

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Propuesta de un plan de mantenimiento para la  
flota de soporte de una empresa minera**

Alexander Alex Morales Chavez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Lima, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# TESIS ALEXANDER

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

24%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://safetyculture.com">safetyculture.com</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://repositorio.utp.edu.pe">repositorio.utp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

---

10	<a href="http://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.anh.gov.co">www.anh.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Virtual - UDG Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

22	<a href="http://proyectocontrolymejora.blogspot.com">proyectocontrolymejora.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://s-salud.hidalgo.gob.mx">s-salud.hidalgo.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://mantenimiento.win">mantenimiento.win</a> Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
28	<a href="http://continuousmanageme.wixsite.com">continuousmanageme.wixsite.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.esge.edu.pe">repositorio.esge.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://repository.unilibre.edu.co">repository.unilibre.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Chartered Accountants ANZ Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %

33	<a href="http://repositorio.uwiener.edu.pe">repositorio.uwiener.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://predictiva21.com">predictiva21.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Central Queensland University Trabajo del estudiante	<1 %
37	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
40	Submitted to University of Wales central institutions Trabajo del estudiante	<1 %
41	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
43	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %

44	<a href="https://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="https://repositorio.ufpso.edu.co">repositorio.ufpso.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="https://repositorio.unesum.edu.ec">repositorio.unesum.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
49	<a href="https://www.komaxgroup.com">www.komaxgroup.com</a> Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
51	<a href="https://repositorio.ecci.edu.co">repositorio.ecci.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
52	Submitted to UNAPEC Trabajo del estudiante	<1 %
53	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="https://repositorio.upa.edu.pe">repositorio.upa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

55	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://www.eumed.net">www.eumed.net</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://maquinariatid.blogspot.com">maquinariatid.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://munitalara.gob.pe">munitalara.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://journalingeniar.org">journalingeniar.org</a> Fuente de Internet	<1 %
61	Submitted to Universidad Rey Juan Carlos Trabajo del estudiante	<1 %
62	<a href="http://dspace.esoch.edu.ec">dspace.esoch.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://www.theibfr.com">www.theibfr.com</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://gachancipa-cundinamarca.gov.co">gachancipa-cundinamarca.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://repositorio.ulasamericas.edu.pe">repositorio.ulasamericas.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

67	<a href="https://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://www.brandhunter.pl">www.brandhunter.pl</a> Fuente de Internet	<1 %
69	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
70	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1 %
71	<a href="http://agenciaperu.com">agenciaperu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="https://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="https://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="https://repositorio.uigv.edu.pe">repositorio.uigv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
75	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
76	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
77	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %

78	<a href="http://biblioteca2.ucab.edu.ve">biblioteca2.ucab.edu.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
79	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
80	<a href="http://repositorio.upci.edu.pe">repositorio.upci.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="http://revistas.ucm.es">revistas.ucm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
82	Submitted to City University Trabajo del estudiante	<1 %
83	Moreno, Juan Carlos Guibovich   Fernández, Liz Miriam Jiménez. "La revaluación De Propiedad, Planta y Equipo De La Empresa G&M Biddle Contratistas Su Impacto Tributario y Financiero", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2022 Publicación	<1 %
84	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
85	<a href="http://asesorias.com">asesorias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
86	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
87	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

88	<a href="http://repositorio.utelesup.edu.pe">repositorio.utelesup.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
89	<a href="http://revistas.ces.edu.co">revistas.ces.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
90	<a href="http://www.anda.gob.sv">www.anda.gob.sv</a> Fuente de Internet	<1 %
91	<a href="http://www.centrocheckpoint.com">www.centrocheckpoint.com</a> Fuente de Internet	<1 %
92	<a href="http://www.diconsa.gob.mx">www.diconsa.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
93	<a href="http://www.kerwa.ucr.ac.cr">www.kerwa.ucr.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
94	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
95	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
96	<a href="http://repositorio.up.edu.pe">repositorio.up.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
97	<a href="http://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1 %
98	<a href="http://www.briggsandstratton.com">www.briggsandstratton.com</a> Fuente de Internet	<1 %
99	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1 %

100	<a href="http://www.dama.gov.co">www.dama.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
101	<a href="http://www.ruclip.com">www.ruclip.com</a> Fuente de Internet	<1 %
102	<a href="http://www.sunass.gob.pe">www.sunass.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
103	Espinoza Rivera, Jorge Martin. "Buenas Practicas en la Gestion de la Eficiencia Operacional Casos de Empresas del Sector Transporte Terrestre de Combustibles Liquidos en el Peru", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 Publicación	<1 %
104	Submitted to Florida International University Trabajo del estudiante	<1 %
105	Juan Manuel Carricondo Antón. "Utilización de residuos vegetales para la eliminación de fósforo en aguas residuales mediante procesos de adsorción", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publicación	<1 %
106	<a href="http://cienciadigital.org">cienciadigital.org</a> Fuente de Internet	<1 %
107	<a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a> Fuente de Internet	<1 %

108	<a href="http://members.tripod.cl">members.tripod.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
109	<a href="http://ojs.docentes20.com">ojs.docentes20.com</a> Fuente de Internet	<1 %
110	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
111	<a href="http://repositorio.uide.edu.ec">repositorio.uide.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
112	<a href="http://sahiradetodounpoco.blogspot.com">sahiradetodounpoco.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
113	<a href="http://www.auditoria.gov.co">www.auditoria.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
114	<a href="http://www.comafi.com.ar">www.comafi.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
115	<a href="http://www.comfama.com">www.comfama.com</a> Fuente de Internet	<1 %
116	<a href="http://www.consumer.es">www.consumer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
117	<a href="http://www.hear-it.org">www.hear-it.org</a> Fuente de Internet	<1 %
118	<a href="http://www.manifiestos.com">www.manifiestos.com</a> Fuente de Internet	<1 %
119	<a href="http://www.medicinachinahoy.net">www.medicinachinahoy.net</a> Fuente de Internet	<1 %

120

Submitted to Aliat Universidades

Trabajo del estudiante

<1 %

121

Tello, Carolina Arévalo | Yarlequé, Miriam Gissella Carrasco | Cruz, Oswaldo Jesús Veas Santa | Yimen, Wilder Adolfo Olaya. "Modelo Prolab: Propuesta de un Modelo de Negocio Basado en una Infraestructura de Telecomunicaciones Inalámbrica para Brindar Conectividad a Internet Fijo Ilimitado en Zonas Rurales", Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru), 2022

Publicación

<1 %

122

Vasquez Saavedra, Melvin Nestor. "Propuesta de mejora en el servicio de atención de aeronaves ofrecido por una empresa del sector aeroportuario.", Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Peru), 2020

Publicación

<1 %

123

[eduardomartinezconalep183.wordpress.com](http://eduardomartinezconalep183.wordpress.com)

Fuente de Internet

<1 %

124

[elcooperadordigital.com](http://elcooperadordigital.com)

Fuente de Internet

<1 %

125

[eprints.ucm.es](http://eprints.ucm.es)

Fuente de Internet

<1 %

126

[lacamara.pe](http://lacamara.pe)

Fuente de Internet

<1 %

127	<a href="http://polodelconocimiento.com">polodelconocimiento.com</a> Fuente de Internet	<1 %
128	<a href="http://repositorio.ucsp.edu.pe">repositorio.ucsp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
129	<a href="http://repositorio.unan.edu.ni">repositorio.unan.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
130	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
131	<a href="http://repositorio.unemi.edu.ec">repositorio.unemi.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
132	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
133	<a href="http://rraae.cedia.edu.ec">rraae.cedia.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
134	<a href="http://www.boliviaturring.com">www.boliviaturring.com</a> Fuente de Internet	<1 %
135	<a href="http://www.mintrabajo.gov.bo">www.mintrabajo.gov.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
136	<a href="http://www.mop.gob.sv">www.mop.gob.sv</a> Fuente de Internet	<1 %
137	<a href="http://www.proz.com">www.proz.com</a> Fuente de Internet	<1 %
138	<a href="http://www.race.es">www.race.es</a> Fuente de Internet	<1 %

139	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
140	<a href="http://www.uncuyo.edu.ar">www.uncuyo.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
141	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 31 (2015)", Brill, 2017 Publicación	<1 %
142	<a href="http://manualzilla.com">manualzilla.com</a> Fuente de Internet	<1 %
143	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 1 (1985)", Brill, 1987 Publicación	<1 %
144	Borja Usquiano, Jimmy   Landa Abad, Manuel   Perez Tuesta, Luisa Rosa   Toro Vilchez, Carlos. "Planeamiento Estrategico del Sistema de Sociedades Agentes de Bolsa en El Peru", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021 Publicación	<1 %
145	Nerea María Gómez Fernández. "Use of Statistical Methods for the Analysis of Educational Data: the Role of ICTs in the Educational Context", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir unas de mis metas, gracias también a la universidad por apoyarme en mi formación profesional, gracias a cada uno de mis docentes, que fueron mis guías durante mi formación, finalmente, gracias a la Facultad de Ingeniería Industrial.

## **DEDICATORIA**

A mi señor padre, que Dios lo tenga en su gloria y, a mi señora madre, por ser mi inspiración y fortaleza para seguir adelante, por estar siempre presente en las buenas y malas, inculcándome valores y esfuerzo para cumplir mis metas.

## ÍNDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>ix</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>x</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xi</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>15</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	<b>15</b>
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema .....	16
1.1.2.1. Problema general.....	16
1.1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.2. Objetivos .....	<b>17</b>
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos .....	17
1.3. Justificación .....	<b>17</b>
1.3.1. Justificación teórica .....	17
1.3.2. Justificación práctica.....	17
1.3.3. Justificación social .....	18
1.4. Hipótesis y descripción de las variables .....	<b>18</b>
1.4.1. Hipótesis .....	18
1.4.1.1. Hipótesis general.....	18
1.4.1.2. Hipótesis específicas .....	18
1.4.2. Variables .....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	<b>20</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	21
2.2. Bases teóricas .....	<b>23</b>

2.2.1. Propósitos del mantenimiento.....	23
2.2.1.1. Objetivo de disponibilidad .....	23
2.2.2. El objetivo de fiabilidad.....	24
2.2.3. La vida útil de la planta.....	25
2.2.4. El cumplimiento del presupuesto.....	25
2.2.5. Ventajas del mantenimiento.....	26
2.2.6. Desventajas del mantenimiento .....	26
2.2.7. Tipos de mantenimiento.....	26
2.2.7.1. Mantenimiento autónomo .....	26
2.2.7.2. Mantenimiento preventivo .....	27
2.2.7.3. Mantenimiento correctivo .....	28
2.2.7.4. Mantenimiento predictivo .....	28
2.2.7.5. Mantenimiento productivo total.....	28
2.2.7.6. Mantenimiento de actualización .....	29
2.2.7.7. Mantenimiento centrado en la fiabilidad.....	29
2.2.8. Fases de mantenimiento preventivo.....	29
2.2.9. Tipo de fallas .....	29
<b>2.3. Definición de términos básicos .....</b>	<b>30</b>
2.3.1. Mantenimiento .....	30
2.3.2. Mantenimiento preventivo .....	30
2.3.3. Máquina .....	30
2.3.4. Falla .....	30
2.3.5. Fallas tempranas .....	31
2.3.6. Parada de máquina .....	31
2.3.7. Tiempo medio para reparar .....	31
2.3.8. Tiempo medio entre fallas .....	31
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>32</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
3.1. Métodos y alcance de la investigación .....	32
3.2. Diseño de la investigación .....	32
3.3. Población y muestra .....	33
3.3.1. Población .....	33
3.3.2. Muestra .....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección.....	33
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>34</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	<b>34</b>
4.1.1. Políticas de la empresa.....	35
4.1.2. Objetivos de mantenimiento .....	36
4.1.2.1. Objetivos generales de mantenimiento .....	36
4.1.2.2. Objetivos específicos de mantenimiento.....	36
4.1.3. Mantenimiento actual.....	36
4.1.3.1. Análisis de criticidad.....	37
4.1.3.2. Gestión de mantenimiento.....	38
4.1.3.3. Planificación.....	38
4.1.3.4. Programación de mantenimiento.....	40
4.1.3.5. Mantenimiento predictivo .....	41
4.1.3.6. Mantenimiento correctivo .....	42
4.1.3.7. Buenas prácticas.....	43
4.1.3.8. Mantenimiento autónomo .....	48
4.1.3.9. Cuidado de medio ambiente.....	52
4.1.3.10. Plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias .....	53
4.1.3.11. Ejecución .....	54
4.1.4. Análisis económico .....	68
4.1.4.1. Inversión.....	68
4.1.4.2. Gastos operativos .....	71
4.1.4.3. Ahorro .....	74
4.1.4.4. Cálculo del costo de mantenimiento antes de la propuesta.....	75
4.1.4.5. Flujo de caja.....	76
4.1.4.6. VAN-TIR .....	77
4.2. Discusión de resultados .....	<b>77</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>80</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>81</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	19
Tabla 2. Equipos de maquinaria pesada y de transporte considerados en la unidad de estudio .....	33
Tabla 3. Diagnóstico del problema y causa raíz .....	37
Tabla 4. Estrategia de mantenimiento por horas de trabajo .....	38
Tabla 5. Programa de mantenimiento .....	39
Tabla 6. Materiales y consumibles para mantenimiento .....	40
Tabla 7. Mano de obra para mantenimiento .....	40
Tabla 8. Programación semanal .....	40
Tabla 9. Hoja de registro - correctivos.....	43
Tabla 10. Cronograma de capacitación.....	48
Tabla 11. Lista de verificación.....	49
Tabla 12. Verificación del estado .....	49
Tabla 13. Observaciones (plantilla) .....	50
Tabla 14. Cartilla de lubricación.....	51
Tabla 15. Disponibilidad de flota.....	55
Tabla 16. Fallas en la flota.....	59
Tabla 17. Cuadro de MTBF .....	60
Tabla 18. Cuadro de MTTR.....	61
Tabla 19. Cartilla de programa de mantenimiento.....	64
Tabla 20. Formato análisis de falla de máquina.....	65
Tabla 21. Disponibilidad por familia post implementación del plan de mantenimiento. ....	66
Tabla 22. Eventos y tiempos de inactividad postaplicación de la propuesta .....	67
Tabla 23. Gastos preoperativos .....	69
Tabla 24. Costos de capacitación a personal.....	70
Tabla 25. Rotación de personal.....	70
Tabla 26. Costo de capacitación por rotación de personal.....	71
Tabla 27. Total de inversión .....	71
Tabla 28. Presupuesto de mantenimiento PM01 - 250 h .....	71
Tabla 29. Presupuesto de mantenimiento PM02 - 500 h .....	72
Tabla 30. Presupuesto de mantenimiento PM03 - 1000 h .....	72
Tabla 31. Presupuesto de mantenimiento PM04 - 2000 h .....	72
Tabla 32. Costo total de mantenimiento anual - propuesto.....	73
Tabla 33. Costo por asistencia a capacitación.....	73

