* Trujillo: UNT.
- Moubray, J. (2000). *Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM-II.* Madrid, España: Gran Bretaña por Biddles.
- Nascif, A. K. (2019). *Mantenimiento y Funcion estrategica 3ed.* Brasil.
- NS Arunraj, J. M. (2006). *Mantenimiento basado en riesgos: técnicas y aplicaciones.* Bengala Occidental: Revista de materiales peligrosos.

- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota.
- Olivares, S. C., & Machaca, A. O. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la flota de camiones grúa y grúas telescópicas de una empresa minera en Arequipa*. Lima: UAMR.
- Palacio, J. A. (2018). *Implementación de la matriz de criticidad en el área de equipos móviles y de elevación en la empresa faismon S.A.S. y análisis del costo del ciclo de vida en las grúas telescópicas*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- S.A., K. P. (2008). *Anglo American Quellaveco S.A. Proyecto Quellaveco Modificación del Estudio de Impacto Ambiental*. Lima: KNIGHT PIESOLD.
- Tao, X., Martensson, J., & Pernestal, H. W. (2022). *Planificación de mantenimiento a corto plazo de camiones autónomos para minimizar el riesgo económico*. Estocolmo: ELSEIR.
- Viana. (2006). *Planificación y Control del Mantenimiento*. Qualitimark.
- Virgilio, P. R. (2020). *“Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica del camión volquete Mercedes Benz Actros 3344K en el proyecto Shahuindo”*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.