Tabla 34. Costo por asistencia a capacitación por rotación de personal .....	74
Tabla 35. Total de gastos operativos.....	74
Tabla 36. Cálculo del ahorro.....	75
Tabla 37. Costo total de mantenimiento anual – antes de la propuesta .....	75
Tabla 38. Flujo de caja de la propuesta.....	77
Tabla 39. VAN-TIR de la propuesta.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del sistema de funcionamiento empresarial.....	37
Figura 2. Cumplimiento de programación mensual.....	41
Figura 3. Prueba de NDT en tapa de balancín de motor .....	41
Figura 4. Resultado de análisis de aceite .....	42
Figura 5. Orden de materiales y herramientas .....	45
Figura 6. Limpieza y mantenimiento .....	46
Figura 7. Estandarización y señales .....	47
Figura 8. Orden y disciplina.....	47
Figura 9. Dispositivos de bloqueo y etiquetado .....	50
Figura 10. Estación de residuos .....	53
Figura 11. Diagrama de fallas en los equipos de soporte.....	57
Figura 12. Fallas en la flota según el diagrama de Pareto.....	60

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la manera en que un plan de mantenimiento de flota de soporte repercute en el sistema de producción de una empresa minera. Este objetivo responde a una realidad problemática de las empresas que se dedican al rubro minero que, muchas veces, no ponen en consideración la importancia de un plan de mantenimiento de sus flotas de soporte. En cuanto al aspecto metodológico, se trata de una investigación descriptiva, diseño no experimental, tipo aplicada, considerando como instrumento la ficha de registro de datos de flotas vehiculares, comprendiendo un total de 60 vehículos que forman parte de la población y muestra censal. Los hallazgos determinaron que la falta de control de los vehículos, ausencia de estadística de fallas, falta de indicadores de gestión, carencia de gestión de información, retraso en la adquisición de repuestos, son los factores que afectan la producción de una empresa minera. Se concluyó que el formato del control permanente de los vehículos permite realizar un mantenimiento preventivo, disminuyendo los costos de inversión favoreciendo el incremento de productividad.

**Palabras claves:** empresa minera, flota de soporte, mantenimiento

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the way in which a support fleet maintenance plan affects the production system of a mining company. This objective responds to a problematic reality of the companies that are dedicated to the mining sector that often do not consider the importance of a maintenance plan for their support fleets. Regarding the methodological aspect, it is a descriptive research, non-experimental design, applied type, considering the vehicle fleet data record sheet as an instrument, comprising a total of sixty vehicles that are part of the population and census sample. They determined that the lack of control of the vehicles, absence of failure statistics, lack of management indicators, lack of information management, delay in the acquisition of spare parts, are the factors that cancel the production of a mining company. It is concluded that the format of the permanent control of the vehicles allows preventive maintenance to be carried out, reducing investment costs, favoring increased productivity.

**Keywords:** maintenance, mining company, support fleet

## INTRODUCCIÓN

Desde una comprensión general, la actividad minera es una de las más rentables en el mundo, pero también de mayor responsabilidad económica, social y ambiental. Razón por la que, en estos años, se han ido implementando nuevos mecanismos de control gubernamental a través de la emisión de normativas encaminadas a un mayor control de la actividad extractiva, comercializadora y distributiva de recursos de forma equitativa que favorezca no solamente el desarrollo de las regiones donde se encuentren los yacimientos mineros, sino también del país, en el marco de lo establecido por los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) basados en los principios de integralidad, universalidad, rendición de cuentas y responsabilidad compartida.

En el contexto peruano, el sector minero, a raíz de la pandemia de covid-19 que inició en los primeros meses del 2020, tuvo un retroceso considerable. Sin embargo, el PBI minero para el 2021 se elevó en un 11.4 % con una proyección de incremento de 6.9 % para el 2022, lo que significa que el sector minero es uno de los rubros con mejor pronóstico de incremento, revirtiéndose en la mejora económica del país. Por ende, este breve pronóstico implica poner en la palestra no solamente la importancia del sector minero en el país, sino también el sistema operativo que subyace dentro de las actividades propiamente dichas que, necesariamente, pasan por un tema logístico, provisión de recursos humanos, tecnología, y diversos tipos de herramientas como medios que permiten llevar a cabo la actividad minera, los que requieren de un plan de mantenimiento de manera permanente.

Por tal razón, se considera relevante esta investigación y amerita un estudio detallado sobre la importancia de la actividad minera para el Perú por generar mayores ingresos al fisco y generación del empleo, además, porque en el sistema de operaciones de las empresas mineras se requiere de un plan de mantenimiento permanente sobre sus flotas de soporte. El objetivo de esta investigación es describir en qué medida el diseño de un plan de mantenimiento de flota de soporte repercute en el sistema de producción de una empresa minera. Esta finalidad del trabajo se sustenta previamente en la descripción de una realidad problemática que gira en torno a la empresa, que no tiene un plan de mantenimiento debidamente diseñado, a pesar de que es una empresa en operación. En ese sentido, la falta de un plan de diseño debidamente elaborado repercute de manera negativa no solamente en los equipos, sino también, en la actividad productiva de la minera. Ante esta situación, se hace una descripción de lo que significa el mantenimiento de flota de soporte en sus diversas modalidades, tales como volquetes, excavadoras, grúas, cargador frontal, entre otras, que requieren de un mantenimiento a nivel preventivo, correctivo y predictivo.

Con respecto al mantenimiento preventivo que es el más preponderante considerar en este apartado introductorio, la información señala que esta modalidad implica establecer los ajustes de los diferentes parámetros de los equipos a fin que estén calibrados de acuerdo a las especificaciones establecidas por el fabricante, lo que significa realizar actividades de limpieza a nivel interno y externo, los ajustes, lubricación de los elementos mecánicos y detección de cualquier tipo de falencia que podría comprometer el normal funcionamiento del equipo. Como afirma Loyola (1), el mantenimiento preventivo implica identificar las señales de alerta temprana de un posible defecto a fin de evitar mayores riesgos y el paso al mantenimiento correctivo. Pues, la detección temprana de este tipo de riesgos podría implicar la reducción hasta de un 25 % del consumo de energía, aparte de la reducción de costos empresariales (2).

Además, la presente investigación es un aporte a los conceptos administrativos que son utilizados en el rubro de mantenimiento de flota de soporte con todo el sistema de gestión que ello significa. Para realizar el análisis de pérdida de tiempo de parada se aplica el diagrama de Ishikawa, también conocido como el diagrama de causa y efecto, con la finalidad de buscar el incremento de la rentabilidad de la empresa, en este caso, de una empresa minera. Para ello, la investigación se estructura en los siguientes capítulos:

En el capítulo I se establece el planteamiento del problema de la investigación, los objetivos, justificación teórica, práctica y social, y el planteamiento de la hipótesis con respecto al tema de investigación como posibles respuestas a la problemática.

El capítulo II comprende el marco teórico con los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas que sustentan la investigación con respecto el plan de mantenimiento, presupuesto, fiabilidad, los tipos de mantenimiento, fases y posibles fallas en el sistema de operación de equipos en sus diferentes modalidades. Además, presenta la definición de los términos básicos sobre cada una de las variables de la investigación.

En el capítulo III se establece el método de investigación, sus alcances, diseño, población y muestra, instrumentos de recolección de datos, tales como el registro de actividades, observación, análisis documental, entre otros.

Por último, el capítulo IV comprende los resultados y discusión de la investigación, resultados del tratamiento de la información, las políticas que se manejan dentro de la empresa y los objetivos del mantenimiento.

Finalmente, se establecen las conclusiones de acuerdo con los objetivos establecidos, recomendaciones correspondientes, la lista de referencias y los anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Una propuesta de plan de mantenimiento para la flota de soporte es una necesidad apremiante para las empresas que requieren optimizar sus servicios y producción. La detección temprana de alguna falencia en un determinado instrumento de soporte permite minimizar el riesgo y evitar que pase a una fase de mantenimiento correctivo. Ello significa llevar control detallado de los ajustes necesarios cumpliendo con los parámetros establecidos por el fabricante, limpieza a nivel interno y externo, a fin de descubrir una posible falla que podría afectar el normal funcionamiento del equipo. Pues, en un primer momento, se trata de poner mayor atención en el mantenimiento preventivo que forma parte de un plan que se realiza previa a la detección de alguna avería en el equipo o en caso de detectarse alguna falla se puede plantear alternativa de solución de manera anticipada a los defectos posteriores.

Sin embargo, a pesar de que es de conocimiento de la importancia de este tipo de mantenimientos, no siempre las empresas del rubro minero ponen mayor atención en ello. Por ende, se puede afirmar que existe una negligencia en este aspecto, lo que perjudica el sistema de producción empresarial con la obtención de mayores ganancias. Pues, un instrumento averiado deja de funcionar por el tiempo que demande su reparación y ese periodo significa pérdida de rentabilidad para la empresa.

Por eso, según Riera (3) el mantenimiento preventivo permite mejorar la capacidad de producción, optimización de tiempo y recursos. Por lo que, es de vital importancia la detección temprana de las fallas que podrían presentar los equipos de

soporte. Según Villegas (4), la implementación de un plan de mantenimiento genera aumento en la disponibilidad de los equipos que conlleva a un mayor rendimiento y rentabilidad empresarial.

Por ende, la presente investigación busca proponer un plan de mantenimiento para la flota de soporte de una empresa minera, que cuenta con una buena cantidad de maquinarias propias, pero también labora de manera conjunta con personas naturales que cuentan con maquinarias orientadas al rubro de la actividad minera.

Pues, es evidente que los equipos de mantenimiento para las empresas mineras, sobre todo, con respecto a los vehículos de transporte, con el paso del tiempo y el uso permanente presentan desperfectos, lo que implica la paralización de la misma para su respectivo mantenimiento, aunque dicha paralización significa un desmedro económico para la empresa, con la agravante que si el deterioro es de mayor dimensión el tiempo de paralización también lo es. En ese orden, es menester implementar un plan de mantenimiento de la flota de soporte, el mismo que sea debidamente estructurado tanto en el fondo (aspectos normativos) como en la forma (aspectos físicos y ambientales), todo ello, con la finalidad de obtener mayores resultados en el sistema de producción y optimización de recursos.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿De qué forma el diseño de un plan de mantenimiento de flota de soporte repercute en el sistema de producción de una empresa minera?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera se incrementa la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera?
- ¿Cómo se reduce el tiempo de parada del equipo en mantenimiento de la flota de soporte de una empresa minera?
- ¿Cuáles son las causas que afectan la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la manera en que un plan de mantenimiento de flota de soporte repercute en el sistema de producción de una empresa minera.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Establecer la forma de incrementar la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera.
- Analizar el modo de reducción de tiempo de parada del equipo en mantenimiento de la flota de soporte de una empresa minera.
- Establecer el diagrama de causa y efecto para identificar las posibles causas que afectan la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera.

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación teórica**

Esta investigación tiene justificación teórica porque se sustenta en los estudios teóricos previos, conocimientos que se han generado a lo largo del tiempo con respecto a las variables de investigación. En ese sentido, el diseño de un plan de mantenimiento resulta favorable tanto para la empresa de soporte, como para los trabajadores. Además, el conocimiento de los aspectos logísticos, técnicos y administrativos son elementos claves para optimizar los servicios y, sobre todo, evitar la pérdida de tiempo. Para ello, es de vital importancia determinar las causas y efectos de un plan de mantenimiento utilizando el diagrama de Ishikawa.

### **1.3.2. Justificación práctica**

Tiene justificación práctica porque la propuesta de un plan de mantenimiento tiene una incidencia positiva en la empresa. Con ello se evita la pérdida de tiempo y dinero de manera innecesaria y se convierte en un mecanismo de optimización de recursos para generar mayor rentabilidad empresarial. Además, con ello se soluciona una realidad problemática que consiste en la falta de una cultura preventiva de las empresas del rubro minero. Pues, no hay nada mejor que prevenir ciertas situaciones a fin de no arribar a los aspectos correctivos y predictivos de un plan de mantenimiento.

### **1.3.3. Justificación social**

La presente investigación tiene como finalidad facilitar el trabajo a los colaboradores de una empresa minera, así como mejorar las condiciones de trabajo. De igual forma, el buen funcionamiento de los equipos de trabajo genera mayor rentabilidad y mejores ingresos económicos que beneficien a los trabajadores y puedan permitir realizar actividad de responsabilidad social en el marco de la ODS que es un imperativo para todas las empresas.

## **1.4. Hipótesis y descripción de las variables**

### **1.4.1. Hipótesis**

#### **1.4.1.1. Hipótesis general**

El plan de mantenimiento para la flota de soporte permite incrementar la producción de una empresa minera.

#### **1.4.1.2. Hipótesis específicas**

- El plan de mantenimiento para la flota de soporte permite el incremento de la disponibilidad de equipos de una empresa minera.
- El plan de mantenimiento permite la reducción del tiempo de parada del equipo en mantenimiento de la flota de soporte de una empresa minera.
- El diagrama de causa y efecto permite identificar las posibles causas que afectan la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera.

### 1.4.2. Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Actividades / indicadores
VI Mantenimiento de la flota de soporte	Conjunto de vehículos destinados a transportar mercancías o personas y que dependen económicamente de la misma empresa.	Diseñar e implementar una correcta documentación para el desempeño adecuado de las actividades efectuadas por el área de mantenimiento, como lo son el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo	Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-PM – 125 h</li> <li>- PM01 – 250 h</li> <li>- PM02 – 500 h</li> <li>- PM03 – 1000 h</li> <li>- PM04 – 2000 h</li> </ul>
			Mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento correctivo programado</li> <li>- Mantenimiento correctivo no programado</li> </ul>
			Mantenimiento predictivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de aceite</li> <li>- Pruebas de tintes penetrantes</li> </ul>
VD Producción	Mediante la implementación de estrategias se busca la mejora de los procesos administrativos y operativos para optimizar la producción	Monitorear y analizar el desempeño de cada equipo mediante el uso de KPI de mantenimiento como: disponibilidad, MTBF, MTTR, con el fin de garantizar la cantidad de equipos que demanda la producción	Disponibilidad	$D = \frac{h. Total - h. paradas por mant.}{Horas totales}$
			Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{T. Total de funcionamiento}{Numero de fallas}$
			Tiempo medio por reparar	$MTTR = \frac{T. Total de inactividad}{Numero de fallas}$

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Flores y Molina (5) en su investigación establecieron como objetivo elaborar un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC – EP. Se trató de una investigación de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de corte transversal; el instrumento de recolección de datos fue la encuesta y análisis de observación. Concluyeron que la implementación de un mecanismo de mantenimiento basado en RCM permite optimizar los recursos de manera eficiente; además, permite reducir los efectos de los daños que se generan en las flotas de transporte.

Monsalve y Tena (2) en su investigación, establecieron como objetivo desarrollar una estrategia de mantenimiento para la flota de vehículos de la empresa Navitrans S. A. S. En cuanto al aspecto metodológico se trató de una investigación de carácter descriptivo, análisis documental y de observación; de diseño no experimental y de corte transversal. El instrumento de recolección de datos fue la entrevista al personal responsable del mantenimiento de la flota perteneciente a la empresa referida. Concluyeron que, la detección oportuna de las fallas que pudieran presentar las empresas de carga reduciría los gastos innecesarios en la reparación. Pues, lo ideal para optimizar los recursos es que las revisiones se deberían de realizar a cada 3500 km, lo que daría como resultado un servicio y rendimiento óptimo.

Vesga (6) en su investigación estableció como finalidad diseñar un plan de mantenimiento basado en RCM (*Reliability Centred Maintenance*) para la flota de camiones de la empresa Hidrotanques. Se aplicó el enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de tipo correlacional y nivel básico. Concluyó que, mediante una planificación apropiada a través del método RCM se tiene un mayor control con las acciones de mantenimiento y control de trabajo que requieren las flotas, lo que también favorece la creación de un registro de datos históricos reduciendo el tiempo y costo de ejecución de actividades.

Anguisaca y Peñafiel (7) establecieron como objetivo generar un software que permita la facilitación de la flota vehicular. La investigación se realizó desde un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de tipo correlacional, nivel básico. Los investigadores concluyeron que en base a las pruebas del software se pueden realizar diversas actividades de carácter preventivo. Además, el programa puede adaptarse a los diversos funcionamientos requeridos, debido a que se codifican las unidades según cada tipo y categorización.

Garavito (8) en su investigación estableció como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la flota de equipos generadores de suministros por la Generación y Sistemas S. P. A., por lo que, se consideró el diagnóstico de cada uno de los equipos. A nivel metodológico, la investigación fue de carácter transversal, enfoque cuantitativo, cuyo instrumento fue la encuesta. Concluyó que, si bien existe un costo para la implementación, se asegura un retorno rápido, logrando disminuir un 20 % en gastos operacionales.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Chang (9) en su investigación planteó como objetivo determinar la raíz de los problemas que representan impactos negativos en el rubro de las empresas mineras en cuanto a la reducción de costos de alquiler. Se trató de una investigación descriptiva correlacional, diseño no experimental, de corte transversal. El investigador concluyó que el área de mantenimiento no cuenta con la información necesaria para el seguimiento y control de las actividades, lo que ocasiona un impacto negativo para la empresa. De igual forma, se evidencia un alto costo en los mantenimientos, por lo que con un modelo de mantenimiento preventivo reduce sus costos hasta un 60 %.

Gonzales (10) en su investigación planteó como objetivo diseñar un plan de mantenimiento para la producción de la empresa Latercer S. A. C. basándose en la

identificación de los puntos críticos de la línea de producción para la elaboración de un plan de mantenimiento. El investigador aplicó el método descriptivo correlacional, diseño no experimental, de corte transversal. Concluyó que el 55 % de las paradas de producción son por fallas en las máquinas; de la misma manera, se demostró que con el mantenimiento preventivo se reduce en 80 % las paradas de las maquinarias. Debido a ello, recomienda una mejora constante en los planes de mantenimiento de maquinarias y equipos.

Loyola (11) en su investigación estableció como objetivo determinar el impacto a nivel de sistemas técnicos y de disponibilidad la influencia en el consumo de electricidad. El trabajo fue de corte transversal, no experimental, enfoque cuantitativo. Concluyó que la elaboración de plan de mantenimiento preventivo significa la reducción de hasta el 25 % con lo que respecta al consumo de energía. Por lo que, recomienda que se apliquen otras herramientas para mejorar los costos de la empresa.

Villegas (4) en su investigación estableció como objetivo general un plan de mantenimiento y mejora de desempeño para la empresa Manfer S. R. L., así como, analizar la gestión actual del mantenimiento y los costos y beneficios que conllevan dicha propuesta. A nivel de método se trató de una investigación cuantitativa, diseño no experimental, de corte transversal. Concluyó que la propuesta presentada en dicho estudio permite la optimización de la empresa mediante el aumento de rendimiento de las máquinas de 68.27 % a un 78.47 %, lo que representa un costo de S/ 73, 700, y a su vez, un ahorro para la empresa de S/ 198, 57780, por lo que, recomienda que se siga con los planes de mantenimientos de los equipos.

Barco (12) en su investigación planteó como objetivo determinar la mejora de la empresa en base a la aplicación del mantenimiento preventivo, así como, la mejora de la eficiencia y eficacia empresarial. El investigador aplicó el enfoque cuantitativo, diseño no experimental, corte transversal. Los hallazgos indicaron que el diseño de un plan de mantenimiento contribuye con la rentabilidad empresarial, lo que conlleva a concluir que dicha implementación repercute en la eficiencia y obtención de mayores recursos financieros.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Propósitos del mantenimiento**

El propósito fundamental de un plan de mantenimiento es cumplir con un valor determinado de disponibilidad y de la fiabilidad; así mismo, asegurar la vida útil de las instalaciones o equipos, todo esto ciñéndose a un presupuesto establecido (13).

#### **2.2.1.1. Objetivo de disponibilidad**

La disponibilidad quiere decir el lapso que una instalación ha estado en la capacidad de producir de forma independiente, al margen si dicha situación se haya realizado por factores ajenas o no a su estado técnico.

Por ende, lo fundamental del mantenimiento es garantizar que la instalación esté en plena disposición para producir un mínimo de horas en el transcurso del año. De tal manera que, es un error entender que el mantenimiento busca conseguir el 100% de rentabilidad anual, lo que significaría mayor costo y poca rentabilidad para la empresa. Por ende, lo que se busca es hallar un margen razonable de disponibilidad con un costo adecuado, manteniendo los márgenes de ganancia. Además, esta disponibilidad es un indicador para efectuar los cálculos y su interpretación con la finalidad de juzgar si las áreas correspondientes realizan adecuadamente sus labores a fin de considerar algún tipo de mejora.

Los principales factores para tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N.º de horas totales de producción
  
- N.º de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debido a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
  - Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
  - Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
  - Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada.
  - Número de horas de indisponibilidad parcial

Sobre los valores aceptables de disponibilidad en diferentes tipos de instalaciones industriales alcanzan objetivos hasta del 92 % de manera sostenida, lo que significa un objetivo ambicioso haciendo el cálculo a través de la propuesta de la IEEE 762/2006. Pues, normalmente, las instalaciones industriales persiguen objetivos entre el 92 % y un 50 % en situaciones menos favorables, lo que significa que el sistema de mantenimiento es variable en el tiempo.

Es importante considerar las fórmulas existentes sobre el cálculo de indicadores. Es el caso de IEEE que desarrolló la normativa específica sobre la disponibilidad de instalación con la finalidad de evitar interpretaciones parciales que podría afectar a alguna de las partes (propietario, contratistas, entre otros).

La fórmula por considerarse para medir la disponibilidad es:

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

### **2.2.2. El objetivo de fiabilidad**

La fiabilidad es una medida de la capacidad de una planta para cumplir con su programa de producción planificado, lo que es una exigencia para las instalaciones industriales, cuyo incumplimiento podría acarrear sanciones de tipo económico y administrativo; razón por la que, es fundamental este elemento como valor y estándar de cumplimiento del momento de implementar un plan de mantenimiento.

Los factores para tener en cuenta para el cálculo de este indicador son dos:

- Horas anuales de producción
- Horas anuales de parada o reducción de carga debido exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Se puede evidenciar que, para hacer este tipo de cálculo no se ponen en consideración las horas empleadas en el mantenimiento preventivo ni las horas del mantenimiento correctivo cuya planificación se dio con anterioridad. Por ende, para el cumplimiento de este objetivo se debe poner en consideración las diferencias claras

entre el mantenimiento correctivo planificado y no planificado. De lo contrario, como ocurre muchas veces en las industrias, se puede detectar un fallo, sin embargo, su reparación se retrasa de 48 horas a más, lo que normalmente se considera como mantenimiento correctivo programado, hecho que no se puede poner en consideración para calcular la fiabilidad. Pues, los incidentes que significan el paro dentro de la instalación de manera inmediata o en un lapso de 48 horas se consideran mantenimiento correcto no planificado, por ende, su duración no se considera para el cálculo de fiabilidad.

Para este objetivo, lo que se busca es instalación con buena gestión, que debe superar fácilmente el 99,0 % del valor del diseño técnico y parámetro establecido en una planta de mantenimiento.

$$Fiabilidad = \frac{Horas\ disponibles}{números\ de\ fallos}$$

### **2.2.3. La vida útil de la planta**

El objetivo principal del mantenimiento es garantizar una larga vida útil de la instalación. En otras palabras, el equipo industrial debe exhibir un estado degradado según lo programado para que la disponibilidad, la confiabilidad y los costos de mantenimiento no excedan sus objetivos a largo plazo, generalmente, basados en los años de depreciación de la planta. En ese sentido, lo que se espera es que una planta tenga una duración de 20 a 30 años, por lo que, los valores de rendimiento y operatividad deben estar dentro de los valores preestablecidos.

Una mala gestión del mantenimiento, la baja proporción de tiempo dedicada a tareas preventivas, el bajo presupuesto, la falta de recursos y personal y las reparaciones basadas en *ad hoc* pueden llevar rápidamente a la degradación de cualquier instalación industrial. Una planta mal gestionada se caracteriza por una apariencia visual que no corresponde a los años transcurridos (en términos de vida útil), a pesar del poco tiempo transcurrido desde su puesta en marcha inicial.

### **2.2.4. El cumplimiento del presupuesto**

Las metas de fiabilidad y disponibilidad implican llevar un control del cumplimiento del presupuesto. Para ello, resulta fundamental el área de mantenimiento que debe ajustar sus requerimientos al presupuesto establecido para el año completo. Al respecto, es importante señalar que el presupuesto debe ser debidamente calculado,

ya que, un presupuesto por debajo de lo requerido por la instalación afectaría de manera irremediable la producción y su vida útil. De igual forma, un presupuesto superior a lo requerido por la planta podría resultar perjudicial en el resultado de la cuenta de explotación.

### **2.2.5. Ventajas del mantenimiento**

El mantenimiento de maquinarias es recomendable para las empresas, ya que cuenta con los siguientes beneficios:

- Una mayor duración en las maquinarias o instalaciones donde se apliquen.
- Un ahorro en el costo de reparaciones de las maquinarias a las que se les aplica el mantenimiento.
- Una mayor confiabilidad por parte de los colaboradores, ya que se encuentran en condiciones óptimas de trabajo.
- Condiciones laborales homogéneas para los colaboradores

### **2.2.6. Desventajas del mantenimiento**

- Al momento de llevar a cabo el mantenimiento se puede presentar cierto tipo de fallas en este, lo que trae consigo un retardo en el mantenimiento.
- El costo de mantenimiento puede ser elevado, lo que produce una afectación en su presupuesto.
- Resulta imposible garantizar el tiempo que se demorará el proceso de reparación de las fallas.

### **2.2.7. Tipos de mantenimiento**

#### **2.2.7.1. Mantenimiento autónomo**

Según Barco (12) el mantenimiento productivo total consiste en la mejora continua de las demandas productivas a través de la cooperación efectiva de todos los intérpretes. Pensando en una empresa como un programa compuesto por personas y máquinas, corresponde a la existencia de un programa maximizado que reduce los costos de financiamiento a largo plazo.

Para Cuatrecasas y Torrell (14), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) aparece como un programa de gestión de mantenimiento estructurado y eficaz que incorpora el mantenimiento realizado por los trabajadores de fabricación; es decir, el mantenimiento independiente, y aquellos que ocupan altos cargos en la fábrica para lograr el objetivo de las expectativas de la entidad.

Por otro lado, Rey (15) comentó que el TPM asegura el mantenimiento del estado de referencia; es decir, el estado de referencia del proceso, la lubricación, la calidad y la mecánica del producto del equipo en términos de tiempo y parámetros verificados por un buen mantenimiento preventivo integral.

Asimismo, según Lucio (16), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) se considera actualmente un modelo completo de gestión industrial y el mantenimiento autónomo (MA) como sus herramientas básicas, tanto que habitualmente se utilizan como sinónimos. El MA no solamente implica la acción conjunta de limpieza, inspección ni la aplicación de diversos mecanismos para el análisis del problema, sino es un mecanismo de gestión de talento, cultura organizacional, a fin de racionalizar los productos y servicios, fortaleciendo el aspecto productivo y rendimiento organizacional.

#### **2.2.7.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a los pasos que se deben seguir para extender la vida útil del equipo o la infraestructura. El objetivo más habitual de este tipo de mantenimiento es evitar o reducir posibles fallas en la máquina, y para ello se requiere de un alto grado de conocimiento y una organización debidamente estructurada.

En ese sentido, para llevar a cabo una inspección de mantenimiento de los diferentes equipos o infraestructura de una empresa, es necesario planificar, programar, controlar y ejecutar bien las actividades para detectar y corregir los daños y defectos que pueden conducir a problemas más graves más adelante. Entre los tipos de mantenimiento preventivo se encuentran:

- **Mantenimiento programado:** este tipo de mantenimiento consta de una lista de tareas que se realizan a un equipo o instalación con previa programación.