**Anexos**



**ANEXO N° 01**

**FLUJOGRAMA DE DECISIONES PARA UN RCM**

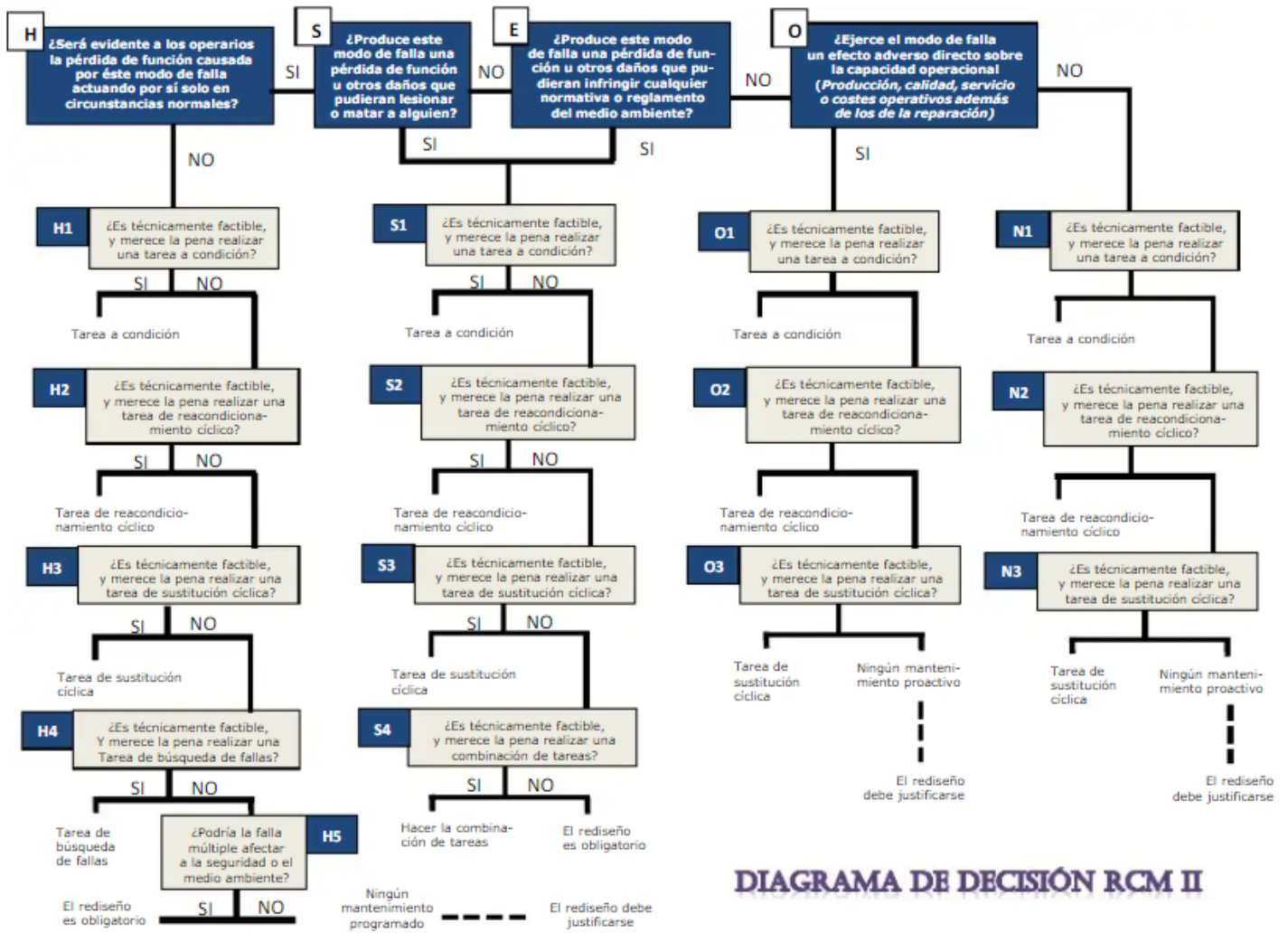
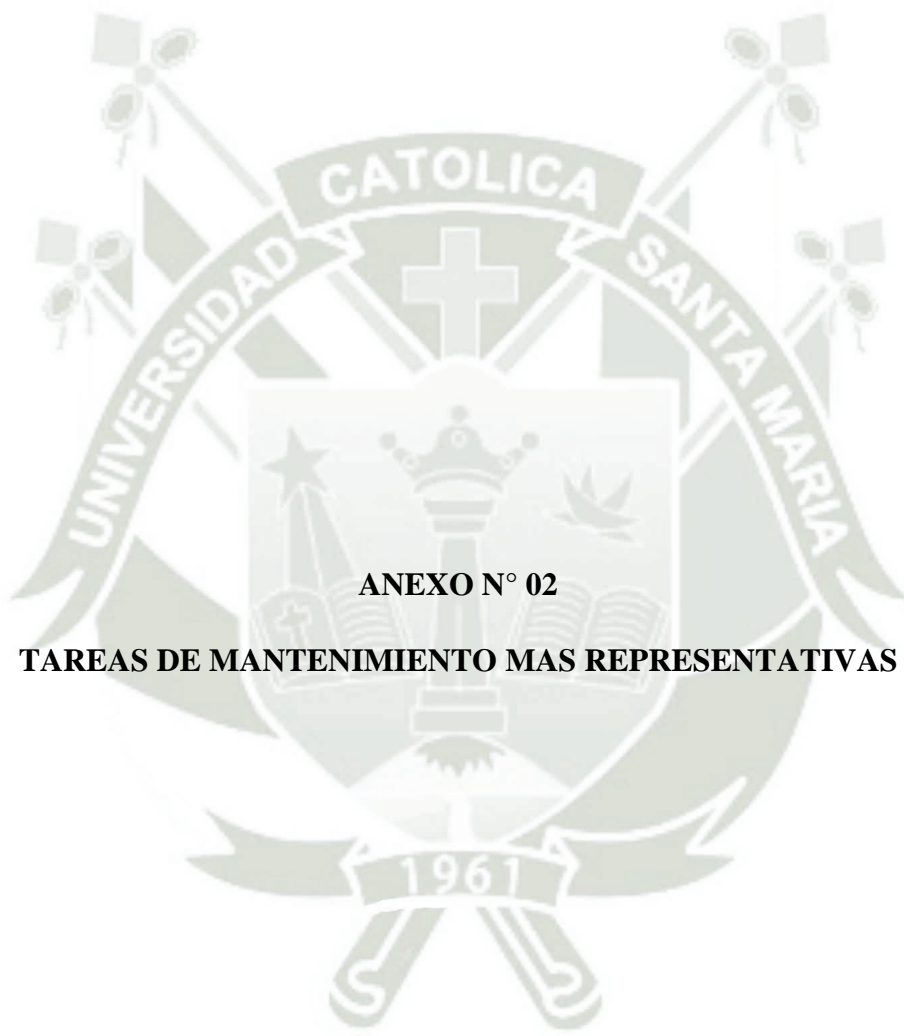


Figura N° 28. Flujograma de decisiones para un RCM



**ANEXO N° 02**

**TAREAS DE MANTENIMIENTO MAS REPRESENTATIVAS**



**ORDEN DE TRABAJO NRO: 19504**

Fecha: 13/09/2021

Responsable: SEGUNDO VERA SANCHEZ

|  |                              |                                 |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - ORLJA TELESCOPICA      | <b>Modelo:</b> RT765E-2      | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                                | <b>Estado Orden:</b> Cerrado | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                               |                              |                                 |
| <b>Referencia:</b> CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE |                              |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>                                 |                              |                                 |

| Horómetros               |                |                |  | Datos Ultimo Servicio     |   |                      |
|--------------------------|----------------|----------------|--|---------------------------|---|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9529 | <b>C:</b> 9529 |  | <b>Nro de OT:</b> 19405   | <b>Fecha:</b> 08/09/2021                          | <b>Horom C:</b> 9508 |
|                          |                |                |  | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE SOLENOIDE DE ARRANQUE |                      |