- Las tareas que se suelen incluir es la limpieza de equipos, cambio de piezas del equipo y comprobación del correcto funcionamiento del equipo.
- Mantenimiento predictivo: este tipo de mantenimiento se lleva a cabo antes que los equipos dejen de funcionar, ya que en la aplicación de este mantenimiento se realiza un seguimiento constante de la evolución de las maquinarias, prediciendo así las reparaciones que se deben llevar a cabo.
- Mantenimiento de oportunidad: este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando la maquinaria se encuentra fuera de uso, donde se realizan las revisiones y reparaciones necesarias, que garantizan el correcto funcionamiento de las maquinarias

#### **2.2.7.3. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste en realizar las correcciones correspondientes, que se pueden dar en dos tiempos:

- Mantenimiento correctivo inmediato: se lleva a cabo en el momento que la avería o desperfecto sea percibido, de tal manera que, se disponga a realizar las reparaciones correspondientes con los medios respectivos.
- Mantenimiento correctivo diferido: consiste en que, al momento de detectarse la avería o defecto, se hace un paro de la maquinaria con el fin de su posterior reparación.

#### **2.2.7.4. Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo se basa en la predicción de futuras fallas de equipos, vehículos o maquinaria. El mantenimiento predictivo se realiza cuando existen algunas señales de la máquina, tales como ruido, vibración, temperatura, etc., y el monitoreo continuo del equipo por parte de la persona que lo utiliza.

#### **2.2.7.5. Mantenimiento productivo total**

Este tipo de mantenimiento requiere de una planificación anticipada, que a menudo se gestione mediante recomendaciones de fábrica o fallas de

seguimiento. Esto permite una mejor operación de la máquina y evita el tiempo de inactividad en la producción.

#### **2.2.7.6. Mantenimiento de actualización**

Este tipo de mantenimiento sirve de compensación a la obsolescencia tecnológica, de tal manera que, consta de la renovación de los equipos que se señalen como obsoletos.

#### **2.2.7.7. Mantenimiento centrado en la fiabilidad**

Este tipo de mantenimiento está centrado en las frecuencias en las que puede presentarse el desperfecto, se determina en función a un método sistemático que determina la probabilidad de fallo y las consecuencias que este puede tener.

#### **2.2.8. Fases de mantenimiento preventivo**

Las fases para tomar en cuenta para el debido planteamiento de un mantenimiento preventivo son:

1. Determinar: en esta fase se busca identificar cuáles son las fallas que se pueden encontrar dentro de los procesos realizados por los colaboradores, a su vez, identificar si se cumple con los requisitos del producto o del servicio.
2. Proporcionar: en esta fase se proporciona la información recabada previamente, con la finalidad de un correcto diseño de mantenimiento.
3. Mantener: en esta fase, con la información brindada, se busca diseñar el mantenimiento preventivo, manteniendo el orden de la empresa, asegurando el cumplimiento de la calidad de los productos o servicios.

#### **2.2.9. Tipo de fallas**

Las fallas se refieren al desperfecto o deterioro de un equipo, situación que no permite el correcto funcionamiento de los equipos de soporte, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fallas tempranas: este tipo de fallas hace referencia a la ocurrencia de fallas al principio de la vida útil y constituye un porcentaje pequeño del total de fallas. Las

causas de este tipo de fallas suelen ser por problemas del material empleado, de diseño o de montaje.

- Fallas adultas: estas incluyen las fallas más comunes durante la vida útil. La causa de este tipo de fallas aparece lentamente como consecuencia del uso de un equipo, por razones de suciedad en el filtro de aire, cambios en los rodamientos de la máquina, entre otros.
- Fallas tardías: las fallas tardías representan solo una pequeña fracción de las fallas totales, suelen aparecer lentamente y ocurren al final de la vida útil de un activo (envejecimiento del aislamiento en motores pequeños, pérdida de flujo luminoso en lámparas, entre otros aspectos).

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **2.3.1. Mantenimiento**

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO), el mantenimiento se define como la conglomeración de gestión y técnicas para efectos de supervisión con la finalidad de restaurar y mantener en buen estado un determinado instrumento o medio de producción.

#### **2.3.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se define como las reparaciones realizadas con anticipación para evitar la falla de los aparatos eléctricos, equipos electrónicos, vehículos de motor, maquinaria pesada (14).

#### **2.3.3. Máquina**

Proviene del latín *machina*, que significa un dispositivo utilizado para aprovechar, regular o dirigir la acción de la fuerza. Estos dispositivos pueden tomar una forma de energía y convertirla en otra para producir un efecto (15).

#### **2.3.4. Falla**

Proviene del latín *falla*, hace referencia a un defecto que algo posee, lo que lo hace menos útil o inservible para el destino asignado (16).

### **2.3.5. Fallas tempranas**

Las fallas tempranas hacen referencia a las fallas que suelen ocurrir al inicio de la operación de la maquinaria o equipo y suelen desaparecer con el paso del tiempo y con ciertos ajustes de la maquinaria (16).

### **2.3.6. Parada de máquina**

La parada de máquina hace referencia al impedimento del funcionamiento de una máquina por un lapso (17).

### **2.3.7. Tiempo medio para reparar**

El tiempo medio para reparar hace referencia al tiempo promedio que toma reparar una máquina luego de haber presentado la falla (18). Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de inactividad}}{\textit{Número de fallas}}$$

### **2.3.8. Tiempo medio entre fallas**

El tiempo medio entre fallas hace referencia al tiempo promedio entre fallas para un sistema reparable con una tasa constante de fallas (18). Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

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

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

La presente, es una investigación descriptiva, con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). Es decir, por una parte, se hace un estudio analítico de la realidad problemática en base a una información documental y, por otro lado, se consignan datos numéricos para corroborar la hipótesis planteada.

Sobre la investigación descriptiva, Hernández et al. (19) definen como aquel estudio que se realiza debido a que el objetivo es especificar características relacionadas a un fenómeno estudiado.

El tipo de investigación es aplicada, la misma que es definida por Zorrilla (20) como un tipo de investigación que busca mejorar la vida cotidiana del ser humano en su actividad cotidiana, adquiriendo nuevos conocimientos a fin de dar solución a sus necesidades. Esta connotación también es aplicable al ámbito comercial, empresarial y social.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental, en tanto “se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso” (19). Asimismo, es transeccional o transversal, debido a que el registro de datos se realizó en un momento dado del tiempo.

Para ello, en la investigación se consideró como herramienta la ficha de registro, que permitió ordenar de manera eficiente los diversos datos en base a los informes realizados por la empresa, así como los registros de cada uno de los vehículos.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Es el total de unidades que se analizan como el fenómeno a estudiar (19). En la presente investigación se considera como población de estudio a la flota de soporte de una empresa minera, ascendiente a 60 unidades de maquinaria pesada y de transporte.

#### 3.3.2. Muestra

Son las unidades que se toman en consideración para analizar el fenómeno a estudiar (19). En la presente investigación se estableció la muestra de tipo censal. Es decir, las unidades de análisis son las 60 unidades de maquinaria pesada y de transporte considerada en la población de estudio, bajo un muestreo probabilístico, considerando todos los elementos de la flota vehicular, tal como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Equipos de maquinaria pesada y de transporte considerados en la unidad de estudio**

<b>Familia de equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Camión Bombero	2
Grúas Móviles	6
Cama baja	4
Camión Grúa	8
Camión cisterna	6
Cargador frontal	4
Excavadora	10
Volquete	20
<b>Total</b>	<b>60</b>

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección

La técnica de recolección de datos que se utilizó en la presente investigación es la entrevista no estructurada y observación directa al escenario de estudio. Para la recolección de datos se utilizó como instrumento la ficha de registros para luego analizar los ítems en base al reporte de fallas y reporte de paradas. En cuanto a la técnica de observación se hizo un análisis de los tiempos de parada con la finalidad de implementar un plan de mantenimiento sustentado en la metodología de las 5S.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En primer lugar, para efectos de esta investigación, se denomina “flota de transporte” a un conjunto de vehículos que dependen económicamente de una misma empresa para el transporte de mercancías o personas.

En segundo lugar, es importante considerar que el plan de mantenimiento se basa en el orden en que se realizan las actividades de mantenimiento según el modelo propuesto y considerando el orden en que se debe hacer el mantenimiento en base a la urgencia, disponibilidad de equipos de mantenimiento y los materiales que sean necesarios.

El desarrollo del modelo atraviesa por etapas:

1. **Diagnóstico y focalización de flotas:** focalización basada en políticas de la empresa, Indicador Clave de Desempeño (KPI) actuales, recursos disponibles, división de flotas en función de la edad y horas recorridas. Dependiendo de la edad, la marca y el modelo, se determina la confiabilidad y la disponibilidad; en caso de no existir el registro previo del diagnóstico se puede recurrir a expertos para el asesoramiento respectivo a fin de establecer la focalización de flotas y establecer el plan de mantenimiento.
2. **Determinación de sistemas o subsistemas críticos:** se considera al vehículo en situación crítica cuando este no puede operar y a la inversa, el no crítico sí tiene la capacidad de

operar. Para determinar estos sistemas se deben tener en consideración la legislación de cada país, los aspectos técnicos y los contratos que se celebran.

3. **Análisis de fallas del sistema:** el sistema de cada marca y modelo de los equipos tiene fallas específicas. En los sistemas críticos, las fallas repetitivas se pueden evaluar fácilmente a través del análisis de causa raíz, esto ayuda determinar tendencias y medir el rendimiento de partes del sistema.
  
5. **Inventario de repuestos:** los repuestos están disponibles de acuerdo con el plan de mantenimiento. Es importante que los proveedores estén aprobados, tengan repuestos cuando sea necesario y mantengan un inventario crítico mínimo. El inventario crítico se considera desde una perspectiva de planificación de mantenimiento en lugar de una perspectiva de consumo.
  
6. **Análisis de la actividad de mantenimiento:** de acuerdo con la estrategia de mantenimiento adoptada, el diseño, la planificación y las actividades planificadas deben evaluarse a través del Indicador Clave de Desempeño (KPI) y objetivos corporativos. De igual forma, las desviaciones deben controlarse haciendo las correcciones necesarias para no desviarse de los objetivos establecidos como elemento clave del rendimiento.

Al momento de elaborar una propuesta de solución se toman en cuenta las políticas de la empresa, objetivos generales y específicos, así como el área de mantenimiento y la criticidad de los equipos; con toda esta información se diseña la estrategia de mantenimiento. Un modelo de gestión del mantenimiento basado en un ciclo de mejora continua prescribe acciones para planificar, ejecutar, verificar y actuar sobre los problemas que puedan surgir.

#### **4.1.1. Políticas de la empresa**

Cuando se hace referencia a la política empresarial, se entiende como el conjunto de principios y lineamientos estructurados que orientan la toma de decisiones empresariales. Ahora bien, con respecto a la empresa del rubro minero, es importante considerar que el diseño de un plan de mantenimiento tiene por objetivo evitar los accidentes que pueden ocurrir durante el desplazamiento, además de prevenir los riesgos propios del desempeño laboral inherentes a la naturaleza del trabajo. Razón por la que, el cumplimiento de las políticas empresariales es de vital importancia a fin de evitar cualquier tipo de riesgo que podría tener repercusión a nivel interno y externo de la actividad empresarial.

#### **4.1.2. Objetivos de mantenimiento**

Para una mejor comprensión, a continuación, se detallan los objetivos de mantenimiento:

##### **4.1.2.1. Objetivos generales de mantenimiento**

- Asegurar la máxima disponibilidad de los equipos de transporte.
- Satisfacer las necesidades del cliente interno.

##### **4.1.2.2. Objetivos específicos de mantenimiento**

- Cumplir con el plan de mantenimiento preventivo al 90 % mensual.
- Reducir la frecuencia de avería presentada en los equipos en un 10 % mensual.
- Reducir la frecuencia de mantenimiento correctivos de emergencia 15 % mensual.
- Reparar las averías al mínimo tiempo (< a 5 horas hombre).
- Incrementar la disponibilidad de unidades al 96 % mensualmente.

#### **4.1.3. Mantenimiento actual**

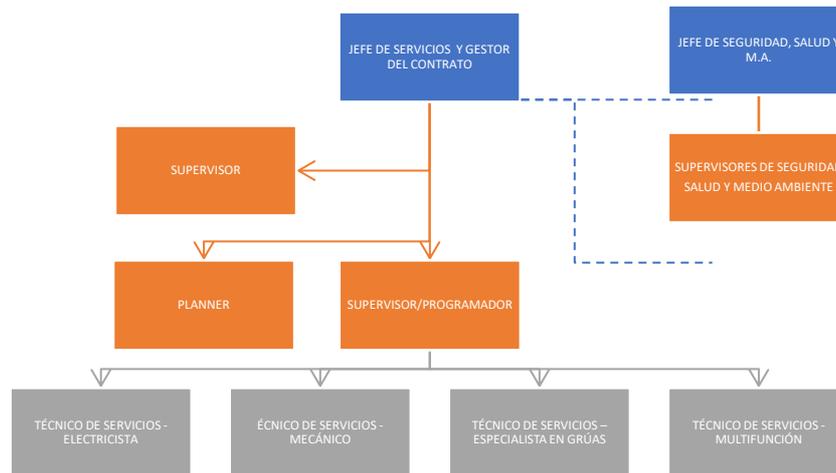
Actualmente, el sector de la flota gasta la mayor parte de su presupuesto regional en la realización de actividades correctivas, también conocida como “mantenimiento reactivo”, donde se toman medidas correctivas después de una avería, mientras se invierte en actividades de mantenimiento preventivo.

Si bien el responsable reconoce que existe un proceso para realizar el mantenimiento preventivo, en realidad este no se lleva a cabo debido a los factores que hacen que el proceso de mantenimiento preventivo sea insuficiente.

En ese sentido, para efectos de la presente investigación, mediante entrevistas no estructuradas y observaciones directas con los supervisores de flota, se identificaron los problemas que llevaron a un mantenimiento preventivo insuficiente de los vehículos, cuyo diagnóstico se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Diagnóstico del problema y causa raíz**

Problema	Causa/raíz
Falta de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de estadística de fallas</li> <li>• Falta de indicadores de gestión</li> <li>• No existe gestión de información</li> </ul>
Comunicación inoportuna con el proveedor de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrasos en la adquisición de los repuestos y materiales</li> <li>• No ofrece respuesta inmediata para realizar el mantenimiento</li> </ul>



**Figura 1. Organigrama del sistema de funcionamiento empresarial**

#### 4.1.3.1. Análisis de criticidad

Esta forma de análisis tiene por finalidad la toma de decisiones de manera eficiente y acertada. Por lo que, se debe realizar una lista de comprobación con los detalles de cada uno de los elementos que se pondrán en consideración.

Los elementos por considerarse son el medio ambiente y la seguridad, los costos y los sistemas de producción, el costo de mantenimiento y la frecuencia de fallas,

Los elementos que favorecen la medición de la criticidad de los vehículos se definen de la siguiente forma:

- Producción: es la capacidad que tienen las máquinas a efectos de medir la producción, en base a su rendimiento y operatividad durante un tiempo determinado.

- Probabilidad de falla: busca medir en términos numéricos la probabilidad de la falla del equipo, para ello se puede emplear el historial de fallas o con la ayuda de un experto.
- Seguridad: busca prevenir las posibles fallas de una máquina que en un evento adverso pueda ocasionar un daño personal.
- Medio ambiente: busca evaluar la posibilidad que un evento adverso pueda ocasionar un daño ambiental.
- Costos de reparación: evalúa el costo de la falla en términos cuantitativos.
- Tiempo de reparación: es el periodo temporal que implica la reparación de una falla técnica.

#### 4.1.3.2. Gestión de mantenimiento

La función de gestión del mantenimiento debe realizar de forma secuencial y cíclica en el marco del ciclo de calidad del dominio PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), la finalidad de esto es aumentar la eficacia del mantenimiento de la función, permitiendo la optimización de los recursos empleados y el *feedback* suficiente para la mejora continua.

#### 4.1.3.3. Planificación

- **Planificación de procesos**

En esta primera etapa del modelo de gestión se procede a planificar mediante una estrategia de mantenimiento, considerando el proceso de atención por horas de trabajo y estado de equipo; estos puntos deben ser considerados en el mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo, tal como se ha establecido en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Estrategia de mantenimiento por horas de trabajo**

Posición de mantenimiento	125 horas	250 horas	500 horas	1000 horas	2000 horas
PRE-PM	X				
PM01		X			
PM02			X		
PM03				X	
PM04					X

Los mantenimientos preventivos se ejecutan según la estrategia fijada en la tabla 4, estas actividades se realizan por horas de funcionamiento y tienen actividades específicas según la posición de mantenimiento como se muestra en la tabla 5. Por otro lado, se detallan los materiales y consumibles a usar en la tabla 6. Así mismo, el perfil del personal encargado para ejecutar estas actividades en la tabla 7.

**Tabla 5. Programa de mantenimiento**

Posición de mantenimiento	Actividades
PRE-PM	Inspección de luces, chasis, niveles de fluidos, correas, fugas de aceites, lubricación.
PM01 – 250 h	Cambio de filtro de aceite
	Cambio de aceite de motor
	Cambio de filtro de combustible
	Cambio de filtro de aire primario
PM02 – 500 h	Cambio de filtro de aceite
	Cambio de aceite de motor
	Cambio de filtro de combustible
	Cambio de filtro de aire primario
PM03 – 1000 h	Cambio de filtro de aire secundario
	Cambio de filtro de aceite
	Cambio de aceite de motor
	Cambio de filtro de combustible
	Cambio de filtro de aire primario
PM04 – 20000 h	Cambio de filtro de aire secundario
	Cambio de aceites de transmisión y diferencial
	Cambio de filtro de aceite
	Cambio de aceite de motor
	Cambio de filtro de combustible
	Cambio de filtro de aire primario
	Cambio de filtro de aire secundario
	Cambio de aceites de transmisión y diferencial
	Cambio de aceite hidráulico
Cambio de filtros hidráulicos	
Cambio de refrigerante de motor	

**Tabla 6. Materiales y consumibles para mantenimiento**

Ítem	Descripción
1	Trapo industrial
2	Paños absorbentes
3	Limpia contactos
4	Afloja todo
5	Silicona automotriz
6	Caja de herramientas

**Tabla 7. Mano de obra para mantenimiento**

Ítem	Descripción
1	Supervisor operativo de mantenimiento
2	Planner de mantenimiento
3	Supervisor de seguridad
4	Técnicos mecánicos
5	Técnicos electricistas
6	Soldador

#### 4.1.3.4. Programación de mantenimiento

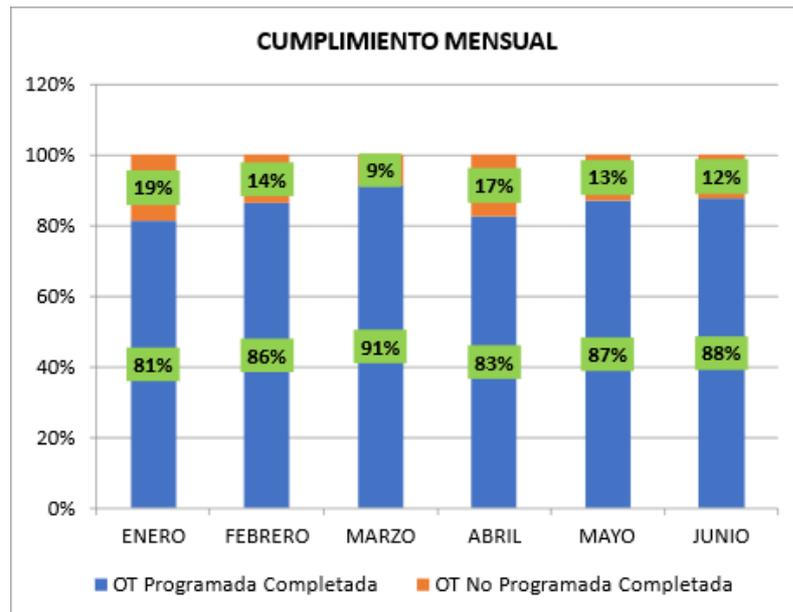
Establecer una programación de actividades de mantenimiento de manera semanal, quincenal, mensual y anual para los equipos de soporte, verificar recursos e insumos de mantenimiento para cada programación.

**Tabla 8. Programación semanal**

PROGRAMA SEMANAL DE MANTENIMIENTO - MINA													
SEMANA N°: 1													
INICIO: 01-Jul-21													
FIN: 07-Jul-21													
TAG	EQUIPO	CLASE ACTIVIDAD	N° OT	CONDICIÓN OT	TIPO MANTTO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN ORDEN	RESERVA/OC	FECHA INICIO	FECHA FIN	HORAS HOMBR E	DURACI ON HR	
VL01	VOLQUETE # 01	1PREVENTIVO	300000687286	NUEVO	P8	250HR	MANTTO PREVENTIVO 2000 HRS	5695016	01-Jul-21	01-Jul-21	20	10	
EX01	EXCAVADORA # 01	1PREVENTIVO	300000687282	NUEVO	P3	250HR	MANTTO PREVENTIVO 250 HRS	5694842	01-Jul-21	01-Jul-21	8	4	
EX04	EXCAVADORA # 04	1PREVENTIVO	300000687283	NUEVO	P1	250HR	MANTTO PREVENTIVO 250 HRS	5695005	03-Jul-21	03-Jul-21	8	4	
GM01	GRUA MOVIL # 01	1PREVENTIVO	300000687288	NUEVO	P5	250HR	MANTTO PREVENTIVO 250 HRS	5695021	04-Jul-21	04-Jul-21	8	4	
GM06	GRUA MOVIL # 06	1PREVENTIVO	300000685254	NUEVO	P6	250HR	MANTTO PREVENTIVO 500 HRS	5694859	05-Jul-21	05-Jul-21	10	5	
CF01	CARGADOR FRONTAL # 01	1PREVENTIVO	300000687281	NUEVO	P7	250HR	MANTTO PREVENTIVO 250 HRS	5694824	05-Jul-21	05-Jul-21	8	4	
CG01	CAMION GRUA # 01	1PREVENTIVO	300000687284	NUEVO	P4	250HR	MANTTO PREVENTIVO 100 HRS	5695008	06-Jul-21	06-Jul-21	14	7	
CG03	CAMION GRUA # 03	1PREVENTIVO	300000687285	NUEVO	P5	250HR	MANTTO PREVENTIVO 250 HRS	5695010	07-Jul-21	07-Jul-21	8	4	
VL01	VOLQUETE # 01	2LUBRICACION	300000685257	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION		03-Jul-21	03-Jul-21	2	1	
VL03	VOLQUETE # 03	2LUBRICACION	300000670586	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION		02-Jul-21	02-Jul-21	4	2	
VL05	VOLQUETE # 05	2LUBRICACION	300000670583	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION		01-Jul-21	01-Jul-21	2	1	
VL08	VOLQUETE # 08	2LUBRICACION	300000687345	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION		04-Jul-21	04-Jul-21	2	1	
EX01	EXCAVADORA # 01	2LUBRICACION	300000670585	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION DE SISTEMA A/C		07-Jul-21	07-Jul-21	8	4	
EX03	EXCAVADORA # 01	2LUBRICACION	300000670010	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		06-Jul-21	06-Jul-21	2	1	
EX08	EXCAVADORA # 08	2LUBRICACION	300000670012	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		04-Jul-21	04-Jul-21	2	1	
EX04	EXCAVADORA # 04	2LUBRICACION	300000670577	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION		02-Jul-21	02-Jul-21	2	1	
CF01	CARGADOR FRONTAL # 01	2LUBRICACION	300000676201	NUEVO	7D		LUBRICACION / INSPECCION DE SISTEMA A/C		03-Jul-21	03-Jul-21	8	4	
CF03	CARGADOR FRONTAL # 03	2LUBRICACION	300000670013	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		05-Jul-21	05-Jul-21	2	1	
GM01	GRUA MOVIL # 01	2LUBRICACION	300000670848	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		06-Jul-21	06-Jul-21	2	1	
GM04	GRUA MOVIL # 04	2LUBRICACION	300000676203	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		02-Jul-21	02-Jul-21	2	1	
GM06	GRUA MOVIL # 06	2LUBRICACION	300000670011	NUEVO	7D		LUBRICACION SEMANAL		05-Jul-21	05-Jul-21	2	1	

#### Fijación de objetivo

- Cumplimiento de programación 90 %
- Trabajo planificado 80 %



*Figura 2. Cumplimiento de programación mensual*

#### 4.1.3.5. Mantenimiento predictivo

Realizar mensualmente el análisis de información electrónica y prueba de NDT en estructura y chasis de los equipos para prevenir fallas.



*Figura 3. Prueba de NDT en tapa de balancín de motor*

**Análisis de aceites:** tomar muestras de aceite cada PM o cuando la condición del componente así lo requiera; además, analizar la muestra, interpretando los resultados, generando planes de acción a realizar en los equipos.

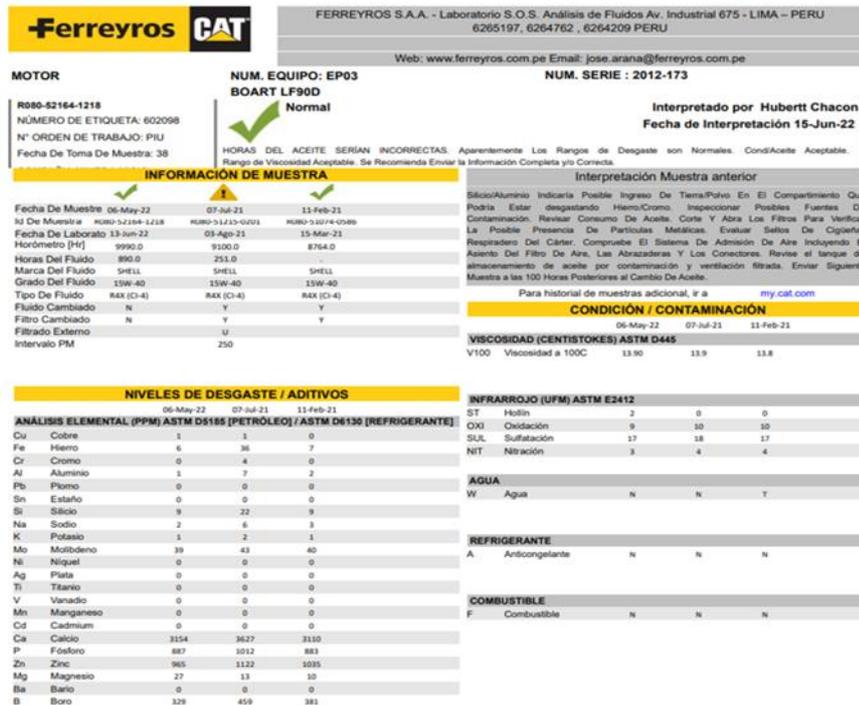


Figura 4. Resultado de análisis de aceite

#### 4.1.3.6. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se divide en mantenimiento regular y mantenimiento de emergencia. Para realizar el mantenimiento correctivo de la unidad se considera el “mantenimiento correctivo”, que está íntimamente relacionado con los lineamientos y actividades para cada tipo de intervención.

Como se muestra en la tabla a continuación, debe completar la información, como el número de código y la placa del carro o transporte, según corresponda. Asimismo, programa la fecha de la intervención en el vehículo, en base a la ubicación de los trabajos en la zona, la hora de inicio, el responsable, los detalles de la actividad, las observaciones realizadas antes o después de la intervención.

**Tabla 9. Hoja de registro - correctivos**

Ítem	Equipo		Fecha	Hora inicio	Hora final	Actividad realizada	Observaciones	Estado de equipo	Ejecutante
	Código	Placa							
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

El registro de información actualizado en este formato permitirá identificar el cumplimiento de los planes de intervención correctiva realizados dentro del área de mantenimiento. Nuevamente, el formato servirá como una herramienta en la que los gerentes de mantenimiento pueden recibir apoyo para tomar decisiones basadas en la información actual que contiene.

#### **4.1.3.7. Buenas prácticas**

##### **A. Aplicación de las 5S en el taller de mantenimiento**

El método de las 5S es una herramienta que tiene sus orígenes en Japón que sirve para medir la calidad de una herramienta con la finalidad de establecer estándares, fijar las áreas pertinentes, organizar y optimar las actividades.

Las mejoras que proponen este modelo de gestión del mantenimiento han establecido unas pautas que todo el personal de la empresa debe seguir en sus actividades.

Se recomienda aplicar el método 5S en el área de mantenimiento. El uso de este método está destinado a mejorar la calidad, la seguridad y las condiciones ambientales en las operaciones de mantenimiento. El área de

trabajo cuenta con dos turnos, donde se debe avisar a dos grupos de trabajo para ejecutar las primeras “s”. Cada trabajador es responsable de categorizar las herramientas que usa y los archivos que controla.

Se busca identificar el material en el área y luego se separa aquellos que están en buenas condiciones o almacenados (correctamente y en un lugar autorizado). Luego documentar la información utilizada en las operaciones diarias. Esta actividad se desarrolla en las oficinas de mantenimiento, talleres y en lugares donde los trabajadores del área realicen actividades.