**TRABAJOS A REALIZAR**

|                                 |
|---------------------------------|
| CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE |
|---------------------------------|

**DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:**

|   |
|---|
| EVAL. DEL EQUIPO POR PERDIDA DE POTENCIA<br>REVISION DE LINEA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE<br>SE REALIZO DESMONTAJE DE FILTRO SEPARADOR PARA SU CAMBIO DEBIDO A LA CONTAMINACIÓN<br>SE REALIZO MONTAJE DE FILTRO NUEVO FS 19732<br>SE REALIZO PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO<br>EQUIPO OPERATIVO<br>FECHA: 13/09/2021 |
|---|

Horómetro(B): 9532

Fecha Ejecución: 13/09/2021



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 12624

Fecha: 22/02/2021

Responsable: EMETERIO JULCA

|  |   |                                 |
|--|---|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA | <b>Modelo:</b> RT765E-2   | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                          | <b>Estado Orden:</b> Cerrado  | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                         | <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS.<br>Sist. Equi. |                                 |

| Horómetros               |                |                | Datos Último Servicio     |   |                      |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 8826 | <b>C:</b> 8826 | <b>Nro de OT:</b> 11921   | <b>Fecha:</b> 10/02/2021                              | <b>Horom C:</b> 8808 |
|                          |                |                | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO/REPARACION DE BOMBA DE FRENO |                      |

#### TRABAJOS A REALIZAR

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 125 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 8875

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

SE REALIZO LO SIGUIENTE  
REVISIÓN DE BATERIAS Y SISTEMA ELÉCTRICO  
REVISIÓN DE FUGAS HIDRAULICAS  
REVISIÓN Y LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE  
REVISIÓN DE NIVELES DE ACEITE DE MOTOR  
REVISIÓN DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD  
ENGRASE DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN  
REVISIÓN DE CABLES, GANCHOS  
EQUIPO QUEDA OPERATIVO  
TECNICOS: CARLOS PINEDA PUJAY  
MOISES MORALES  
HORAS EMPLEADAS 1  
HORÓMETRO: 8827

Horómetro(B): 8827

Fecha Ejecución: 27/02/2021



|   |                              |                                 |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCÓPICA                  | <b>Modelo:</b> RT765E-2      | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE   | <b>Estado Orden:</b> Cerrado | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250  |                              |                                 |
| <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 1000 HRS. |                              |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>  |                              |                                 |

| Horómetros               |                |                |  | Datos Último Servicio     |   |                        |
|--------------------------|----------------|----------------|--|---------------------------|---|------------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 8952 | <b>C:</b> 8952 |  | <b>Nro de OT:</b> 12809   | <b>Fecha:</b> 08/03/2021                                  | <b>Horom C:</b> 8833.5 |
|                          |                |                |  | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE BOMBA HIDRAULICA Y ALTERNADOR |                        |

**TRABAJOS A REALIZAR**

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 1000 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 9000

**DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:**

**TRABAJOS REALIZADOS:**

- SE REALIZÓ EVALUACIÓN DEL EQUIPO
- SE REALIZÓ CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 15W40 5 GLN
- SE REVISÓ FAJA DE MOTOR (REQUIERE CAMBIAR)
- SE REVISÓ NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE
- SE REALIZÓ CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION (CAJAS, CORONAS, CUBOS)
- SE REVISÓ NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO
- SE REVISÓ CONECTORES DE MANGUERAS DE SISTEMA HIDRAULICO
- SE REVISÓ SISTEMA ELECTRICO (BORNE Y CABLE DE BATERIA)
- SE REVISÓ PASTILLAS DE FRENÓ DE ESTACIONAMIENTO
- SE REVISÓ ESTADO DE CABLES DE WINCHE PRINCIPAL Y SECUNDARIO

**IMPLEMENTOS:**

- SE REALIZÓ CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE DE MOTOR N/P LF3970
- SE REALIZÓ CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR N/P FS 19732
- SE REALIZÓ CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE N/P FF5612
- SE REALIZÓ CAMBIO DE FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO N/P AF55015 N/P AF 55309

**SE ADJUNTA:**

- PLAN DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO MECANICO

**HORAS EMPLEADAS:** 5 HORAS

**HOROMETRO:** 8961

**PERSONAL ENCARGADO:**

- SEGUNDO VERA
- RICHARD FLORES

**FECHA DE EJECUCION:** 13-04-2021

**Horómetro(B):** 8961

**Fecha Ejecución:** 13/04/2021



Jefe de Mantenimiento

Responsable

**ORDEN DE TRABAJO NRO: 29210**

Fecha: 15/05/2022

Responsable: OSCAR CAMACHO SANCHEZ

|             |   |               |            |
|-------------|---|---------------|------------|
| Equipo:     | 0001500064 - GRUA TELESCOPICA             | Serie Equipo: | 9200280076 |
| Marca:      | GROVE                                     | Modelo:       | RT700E-2   |
| Servicio:   | 250                                       | Estado Orden: | Cerrado    |
| Referencia: | SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 250 HRS. |               |            |
| Sist. Equi. |   |               |            |

| Horómetros      |       |    |     | Datos Último Servicio |       |            |         |            |                               |          |         |
|-----------------|-------|----|-----|-----------------------|-------|------------|---------|------------|-------------------------------|----------|---------|
| Ini. Trabajo A: | 10080 | B: | 146 | C:                    | 10226 | Nro de OT: | 26598   | Fecha:     | 01/03/2022                    | Horom C: | 10089.2 |
|                 |       |    |     |                       |       | Estado OT: | Cerrado | Actividad: | CAMBIO DE MANGUERA HIDRÁULICA |          |         |

**TRABAJOS A REALIZAR**

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 250 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 10250

**DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:**

**SE REALIZO EL SIGUIENTE TRABAJO :**

- Cambio de aceite motor 15W40 5 GL
- Cambio de Filtro Aceite - LF 3970 1 UND
- Cambio de filtro separador de agua - FLEETGUARD FF5612 1 UND
- Cambio de Filtro Combustible - FLEETGUARD FS 19732 1 UND
- Se realizo muestreo de aceite de motor

**PERSONAL DE TRABAJO :**

- JORGE CUEVA
- HORACIO HUANCAS

**Tiempo de ejecución: 2 HORAS**

Horómetro(B): 213

Fecha Ejecución: 29/05/2022



Fecha: 18/12/2021

Responsable: SEGUNDO VERA SANCHEZ

|             |  |               |            |        |  |
|-------------|--|---------------|------------|--------|--|
| Equipo:     | 0001500064 - GRUA TELESCOPICA              | Serie Equipo: | 9200280076 |        |  |
| Marca:      | GRÖVE                                      | Modelo:       | RT705E-2   | Placa: |  |
| Servicio:   | 250  | Estado Orden: | Cerrado    |        |  |
| Referencia: | SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 2000 HRS. |               |            |        |  |
| Sist. Equi. |  |               |            |        |  |

Horómetros

Ini. Trabajo A: 0      B: 9953      C: 9953

Datos Último Servicio

Nro de OT: 23532      Fecha: 18/12/2021      Horom C: 9948  
Estado OT: Cerrado      Actividad: CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR -  
VENTILADOR

TRABAJOS A REALIZAR

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 2000 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 10000

DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

**SE REALIZO EL SIGUIENTE TRABAJO :**

- Cambio de aceite motor 15W40      5 GL
- Cambio de Filtro Aceite - LF 3970      1 UND
- Cambio de filtro separador de agua - FS 19732      1 UND
- Cambio de Filtro Combustible - FF 5612      1 UND
- Cambio de Filtro Aire PRIMARIO /SECUNDARIO - AF 55015 - AF55309      1 UND C/U
- Se realizo verificación de nivel de liquido refrigerante
- Se realizo cambio de filtro de caja HF 28699      1 UND
- Se realizo cambio de filtro de retorno
- Se realizo cambio de aceite corona y mados finales.
- Se realizo cambio de aceite hidráulico, se verifico estado de conectores y manguera hidráulica
- Se verifico nivel de aceite transmisión.
- Senverifico carga de batería y estado ( nivel de estado acidulada)
- Se verifico estado de cable winche.

**PERSONAL DE TRABAJO :**

- SEGUNDO VERA SANCHEZ
- RIDER CAMPOS
- JESUS CHULLO

Tiempo de ejecución: 10 horas

Horometro: 10024

Fecha de Ejecución: 09/01/2022



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 25517

Fecha: 27/01/2022

Responsable: FABRICIO RENATO RUEDA CERVANTES

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA                                | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE   | <b>Modelo:</b> RT705E-2         |
| <b>Servicio:</b> 250  | <b>Estado Orden:</b> Cerrado    |
| <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS.<br>Sist. Equi. |                                 |

| Horómetros               |                 |                 |  |
|--------------------------|-----------------|-----------------|--|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 10041 | <b>C:</b> 10041 |  |

| Datos Último Servicio     |  |                         |
|---------------------------|--|-------------------------|
| <b>Nro de OT:</b> 24486   | <b>Fecha:</b> 06/01/2022   | <b>Horom C:</b> 10014.2 |
| <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> MANTENIMIENTO - ACCIÓN REQUERIDA SOS, CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR, CAJA REDUCTORA, MALACATE PRINCIPAL Y MALACATE AUXILIAR |                         |