El responsable de verificar que los trabajadores estén cumpliendo con estas actividades es el jefe del área que hace una revisión de cumplimiento mensual y semanal de las actividades realizadas.

Para los materiales que están intactos y no serán desechados, se ingresa al almacén de acuerdo con la clasificación en el paso anterior, e identifica la cantidad de productos existentes en el área de almacén. Como integración, los trabajadores deben seguir las siguientes líneas:

- Revisar la instalación y materiales en el área de mantenimiento, donde los materiales a utilizarse deben estar separados.
- Desechar los artículos que estén en malas condiciones o que no se puedan usar. Esta clasificación la realizan semanalmente los trabajadores del área.

El responsable de la certificación realiza mensualmente una verificación del cumplimiento de la clasificación de materiales.

#### **Seiton: ordenar**

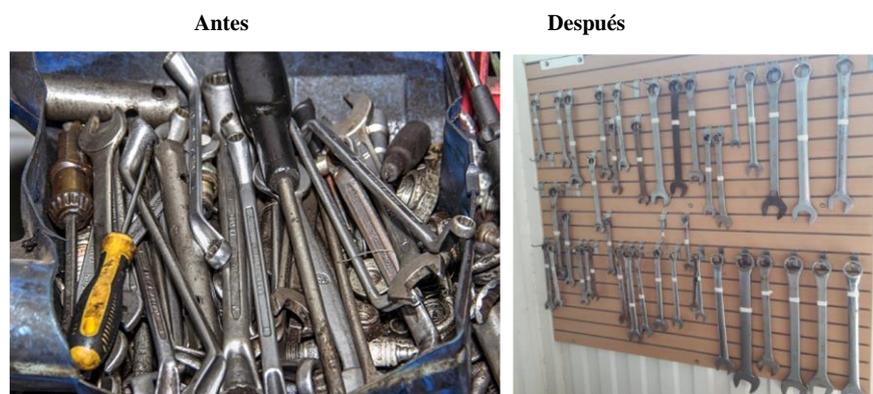
En el área de almacén, los materiales y herramientas se clasifican de la siguiente manera:

- Herramientas de trabajo: identificar herramientas pequeñas o grandes a utilizar en el área de mantenimiento. Algunas de estas herramientas pertenecen a juegos clave en la empresa, por lo que tienen sus propias cajas que deben guardarse.

Otras herramientas se pueden organizar en cajones, estantes o colgar en las paredes del taller para una identificación rápida e intuitiva del tamaño de cada herramienta.

- Herramientas y repuestos de gran volumen: para herramientas de mayor cantidad o volumen, se deben habilitar los espacios debidamente marcados.
- Máquinas de trabajo: los equipos de trabajo de fácil traslado se ubican en un taller de mantenimiento, y los equipos grandes, pesados y de difícil traslado cuentan con espacios debidamente señalizados en el patio del taller.
- Residuos del área de trabajo: los trapos, cartones sucios o usados son los principales residuos a granel en los tajos. La eliminación de estos desechos debe hacerse de manera adecuada para minimizar el daño al medio ambiente.
- Vestuario y equipo de seguridad: es el lugar donde los trabajadores guardan sus prendas de trabajo, que está acondicionado con casilleros, con la respectiva seguridad que implica.

Evidentemente, para el cumplimiento de estos aspectos, cada trabajador debe asumir una responsabilidad sin depender de forma inmediata de un superior.

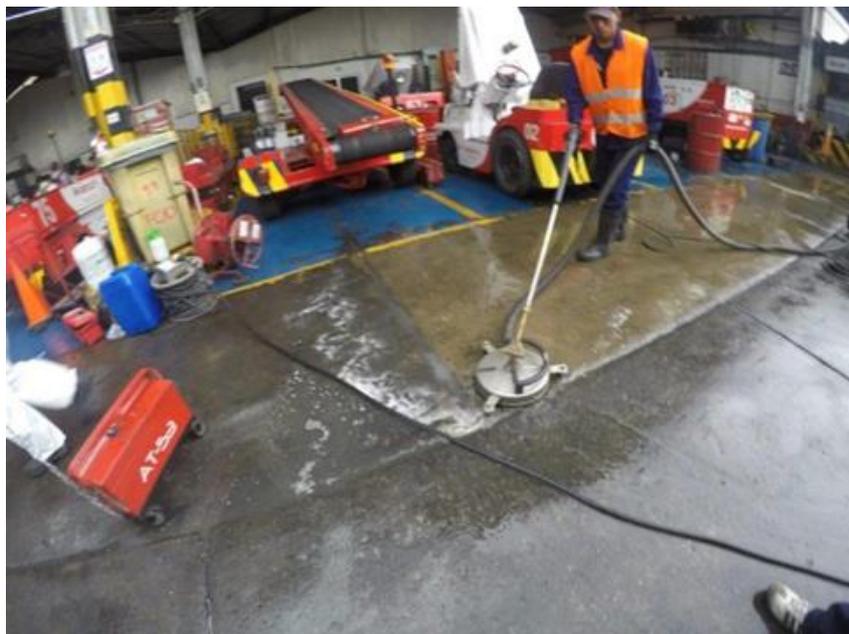


*Figura 5. Orden de materiales y herramientas*

### **Seiso: limpieza permanente**

Para este punto, el jefe del área de mantenimiento tiene la responsabilidad de informar a cada trabajador las acciones que se deben realizar en el entorno laboral; estas acciones comprenden la limpieza, cuidado, verificación de los instrumentos dentro del establecimiento laboral. Las actividades esenciales que deben realizar son la limpieza del lugar de trabajo, retirar los desperdicios, limpiar y guardar los equipos utilizados. Para cumplir con esta responsabilidad tienen que utilizar instrumentos como trapos, escoba, recogedor, trapeador, guantes, baldes, desinfectantes, entre otros.

Estas acciones pueden ser reestructuradas bajo el criterio del jefe de mantenimiento y las responsabilidades de los trabajadores para cumplir los lineamientos establecidos.



*Figura 6. Limpieza y mantenimiento*

### **Seiketsu: estandarizar**

En esta etapa, se deben implementar y mantener adecuadamente las primeras tres “S”, se deben regular los procedimientos sobre la tarjeta roja, las reglas previamente establecidas, la ubicación, y cantidad de elementos, además de los procedimientos de limpieza.

Este aspecto significa que el lugar de trabajo debe contar con las señalizaciones, precisa ubicación física de las herramientas de trabajo, limpieza de escritorios, orden documentario, los desechos orgánicos no deben

permanecer en la oficina. Cada colaborador debe tener un *locker* para guardar sus pertenencias personales como casco, lentes, ropa. Además, el trabajador debe manifestar los logros y mejoras que se haya obtenido durante el mes, y el personal que no cumple con el uso de equipo de seguridad debe ser reportado al área pertinente, para que se tomen las acciones correspondientes como llamada de atención o amonestación.



*Figura 7. Estandarización y señales*

### **Shitsuke: disciplina**

Las reglas que se deben cumplir son: en caso de incumplimiento de los lineamientos establecidos se hace una amonestación en tres oportunidades por parte de Recursos Humanos; además, se hace la identificación de la cantidad de trabajadores que pudieran quedar inmersos en esta situación del incumplimiento de las 5S. En caso se advierta un número mayoritario de infracciones se debe realizar capacitaciones a fin de sensibilizar y detectar las falencias que podría existir a nivel de la administración empresarial, las que se deben hacer en tiempos cortos.



*Figura 8. Orden y disciplina*

#### 4.1.3.8. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo implica poner a los operadores a cargo del mantenimiento de los equipos y máquinas que operan en lugar de depender de los técnicos de servicio para realizar las tareas de mantenimiento preventivo de rutina tales como limpieza, engrase y lubricación; esta práctica de delegación de responsabilidad ayuda a eliminar costosas fallas de equipos y evitar interrupciones operativas debido a tiempos de inactividad no planificados.

#### A. Etapas de la implementación del mantenimiento autónomo

##### a. Paso 1: Entrenamiento de operadores

El primer paso es equipar a los operadores con el conocimiento para operar y mantener el equipo que se les ha asignado. Brindarles conocimientos sobre el funcionamiento de las piezas del equipo para que sepan qué piezas necesitan mantenimiento de rutina y qué piezas deben tenerse en cuenta al limpiar, lubricar, entre otros aspectos.

**Tabla 10. Cronograma de capacitación**

Ítem	Equipos	Temario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	Camión bombero	Mantenimiento y operación	X					
2	Grúas móviles	Mantenimiento y operación	X					
3	Cama baja	Mantenimiento y operación		X				
4	Camión grúa	Mantenimiento y operación			X			
5	Camión cisterna	Mantenimiento y operación				X		
6	Cargador frontal	Mantenimiento y operación					X	
7	Excavadora	Mantenimiento y operación					X	
8	Volquete	Mantenimiento y operación						X

##### b. Paso 2: limpieza e inspección inicial

Una vez que los operadores conozcan los detalles del equipo que utilizan, podrán inspeccionar el equipo y detectar cualquier necesidad de limpieza y mantenimiento. Deben ser capaces de identificar cualquier parte del equipo que necesite limpieza, tuercas y pernos que necesiten ser apretados, aceitados y lubricados, y desgaste que necesite intervención. Para ello deben usar una lista de verificación del equipo antes de iniciar su actividad.

**Tabla 11. Lista de verificación**

Datos de verificación o entrega		Documentos del equipo	Sí No	Leyenda
Fecha	Código equipo	Tarjeta de propiedad	B	bueno
Marca	Horómetro	SOAT Revisión técnica vehicular	M	malo
Modelo	Kilometraje	Tarjeta de mercancías	NA	no aplica

**Tabla 12. Verificación del estado**

Estado de la carrocería exterior	BM NA	Estado de motor	BM NA
Espejos exteriores		Nivel de líquido refrigerante	
Estado de circulina		Tapa de tanque de expansión	
Parachoques delanteros		Varilla indicadora de nivel de aceite	
Placas de rodaje		Estado de correas de distribución	
Faros neblineros		Tapa de aceite de motor	
Faros delanteros		Estado de correas de A/C	
Parabrisas delantero		Estado de correas de alternador	
Plumillas y brazos		Funcionamiento del a/c	
Parabrisas izquierdo		Estado de panel de control de a/c	
Estado de parabrisas lado derecho		Funcionamiento de calefacción	
Puerta de ingreso conductor		Estado de panel de control de calefacción	
Puerta de ingreso copiloto		Turbo alimentador	
Tanques de aire		Intercooler y radiador	
Tubo de escape		Abrazaderas de colector de admisión	
Tanque de combustible			
Protectores de baterías, bornes, baterías			
SopORTE de llanta de repuesto		<b>Estado del sistema de dirección</b>	<b>BM NA</b>
Luces laterales de posición		Nivel de aceite de caja de dirección	
Pintura de tolva		Verificar fuga de aceite por retenes de caja	
Seguros y compuerta posterior		Terminales de dirección	
Faros pirata – posteriores		**Barra estabilizadora	
Alarma de retroceso		**Puente delantero	
Estado de faros posteriores		**Pines y Bujes	
Luces de freno			
Luces direccionales		<b>Estado del sistema de suspensión</b>	<b>BM NA</b>
Estado de tanque de combustible		Templadores	
Silenciador y abrazaderas de ajuste		Paquetes de muelles delanteros	
Tanque hidráulico		Paquetes de muelles posteriores	
Cilindro hidráulico			
<b>Estado de carrocería interior</b>	<b>BM NA</b>	<b>Estado de caja y transmisión</b>	
Panel de Instrumentos		**Nivel de aceite de caja	
Funcionamiento de Tacómetro y velocímetro		**Verificar el respiradero de caja	
Funcionamiento de indicador de presión de frenos		Fugas de aceite	
Funcionamiento de Indicador de combustible		**Nivel de Coronas de 1er y 2do eje	
Funcionamiento de indicador temperatura refrigerante		**Nivel de Aceite de los cubos	
Funcionamiento de indicador de temperatura de aceite		Fugas de aceite por reten de bocamasa	
Funcionamiento de cinturón de conductor		Funcionamiento de embrague	
Estado de cinturones de seguridad			
Estado de asiento de conductor		<b>Estado del sistema de frenos</b>	<b>BM NA</b>
Estado de tapa de fusibles		Nivel de líquido de frenos	
Sistema de botoneras – interruptores		Freno de Estacionamiento	

Válvulas de accionamiento de levante de tolva	Pulmones de freno y ratchet delantero
Manijas de puertas	Pulmones de freno y ratchet posterior
Pedal de freno, acelerador y embrague	
<b>Herramientas</b>	<b>BM NA</b>
Gata y palancas	<b>Estado de llantas y accesorios</b> <b>BM NA</b>
Llaves de ruedas	Llantas direccionales - 1er Eje (posc. 1 y 2)
Linterna	Llantas de tracción 2do eje (posc. 3,4 y 5,6)
Conos de seguridad	Llantas de tracción 3er Eje (posc. 7,8 y 9,10)
Botiquín de primeros auxilios	Llanta de repuesto

**Tabla 13. Observaciones (plantilla)**

Observaciones	Operador /Conductor	
		Nombres y Apellidos
	DNI	

**c. Paso 3: Eliminar las causas de la contaminación**

Una vez que el equipo ha sido limpiado y restaurado a una condición operativa óptima, el operador debe saber cómo mantenerlo así. Una forma de mantener el equipo en óptimas condiciones es eliminar las fuentes de contaminación. Mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo ayuda a prevenir la contaminación y mantiene un ambiente de trabajo seguro. La limpieza del equipo puede requerir el uso de protectores de la máquina, así como el seguimiento de los procedimientos de bloqueo y rotulado (LOTO) para garantizar la seguridad de los trabajadores durante el proceso de limpieza.



**Figura 9. Dispositivos de bloqueo y etiquetado**

### d. Paso 4: establecer normas de lubricación e inspección

El equipo debe limpiarse, lubricarse y repararse de acuerdo con las especificaciones del fabricante para mantener la calidad y el rendimiento "como nuevos". Para establecer estándares y hacerlos cumplir, se necesitan herramientas y procedimientos donde se especifique el paso a paso de cómo realizarlas y con qué frecuencia.

Utilice herramientas de lista de verificación que ayuden a guiar a los operadores sobre qué hacer, cómo realizar estas tareas de mantenimiento, así como alertas para recordarles cuándo se deben realizar las tareas.