#### TRABAJOS A REALIZAR

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 125 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 10125

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

SE REALIZO LA INSPECCION DE TODOS LOS SISITEMAS

Horómetro(B): 10040

Fecha Ejecución: 27/01/2022





### ORDEN DE TRABAJO NRO: 20159

Fecha: 21/09/2021

Responsable: SAVIER PAUCAR DE LA CRUZ

|   |                              |                                 |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA                                | <b>Modelo:</b> RT705E-2      | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE   | <b>Estado Orden:</b> Cerrado | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250  |                              |                                 |
| <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS.<br>Sist. Equi. |                              |                                 |

| Horómetros               |                |                | Datos Último Servicio     |   |                      |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9580 | <b>C:</b> 9580 | <b>Nro de OT:</b> 19504   | <b>Fecha:</b> 13/09/2021                          | <b>Horom C:</b> 9529 |
|                          |                |                | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE |                      |

#### TRABAJOS A REALIZAR

SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS.

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS:

- REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
- REVISIÓN DE NIVELES
- REVISIÓN DE SISTEMA HyD
- REVISIÓN DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN
- REVISIÓN DE SISTEMA DE RODAMIENTO
- REVISIÓN DE SISTEMA DE FRENO
- REVISIÓN DECAÑERÍAS Y CILINDROS
- REVISIÓN DE WINCHE
- MANTENIMIENTO DE BATERIA
- AJUSTE DE EPERNOS DE MOTOR

SE ADJUNTA: PLAN DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO

HORAS EMPLEADAS: 3HR

PERSONAL A CARGO: SAVIER PAUCAR

HOROMETRO: 9580

Horómetro(B): 9580

Fecha Ejecución: 05/10/2021





### ORDEN DE TRABAJO NRO: 22117

Fecha: 14/11/2021

Responsable: FABRICIO RENATO RUEDA CERVANTES

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA | <b>Modelo:</b> RT705E-2  | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                          | <b>Estado Orden:</b> Cerrado   | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                         | <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS.<br><b>Sist. Equi.</b> |                                 |

| Horómetros               |                |                | Datos Último Servicio     |                                     |                      |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9825 | <b>C:</b> 9825 | <b>Nro de OT:</b> 20991   | <b>Fecha:</b> 20/10/2021            | <b>Horom C:</b> 9712 |
|                          |                |                | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CALIBRACIÓN L.M.I |                      |

#### TRABAJOS A REALIZAR

REALIZAR EL SERVICIO PML DE 125 HORAS CORRESPONDIENTE AL HORÓMETRO 9875

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJO REALIZADO

- SERVICIO COMPLETO DE ACUERDO A SU PLAN ADJUNTO
- REVISIÓN DE NIVELES DE FLUIDOS EN GENERAL
- REVISIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO BATERIAS EN GENERAL
- REVISIÓN DE WINCHES CABLES Y ACCESORIOS
- REVISIÓN DE NEUMÁTICO
- REV. GENERAL DEL EQUIPO

##### EQUIPO OPERATIVO

FECHA: 14\_NOV

Horómetro(B): 9875

Fecha Ejecución: 14/11/2021



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 19191

Fecha: 25/08/2021

Responsable: HORACIO HUANCAS SALVADOR

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA | <b>Modelo:</b> RT765E-2                                      | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                          | <b>Estado Orden:</b> Cerrado                                 | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                         | <b>Referencia:</b> SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 500 HRS. |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>                           |  |                                 |

| Horómetros               |                  |                  | Datos Último Servicio     |  |                        |
|--------------------------|------------------|------------------|---------------------------|--|------------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9450.5 | <b>C:</b> 9450.5 | <b>Nro de OT:</b> 19123   | <b>Fecha:</b> 23/08/2021                                   | <b>Horom C:</b> 9436.5 |
|                          |                  |                  | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE MANGUERA DE SISTEMA HIDRAULICO |                        |

#### TRABAJOS A REALIZAR

SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 500 HRS.

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS.

- CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 15W40 CANT 5 LGN
- CAMBIO DE FILTRO DE ACITE LF 3970 CNAT 1 UND
- CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE FS 19732 CANT 1 UND
- CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE AGUA FF 5612 CANT 1UND
- CAMBIO DE FILTRO DE AIRE PRIMARIO AF 55015 CANT 1UND
- ENGRASE GENERAL
- SE CHEQUEO OTROS NIVELES OK

SE ADJUNTA: PLAN D ELUBRICAICON Y MANTENIMEINTO

##### PERSONAL A CARGO:

- HORACIO HUANCAS
- WILLIAM VILLATE

HOROMETRO: 9485

FECHA DE EJECUCION: 02-09-2021

Horómetro(B): 9485

Fecha Ejecución: 02/09/2021





|             |   |               |          |        |  |
|-------------|---|---------------|----------|--------|--|
| Marca:      | GROVE                                     | Modelo:       | RT705E-2 | Placa: |  |
| Servicio:   | 250                                       | Estado Orden: | Cerrado  |        |  |
| Referencia: | SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS. |               |          |        |  |
| Sist. Equi. |   |               |          |        |  |

| Horómetros      |         |            | Datos Último Servicio   |          |        |
|-----------------|---------|------------|---|----------|--------|
| Ini. Trabajo A: | 0       | B:         | 9079  | C:       | 9079   |
| Nro de OT:      | 14626   | Fecha:     | 26/04/2021  | Horom C: | 8989.4 |
| Estado OT:      | Cerrado | Actividad: | CAMBIO DE MANGUERA DEL HIDRÁULICA DEL ALIMENTADOR DE JOYSTICK |          |        |

TRABAJOS A REALIZAR

|   |
|---|
| SEGÚN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS. |
|---|

DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

|   |
|---|
| <p><b>TRABAJOS REALIZADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>SE REVISÓ NIVELES DE ACEITE DE MOTOR</li><li>SE REVISÓ TENSION DE FAJA DE VENTILADOR</li><li>SE REVISÓ NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE Y ESTADO DE RADIADOR</li><li>SE REVISÓ NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO Y ESTADO DE ENFRIADOR</li><li>SE REVISÓ CILINDROS HIDRAULICOS (VASTAGOS, PRESENCIA DE FUGAS)</li><li>SE REVISÓ CONEXIONES DE MANGUERAS HIDRAULICAS Y ESTADO DE MANGUERAS</li><li>SE REVISÓ NIVEL DE ACEITE D ETRASNMISION Y ESTADO DE ENFRIADOR</li><li>SE REVISÓ CRUCETAS DE CARDAN Y ESTADO DE PASTILLAS DE FRENO DE PARQUEO</li><li>SE REISO NIVEL DE ACEITE DE REDUCTOR DE GIRO Y MANDOS FINALES</li><li>SE REVISÓ CARGA DE BATERIA , SE REVISÓ NIVEL DE AGUA ACUMULADA</li><li>SE VERIFICO NIVEL DE ACEITE Y WINCHES</li><li>SE VERIFICO ESTADO DE CABLES DE WINCHE Y SEGUROS DE WINCHES</li></ul> <p><b>PERSONAL A CARGO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>SEGUNDO VERA</li><li>NESTOR QUIspe</li></ul> <p><b>HOROMETRO: 9095</b></p> <p>SE ADJUNTA:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>PLAN DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO MECANICO</li></ul> <p><b>FECHA DE EJECUCION: 20-5-2021</b></p> <p><b>HORAS EMPLEADAS: 2</b></p> |
|---|

Horómetro(B): 9095

Fecha Ejecución: 20/05/2021



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 23532

Fecha: 18/12/2021

Responsable: OSCAR CAMACHO SANCHEZ

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA                 | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE  | <b>Modelo:</b> RT705E-2         |
| <b>Servicio:</b> 250   | <b>Estado Orden:</b> Cerrado    |
| <b>Referencia:</b> CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR - VENTILADOR |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>   |                                 |

| Horómetros               |                |                | Datos Último Servicio     |   |                      |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9948 | <b>C:</b> 9948 | <b>Nro de OT:</b> 22991   | <b>Fecha:</b> 24/11/2021                    | <b>Horom C:</b> 9855 |
|                          |                |                | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE ENCODER DE GIRO |                      |

#### TRABAJOS A REALIZAR

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS:

- REVISIÓN DE FAJA DE VENTILADOR- ALTERNADOR
- REVISIÓN DE TEMPLADO DE FAJA DE ALTERNADOR
- CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR - VENTILADOR
- NUMERO DE PARTE 90021444 MANITOWAC