**Tabla 14. Cartilla de lubricación**

Datos Generales								
Equipo:	EXCAVADORA	Marca:	KOMATSU	Área:	MANTENIMIENTO MINA			
Código interno:	0983	Modelo:	PC200-LC8	Lugar de trabajo:	MINERA MISKI MAYO			
Criticidad:	C	N° Serie:	350966	N° Personas:	2			
				Duración (Hr):	1			
Inicio de mantenimiento			Final de mantenimiento					
Fecha	Hora	Horómetro	Fecha	Hora	Horómetro			
Descripción del Trabajo								
Item	Actividades por sistema	Estado				Observaciones y comentarios del técnico		
<b>Motor</b>								
		B	M	R	F	E	PE	
1	Verificar nivel de aceite de motor							
2	Verificar nivel de refrigerante							
3	Verificar estado de filtro de aire (Limpiar según condición)							
4	Verificar estado de faja de ventilador							
5	Verificar estado de templador de faja							
6	Verificar posibles fugas de bomba de agua							
7	Verificar estado de tubo de escape y silenciador							
8	Verificar estado de turbina compresor							
9	Verificar estado de radiador e intercooler							
10	Verificar funcionamiento de motor (Arreglo de equipo)							
<b>Sistema Eléctrico</b>								
1	Realizar limpieza de conexiones del motor de arranque							
2	Realizar limpieza de conexiones de alternador							
3	Revisar harnes eléctrico de motor, conectores y cableado en general							
4	Revisar estado de cables de batería.							
5	Revisar bornes, nivel de electrolito de batería.							
6	Verificar estado de switch master							
7	Verificar estado y carga del alternador.							
8	Verificar tablero eléctrico y su funcionamiento							
9	Verificar funcionamiento de luz de cabina de operador							
10	Verificar funcionamiento de Luz de trabajo							
11	Verificar estado de luz estroboscópica							
12	Verificar funcionamiento de claxon							
<b>Sistema Mecánico</b>								
1	Inspeccionar estado de eñasis (Pintura, fisuras en soldadura, etc)							
2	Verificar estado de cubierta de motor (bisagras, seguros, amortiguadores)							
3	Verificar estado de rodillos inferiores y superiores de tren de traslación							
4	Verificar estado de estabones y ajuste de zapatas de cadena							
5	Verificar tensado de cadena (Corregir tensado de ser necesario)							
6	Verificar estado de rueda guía							
7	Verificar estado de sprockets (LH,RH)							
8	Verificar nivel de aceite de mando final							
9	Verificar nivel de aceite de reductor de giro							
10	Lubricar bujes de cilindro hidráulico de levante							
11	Lubricar bujes inferiores del boom							
12	Lubricar bujes de cilindro hidráulico de stick							
13	Lubricar bujes del brazo stick							
14	Lubricar bujes de cilindro hidráulico de volteo							
15	Lubricar bujes del cucharón							
16	Lubricar bujes del brazo articulado (H)							
17	Lubricar tornamesa							
<b>Sistema Hidráulico</b>								
1	Revisar nivel de aceite de tanque hidráulico (Adicionar según requerimiento)							
2	Verificar estado de enfriador de aceite hidráulico							
3	Verificar estado de mandos hidráulicos en la cabina de operador							
4	Verificar estado de mangueras hidráulicas en general							
5	Verificar estado de cilindro de levante (Fugas y estado de cromado)							
6	Verificar estado de cilindro de brazo stick (Fugas y estado de cromado)							
7	Verificar estado de cilindro de basculamiento (Fugas y estado de cromado)							
<b>Detección de Fugas</b>								
1	Verificar tapa de tanque de combustible.							
2	Verificar fugas de combustible							
3	Verificar fugas de aceite de motor, reductor de giro, mandos finales y sistema hidráulico							
4	Verificar fugas de agua/refrigerante							
<b>Legendas:</b>								
Bueno	= B	Falta	= F					
Malo	= M	Discutido	= E					
Regular	= R	Por evaluar	= PE					
Lista de Materiales								
Código SAP	N° Parte	Materiales	Cant.	Und	Observaciones			
Observaciones y recomendaciones Adicionales:								
PERSONAL TÉCNICO EJECUTOR:			V°B° SUPERVISIÓN:					
DNI / CODIGO	Nombre	Firma	Ing. Guardia	Nombre	Firma			
			Supte. Mina		Fecha			
			Planificador					

#### **e. Paso 5: realizar la inspección y el control**

Los operadores pueden probar su propio equipo y proporcionar información en forma de informe de inspección fotográfica sobre el estado actual del equipo y las tareas de mantenimiento realizadas.

Los datos recopilados durante estas inspecciones se pueden verificar para garantizar que el operador mantenga todo el equipo y esté en buenas condiciones de funcionamiento.

#### **f. Paso 6: estandarizar la gestión del mantenimiento visual**

Facilitar las tareas de mantenimiento para los operadores mediante el uso de señales visuales, como etiquetas codificadas por colores y letreros o carteles fáciles de entender que recuerdan a los operadores y otros trabajadores los pasos a seguir cuando trabajan en el equipo o cerca de él.

#### **g. Paso 7: establecer la mejora continua**

Al final de las actividades, los trabajadores pueden crear su propio trabajo, a medida que cambian los procesos y equipos, junto con los operadores que los gestionan, hay buenas razones para establecer la mejora continua para el mantenimiento autónomo.

#### **4.1.3.9. Cuidado de medio ambiente**

1. Reducir el consumo de energía y agua: para reducir el consumo, se deben realizar controles energéticos en los procesos e instalaciones, que le ayuden a ver si se está utilizando las mejores técnicas disponibles. Por otro lado, se debe revisar periódicamente el consumo de agua y, en base a ello, establecer una serie de pautas de ahorro. Por ejemplo: cerrar el grifo de la ducha al bañarse, limpiar suciedad de equipos antes de ingresar al lavadero, entre otros.
2. Mejorar la gestión de materiales y residuos peligrosos: implementar el área de almacenamiento de hidrocarburos para los diferentes materiales. Por otro lado, instalar depósitos para residuos en las áreas de mantenimiento, estos depósitos deben estar etiquetados por colores según la norma técnica peruana (900.058.2019), asimismo, se debe gestionar la disposición final de los residuos contaminantes a través de un gestor homologado.



*Figura 10. Estación de residuos*

3. Concientizar y brindar capacitación ambiental a los trabajadores: esta práctica se debe realizar mediante un cronograma mensual por el área de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA).
4. Cuidar los recursos naturales: los recursos naturales no renovables se deben cuidar con más determinación que nunca, de esta manera dejar un impacto positivo para la futura generación. Siempre es bueno pensar y poner en práctica las famosas 3R: reducir, reutilizar y reciclar.

#### **4.1.3.10. Plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias**

Con el plan de prevención y respuesta de emergencia se busca reducir la vulnerabilidad a las amenazas a través de las medidas necesarias para asegurar la supervivencia de los involucrados directa o indirectamente y para reducir los costos de los daños a la propiedad, maquinaria y equipos de la empresa.

Para elaborar el plan se deben considerar los siguientes puntos:

- Evaluar los riesgos y su alcance
- Diseñar procedimientos para prevenir o minimizar el impacto de las emergencias
- Asignación de recursos
- Preparar planes de evacuación, rutas y otras herramientas para reducir la vulnerabilidad
- Brindar información y entrenamiento para responder a emergencias

- Planificación de simulacros (mínimo 1 vez al año)
- Brindar capacitación y dotación de personal de brigada de emergencia, esta capacitación se debe realizar por una empresa autorizada o el cuerpo de bomberos.

#### **4.1.3.11. Ejecución**

##### **a. Análisis de datos y KPI**

La estrategia de mantenimiento propuesto en la tabla 4 y actividades sugeridas en la tabla 5, se pone en práctica en la operación con cada unidad, lo que permite a los jefes de mantenimiento identificar desvíos y analizar el estado de operatividad de las unidades mensualmente y tomar las acciones necesarias para mantener el equipo con una alta confiabilidad y disponibilidad para seguir operando cuando sea necesario

Para la presente investigación se tomó en consideración los datos de control recopilados en la referida división, durante enero hasta junio del 2021.

**Tabla 15. Disponibilidad de flota**

<b>Familia</b>	<b>Cantidad de equipo</b>	<b>Disponibilidad objetivo</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Camión bombero	2	<b>90 %</b>	60.00 %	70.00 %	75.00 %	77.00 %	80.00 %	89.00 %
Grúas móviles	6	<b>90 %</b>	68.00 %	71.00 %	77.00 %	80.00 %	84.00 %	80.00 %
Camabaja	4	<b>90 %</b>	50.00 %	67.00 %	70.00 %	72.00 %	75.00 %	85.00 %
Camión grúa	8	<b>88 %</b>	60.00 %	63.00 %	70.00 %	78.00 %	80.00 %	88.00 %
Camión cisterna	6	<b>88 %</b>	79.30 %	80.00 %	82.00 %	84.00 %	83.00 %	86.00 %
Cargador frontal	4	<b>90 %</b>	35.00 %	45.00 %	51.00 %	63.00 %	70.00 %	78.00 %
Excavadora	10	<b>90 %</b>	61.00 %	72.00 %	75.00 %	80.00 %	82.00 %	86.00 %
Volquete	20	<b>90 %</b>	85.00 %	87.00 %	89.00 %	81.00 %	83.00 %	86.00 %

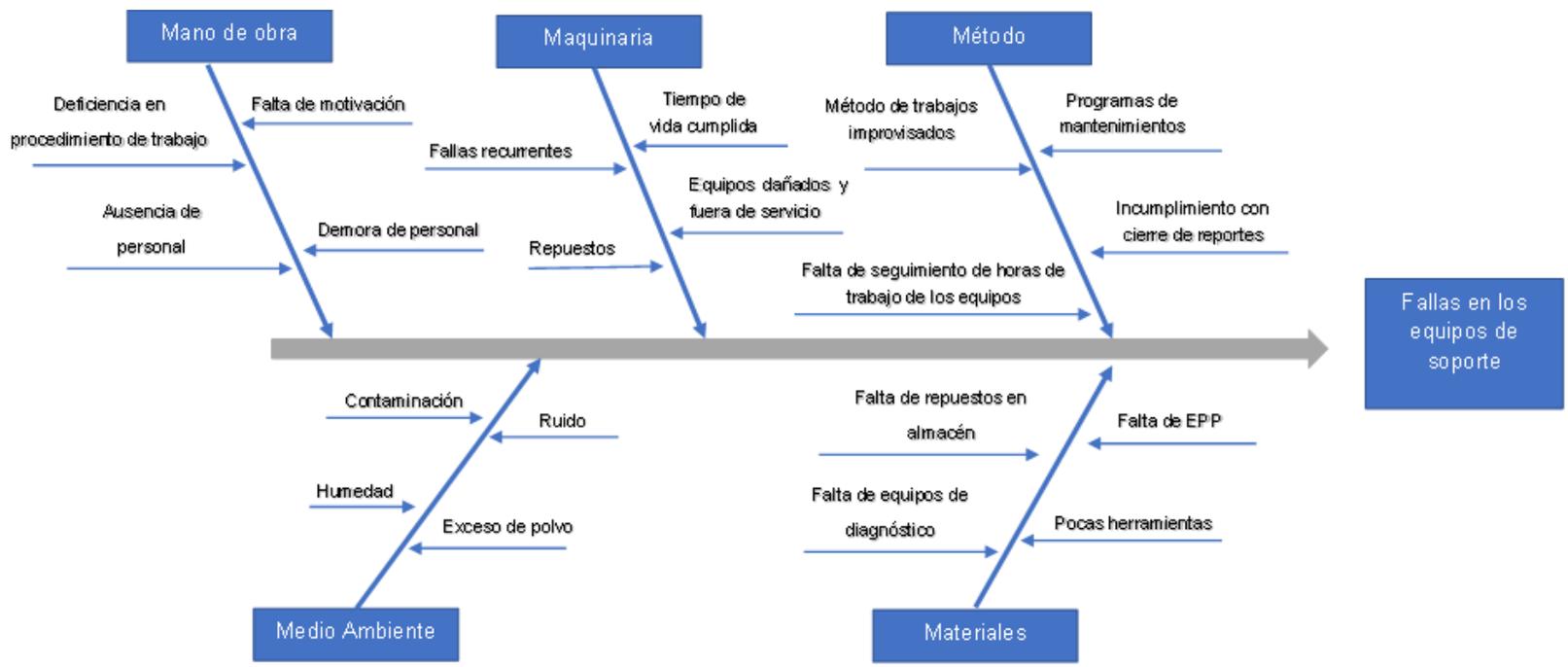
*Nota:* base de datos de la empresa

Como se puede observar en la tabla 15, la disponibilidad de los equipos no llega al porcentaje de disponibilidad objetivo fijado por la minera.

En base al análisis realizado de los meses seleccionados se determinaron las siguientes fallas:

- Mano de obra
- Máquina
- Método
- Medio ambiente
- Materiales

Las posibles causas que originan estas fallas se recopilan en el diagrama de Ishikawa a continuación:



*Figura 11. Diagrama de fallas en los equipos de soporte*

En la figura 11 correspondiente al diagrama de Ishikawa, se pueden apreciar las diversas causas por las cuales se reportan las fallas en los equipos de soporte. Con respecto a la mano de obra, uno de los obstáculos que se presenta en este ítem es la falta del personal debido a la presencia de sintomatologías de covid-19, el retraso debido a la falta de organización de equipos y de material, la falta de motivación a consecuencia de un nulo incentivo o reconocimiento y, deficiencia en los procedimientos de mantenimiento a causa de una falta de información concerniente a los procedimientos y actividades de cada tarea para el mantenimiento de los equipos.

Asimismo, otra de las causas que se evidencia es el medio ambiente en el que se desarrolla, considerando factores como el exceso de polvo, debido a que los camiones generan exceso de polución en las vías, contaminación a causa del mineral extraído, ocasionando el uso constante de respiradores con filtro y, ruido, que sobrepasa los 85 decibeles, originando incomodidad para los trabajadores.

De igual manera, a lo mencionado anteriormente, se le suma las maquinarias, las que presentan un tiempo de vida ya cumplido, lo que ocasiona fallas semanales debido al desgaste de sus componentes producto de los años excesivos de uso; los repuestos, debido a la falta de stock en almacén los equipos suelen quedarse inoperativos hasta la adquisición del repuesto; fallas recurrentes, que genera un incumplimiento de la meta de producción, y, los equipos dañados y fuera de servicio, que generan demoras para el cumplimiento de las metas de producción.