PERSONAL A CARGO: OSCAR CAMACHO - JOSE IÑO

HOROMETRO: 9958

FECHA DE EJECUCION: 20.12.2021

Horómetro(B): 9958

Fecha Ejecución: 20/12/2021



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 26598

Fecha: 01/03/2022

Responsable: OSCAR CAMACHO SANCHEZ

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA     | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                              | <b>Modelo:</b> RT705E-2         |
| <b>Servicio:</b> 250                             | <b>Estado Orden:</b> Cerrado    |
| <b>Referencia:</b> CAMBIO DE MANGUERA HIDRÁULICA | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Sist. Equi.</b>                               |                                 |

| Horómetros                   |               |                   | Datos Último Servicio     |   |                         |
|------------------------------|---------------|-------------------|---------------------------|---|-------------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 10080 | <b>B:</b> 9.2 | <b>C:</b> 10089.2 | <b>Nro de OT:</b> 26569   | <b>Fecha:</b> 27/02/2022                        | <b>Horom C:</b> 10089.2 |
|                              |               |                   | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE MANGUERA HIDRÁULICA |                         |

#### TRABAJOS A REALIZAR

CAMBIO DE MANGUERA HIDRÁULICA

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJO REALIZADO:

- EVAL. DE LA FUGA DE ACEITE HIDRÁULICO
- CAMBIO DE 02 MANG. HIDRÁULICAS DE BOMBA HACIA EL FILTRO DE TRANSMISIÓN
- LIMPIEZA DE FUGA HIDRAULICA
- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO - EQUIPO OPERTIVO

##### POR:

- OSCAR CAMACHO SANCHEZ
- GILMER CAMERCOA CRUZ

DURACIÓN: 02 HRS

FECHA: 01 MAR 2022

Horómetro(B): 10

Fecha Ejecución: 01/03/2022



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 15967

Fecha: 09/06/2021

Responsable: OSCAR CAMACHO SANCHEZ

|  |   |                                 |
|--|---|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA | <b>Modelo:</b> RT765E-2                                     | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                          | <b>Estado Orden:</b> Cerrado                                | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                         | <b>Referencia:</b> SEGUN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>                           |   |                                 |

| Horómetros               |                |                | Datos Último Servicio     |   |                        |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---|------------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9149 | <b>C:</b> 9149 | <b>Nro de OT:</b> 15448   | <b>Fecha:</b> 22/05/2021                        | <b>Horom C:</b> 9094.3 |
|                          |                |                | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE ACEITE EN MALACATES |                        |

#### TRABAJOS A REALIZAR

SEGUN PLANOS DE MANTENIMIENTO DE 125 HRS

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS:

- REVISIÓN DE NIVELES DE ACEITE Y REFRIGERANTE
- REVISIÓN DE BATERIAS Y CONEXIONES ELECTRICAS
- LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE
- REVISIÓN DE MANGUERAS Y CONEXIONES HIDRAULICAS
- REVISIÓN DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD
- REVISIÓN DE LUCES EN GENERAL
- ELIMINACIÓN DE FUGAS HIDRAULICAS
- ENGRASE DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN
- EQUIPO OPERATIVO

##### PERSONAL A CARGO:

- SEGUNDO VERA
- OSCAR CAMACHO

HORAS TRABAJADAS: 2 HR

HOROMETRO: 9158

FECHA DE EJECUCION: 09-06-2021

Horómetro(B): 9152

Fecha Ejecución: 09/06/2021





### ORDEN DE TRABAJO NRO: 17190

Fecha: 06/07/2021

Responsable: SEGUNDO VERA SANCHEZ

|  |                              |                                 |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA | <b>Modelo:</b> RT765E-2      | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE                          | <b>Estado Orden:</b> Cerrado | <b>Placa:</b>                   |
| <b>Servicio:</b> 250                         |                              |                                 |
| <b>Referencia:</b> CAMBIO DE MANGUERA        |                              |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>                           |                              |                                 |

| Horómetros               |                  |                  |  |
|--------------------------|------------------|------------------|--|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 9294.5 | <b>C:</b> 9294.5 |  |

| Datos Último Servicio     |  |                        |
|---------------------------|--|------------------------|
| <b>Nro de OT:</b> 17187   | <b>Fecha:</b> 07/07/2021   | <b>Horom C:</b> 9281.5 |
| <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> MANTENIMIENTO PREDICTIVO-TOMA DE MUESTRA DE ACEITE |                        |

#### TRABAJOS A REALIZAR

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS:

- SE REALIZÓ DESMONTAJE DE MANGUERA DEL SISTEMA HIDRAULICO PARA SU CAMBIO
- SE REALIZÓ MONTAJE DE MANGUERAS
- SE REALIZÓ PRUEBA DE EQUIPO
- SE REVISÓ NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO

##### PERSONAL A CARGO:

- SEGUNDO VERA
- OSCAR CAMACHO

HOROMETRO: 9288

FECHA DE EJECUCION: 09-07-2021

HORAS TRABAJADAS: 3 HR

Horómetro(B): 9288

Fecha Ejecución: 09/07/2021





OBRA: 1877 - K-172 CONCENTRADORA NORTE -  
QUELLAVECO  
SISME - Sistema de Mantenimiento de Equipos

Fecha Reporte: 27/06/2022  
Hora Reporte: 4:49:23 PM  
Página 22 de 35

### ORDEN DE TRABAJO NRO: 19123

Fecha: 23/08/2021

Responsable: SEGUNDO VERA SANCHEZ

|             |  |               |            |
|-------------|--|---------------|------------|
| Equipo:     | 0001500064 - GRUA TELESCOPICA            | Serie Equipo: | 9200280076 |
| Marca:      | GROVE                                    | Modelo:       | RT765E-2   |
| Servicio:   | 250                                      | Estado Orden: | Cerrado    |
| Referencia: | CAMBIO DE MANGUERA DE SISTEMA HIDRAULICO |               |            |
| Sist. Equi. |  |               |            |

| Horómetros      |   |    |        | Datos Último Servicio |        |            |         |            |                      |          |        |
|-----------------|---|----|--------|-----------------------|--------|------------|---------|------------|----------------------|----------|--------|
| Ini. Trabajo A: | 0 | B: | 9436.5 | C:                    | 9436.5 | Nro de OT: | 18118   | Fecha:     | 26/07/2021           | Horom C: | 9324.6 |
|                 |   |    |        |                       |        | Estado OT: | Cerrado | Actividad: | CAMBIO DE CONECTORES |          |        |

#### TRABAJOS A REALIZAR

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

##### TRABAJOS REALIZADOS:

- SE REALIZÓ DESMONTAJE DE MANGUERA HIDRAULICA PARA SU CAMBIO
- SE REALIZÓ MONTAJE D EMANGUERA DE BLOQUE DEL PEDAL DE FRENO AL SWITCH
- SE VERIFICÓ NIVE DE ACEITE HIDRAULICO OK
- PRUEBA DE EQUIPO

PERSONAL A CARGO: SEGUNDO VERA

HORAS EMPLEADAS: 2 HR

HOROMETRO: 9440

FECHA DE EJECUCION: 23-08-2021

Horómetro(B): 9440

Fecha Ejecución: 23/08/2021



### ORDEN DE TRABAJO NRO: 12809

Fecha: 08/03/2021

Responsable: ELMER OCON RAMOS

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Equipo:</b> 0001500064 - GRUA TELESCOPICA               | <b>Serie Equipo:</b> 9200280076 |
| <b>Marca:</b> GROVE  | <b>Modelo:</b> RT705E-2         |
| <b>Servicio:</b> 250                                       | <b>Estado Orden:</b> Cerrado    |
| <b>Referencia:</b> CAMBIO DE BOMBA HIDRAULICA Y ALTERNADOR |                                 |
| <b>Sist. Equi.</b>   |                                 |

| Horómetros               |                  |                  | Datos Último Servicio     |  |                      |
|--------------------------|------------------|------------------|---------------------------|--|----------------------|
| <b>Ini. Trabajo A:</b> 0 | <b>B:</b> 8833.5 | <b>C:</b> 8833.5 | <b>Nro de OT:</b> 12754   | <b>Fecha:</b> 03/03/2021               | <b>Horom C:</b> 8833 |
|                          |                  |                  | <b>Estado OT:</b> Cerrado | <b>Actividad:</b> CAMBIO DE ALTERNADOR |                      |

#### TRABAJOS A REALIZAR

#### DESCRIPCION REFERENCIAL DE TRABAJOS REALIZADOS:

|  |
|--|
| <p>SE REALIZARON LOS SIGUIENTES TRABAJOS</p> <p>REALIZADO DEL IPERC CONTINUO</p> <p>BLOQUEO Y ETIQUETADO DEL EQUIPO</p> <p>DESMONTAJE DE BOMBA HIDRAULICA, FRENO LMPIEZA</p> <p>SE CAMBIO LO SIGUIENTE</p> <p>1 BOMBA HIDRAULICA FRENO (USADO) NO DE PARTE 7722100098 "GROVE"</p> <p>1 ALTERNADOR NO PARTE 80021800 "GROVE" (USADO)</p> <p>PURGADO DE SISTEMA HYD DE BOMBA PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO</p> <p>EUIPO QUEDA OPERATIVO</p> <p>TECNICO: FABRICIO LIVIA</p> <p>ELMER OCON</p> <p>HOROMETRO: 8831</p> |
|--|

Horómetro(B): 8833.5

Fecha Ejecución: 08/03/2021