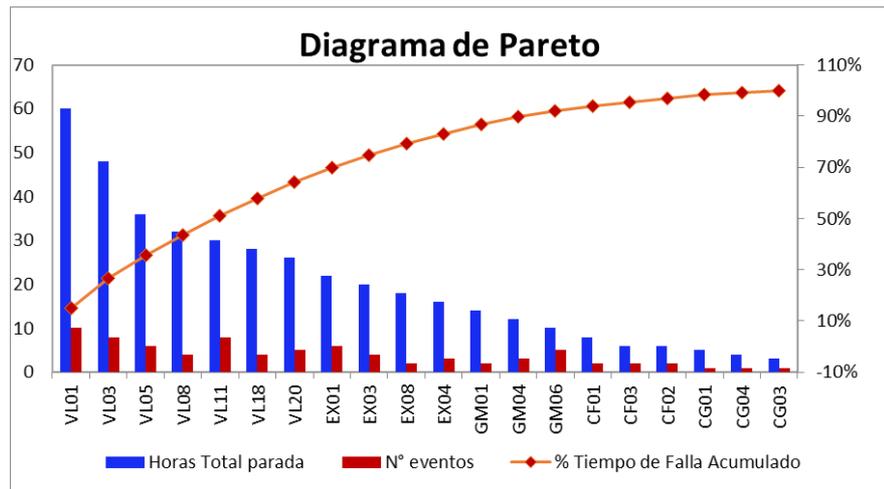
Además, se encuentran los métodos, como el incumplimiento con el cierre de reporte, debido a que al no cerrar las órdenes de trabajo se requiere de una reprogramación de trabajos, que sobrecarga las siguientes semanas; métodos de trabajo improvisados: consiste en no realizar las actividades según lo requerido por los estándares de seguridad de la minera, exponiendo al personal a un posible accidente de trabajo; programas de mantenimiento incompletos, que se traduce en la falta de planes de mantenimiento para algunos equipos y la falta de comunicación; y, falta de seguimiento de horas de trabajo, generando un desfase para la realización del mantenimiento preventivo.

Por último, se encuentran los materiales. En este ítem se encuentran los escasos repuestos en el almacén, ocasionado por la falta de repuestos críticos y de seguridad, generando una demora en el mantenimiento programado; insuficiencia de EPP, causando un retraso en los trabajos; pocas herramientas, produciendo un retraso en las actividades debido a la demanda en simultaneo de los trabajadores de una sola herramienta, y; falta de equipos de diagnóstico, originando demoras en el diagnóstico de fallas, provocando un excesivo tiempo en los mantenimientos correctivos.

**Tabla 16. Fallas en la flota**

Equipos	N.º eventos	Horas total parada	% tiempo de falla total (min)	% tiempo de falla acumulado
VL01	10	60	15	<b>15</b>
VL03	8	48	12	<b>27</b>
VL05	6	36	9	<b>36</b>
VL08	4	32	8	<b>44</b>
VL11	8	30	7	<b>51</b>
VL18	4	28	7	<b>58</b>
VL20	5	26	6	<b>64</b>
EX01	6	22	5	<b>70</b>
EX03	4	20	5	<b>75</b>
EX08	2	18	4	<b>79</b>
EX04	3	16	4	<b>83</b>
GM01	2	14	3	<b>87</b>
GM04	3	12	3	<b>90</b>
GM06	5	10	2	<b>92</b>
CF01	2	8	2	<b>94</b>
CF03	2	6	1	<b>96</b>
CF02	2	6	1	<b>97</b>
CG01	1	5	1	<b>98</b>
CG04	1	4	1	<b>99</b>
CG03	1	3	1	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>404</b>	<b>100</b>	

En la tabla 16 se puede observar que las sumas de los tiempos de falla total son hasta el equipo EX08 con lo que se obtiene un 79 % del tiempo total de paradas. Esto implica que 10 sobre 20 equipos, o un 50 % de los equipos generan el 79 % de los tiempos de paradas.



**Figura 12. Fallas en la flota según el diagrama de Pareto**

En la figura 12 se muestra que el 79 % de los tiempos detenidos son ocasionado por los siguientes equipos: VL01, VL03, VL05, VL08, VL11, VL18, VL20, EX01, EX03, EX08. Esto alerta enfocarse en evaluar más a detalle cada uno de los equipos para evitar daños mayores.

**Tabla 17. Cuadro de MTBF**

Año	Mes	Tiempo total de funcionamiento	Número de fallas	MTBF
2021	Enero	578.6	25	23.14
	Febrero	661.6	24	27.57
	Marzo	641.6	22	29.18
	Abril	628	26	24.15
	Mayo	640	33	19.39
	Junio	620	30	20.66

En la tabla 17, el tiempo medio entre fallas, hace referencia al tiempo medio que transcurre entre dos fallas/averías de un equipo después de la última intervención, se encuentra que el menor tiempo transcurrido es en mayo del 2021.

**Tabla 18. Cuadro de MTTR**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Tiempo de inactividad</b>	<b>Número de fallas</b>	<b>MTTR</b>
2021	Enero	93.4	25	3.74
	Febrero	82.4	24	3.43
	Marzo	78.4	22	3.56
	Abril	92	26	3.53
	Mayo	104	33	3.15
	Junio	100	30	3.33

En la tabla 18, el tiempo medio de reparación, hace referencia al tiempo de demora en las reparaciones de los equipos, el mayor tiempo de demora en la intervención de los equipos en enero del 2021.

#### **b. Verificación**

Luego del análisis de fallas que presentaron los equipos en el periodo de enero a junio, se propondrán posibles soluciones a las causas raíz encontradas y nuevas formas de realizar estos procesos que contemplan el uso de repuestos originales, renovación de equipos por ciclo de vida, uso de manual de mantenimiento según fabricante y adquisición de instrumentos de diagnóstico.

Uno de los requisitos que se debe considerar es reducir el presupuesto de la empresa y el tiempo que lleva implementar las recomendaciones para mejorar el proceso mediante la ejecución y el control de los programas de mantenimiento y capacitación al miembro del equipo técnico.

#### **c. Supervisión y control**

En este acápite se presentan las propuestas de mejora para el control de mantenimiento tomando en consideración los problemas mencionados anteriormente, proponiendo lo siguiente:

Implementar procedimientos de trabajo (anexo 2): este documento ayudará a guiar paso a paso a los técnicos en la intervención de cada equipo, se contemplarán las actividades de los diferentes sistemas, tomando en cuenta herramientas, instrumentos de medición, insumos, materiales, mano de obra,

equipos adicionales. La implementación de este documento tendrá beneficios como:

- Minimizar tiempos muertos de mano de obra
- Realizar trabajos de manera segura y eficiente desde un punto de vista técnico
- Mejor análisis de falla
- Cuidado y conservación de piezas
- Realizar mantenimiento con insumos adecuados
- Prevenir accidentes
- Generación de conciencia laboral

#### **d. Plan de mantenimiento de equipos**

Cuando algunas máquinas se encuentran defectuosas o con problemas a la primera, se entrega el aviso correspondiente al encargado del área de mantenimiento, y el encargado hará el informe correspondiente, incluyendo señalar la falla correspondiente, tiempo de falla, tiempo de mantenimiento; equipos fuera de servicio, tiempo empleado en reparaciones, solución de averías, entre otros aspectos.

Asimismo, deberá realizar el mantenimiento correspondiente periódicamente por horas de trabajo (250 h), donde deberá analizar y presentar los datos más representativos, así como los recursos que estime necesario adquirir para las próximas intervenciones. Durante estas revisiones, se examinará la idoneidad de la propuesta.

Las funciones para llevar a cabo el mantenimiento de equipos son las siguientes:

- Realizar un programa anual de mantenimientos de los equipos.
- Programar mantenimientos según horas de trabajo referenciando en el plan anual.
- Ejecutar el programa de mantenimiento.
- Solicitar los materiales y repuestos requeridos con anticipación.
- Llevar un registro de los mantenimientos realizados a cada equipo.

- Mantener un stock actualizado de los repuestos que se necesitan con frecuencia.
- Generar las órdenes de compra para stock de repuestos.

**e. Formatos de ejecución y control**

**• Formato de control por equipo**

El formato del control propuesto permitirá que se pueda realizar los Pre-Pm (125 h) como también llevar un registro de los mantenimientos preventivos realizados a cada equipo; este formato se registra con el nombre de cartilla de mantenimiento como se muestra en la tabla 19 que contempla a detalle las actividades a realizar e insumos a requerir para la actividad programada.

Esta información se envía por correo al planificador de mantenimiento, quien inicia el registro de los servicios prestados en la base de datos y realiza el seguimiento a las recomendaciones efectuadas durante el trabajo.

**Tabla 19. Cartilla de programa de mantenimiento**

Cartilla Mantenimiento Preventivo GRUA MOVIL RT 670																																																																																																																																																																																																																																																						
N° OT: _____				Posición: <b>PM 4</b>		Frecuencia: <b>360 DIAS</b>																																																																																																																																																																																																																																																
Modelo: <b>RT 670</b>		N° Serie: <b>TTBHT 600HAW160217</b>		Lugar de trabajo: <b>MINERA MERU MAYO</b>		N° Personal: <b>3</b>																																																																																																																																																																																																																																																
Fecha: _____		Hora: _____		Fecha: _____		Duración (Hrs): <b>10</b>																																																																																																																																																																																																																																																
<b>Datos Generales</b>																																																																																																																																																																																																																																																						
GRUA TAREX RT 670		TAREX		MANTENIMIENTO PERMANENTE		3																																																																																																																																																																																																																																																
G		TTBHT 600HAW160217		MINERA MERU MAYO		10																																																																																																																																																																																																																																																
<b>Observación del Trabajo</b>																																																																																																																																																																																																																																																						
Averías por sistema			Ejecutado		Observaciones y comentarios del técnico																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>SISTEMA MECANICO / HIDRAULICO</b>																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>S</th> <th>N</th> <th>O</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								S	N	O		1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14					15					16					17					18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31					32					33					34					35					36					37					38					39					40					41					42					43					44					45					46					47				
	S	N	O																																																																																																																																																																																																																																																			
1																																																																																																																																																																																																																																																						
2																																																																																																																																																																																																																																																						
3																																																																																																																																																																																																																																																						
4																																																																																																																																																																																																																																																						
5																																																																																																																																																																																																																																																						
6																																																																																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																																																																																						
8																																																																																																																																																																																																																																																						
9																																																																																																																																																																																																																																																						
10																																																																																																																																																																																																																																																						
11																																																																																																																																																																																																																																																						
12																																																																																																																																																																																																																																																						
13																																																																																																																																																																																																																																																						
14																																																																																																																																																																																																																																																						
15																																																																																																																																																																																																																																																						
16																																																																																																																																																																																																																																																						
17																																																																																																																																																																																																																																																						
18																																																																																																																																																																																																																																																						
19																																																																																																																																																																																																																																																						
20																																																																																																																																																																																																																																																						
21																																																																																																																																																																																																																																																						
22																																																																																																																																																																																																																																																						
23																																																																																																																																																																																																																																																						
24																																																																																																																																																																																																																																																						
25																																																																																																																																																																																																																																																						
26																																																																																																																																																																																																																																																						
27																																																																																																																																																																																																																																																						
28																																																																																																																																																																																																																																																						
29																																																																																																																																																																																																																																																						
30																																																																																																																																																																																																																																																						
31																																																																																																																																																																																																																																																						
32																																																																																																																																																																																																																																																						
33																																																																																																																																																																																																																																																						
34																																																																																																																																																																																																																																																						
35																																																																																																																																																																																																																																																						
36																																																																																																																																																																																																																																																						
37																																																																																																																																																																																																																																																						
38																																																																																																																																																																																																																																																						
39																																																																																																																																																																																																																																																						
40																																																																																																																																																																																																																																																						
41																																																																																																																																																																																																																																																						
42																																																																																																																																																																																																																																																						
43																																																																																																																																																																																																																																																						
44																																																																																																																																																																																																																																																						
45																																																																																																																																																																																																																																																						
46																																																																																																																																																																																																																																																						
47																																																																																																																																																																																																																																																						
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>S</th> <th>N</th> <th>O</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								S	N	O		1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14																																																																																																																																																																									
	S	N	O																																																																																																																																																																																																																																																			
1																																																																																																																																																																																																																																																						
2																																																																																																																																																																																																																																																						
3																																																																																																																																																																																																																																																						
4																																																																																																																																																																																																																																																						
5																																																																																																																																																																																																																																																						
6																																																																																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																																																																																						
8																																																																																																																																																																																																																																																						
9																																																																																																																																																																																																																																																						
10																																																																																																																																																																																																																																																						
11																																																																																																																																																																																																																																																						
12																																																																																																																																																																																																																																																						
13																																																																																																																																																																																																																																																						
14																																																																																																																																																																																																																																																						
<b>Lista de Materiales</b>																																																																																																																																																																																																																																																						
Código SAP	N° Parte	Materiales	Cant.	Und.	Observaciones																																																																																																																																																																																																																																																	
774969	218033	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
774977	FF2427	FILTRO DE COMBUSTIBLE	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
774872	FS19782	FILTRO SEPARADOR DE AGUAYOMBE	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
775351	FF3203	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
774244	RMUL0415W40	ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	20	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
775352	FF3204	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
774870	247052	FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	1	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
775281	218853	FILTRO AIRE ACONDICIONADO	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
775560	708243	FILTRO HIDRAULICO DE RETORNO	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
775079	709778	FILTRO HIDRAULICO DE SUCCION	1	PSA																																																																																																																																																																																																																																																		
774048	SAE 80W90	ACEITE DE CILINDROS	10	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
1519538	HELL SPIRAX S40X	ACEITE DE TRANSMISION SPIRAX S40X30	15	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
77407	SPRAXS40X10W	ACEITE DE BOMBAS MOBILIZANTE 68	5	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
77313	SPRAXS40X10W	ACEITE REDUCTOR DE GIRO SPIRAX ADO LS	5	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
776314	SAE 20W140	ACEITE DE DIFERENCIAL - 80W140	40	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
772793	TELLUS 68	ACEITE HIDRAULICO TELLUS 68	400	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
775665	HD ULTRA ELCON	REFRIGERANTE HD ULTRA ELCON 80/50 x 26LT	20	LT																																																																																																																																																																																																																																																		
775664	12073	LIGUERO FREMSBERG/AGILE	10	CS																																																																																																																																																																																																																																																		
Observaciones y recomendaciones Adicionales:																																																																																																																																																																																																																																																						
PERSONAL TECNICO EJECUTOR:																																																																																																																																																																																																																																																						
DNI / CODIGO	Nombre	Firma	VISTO SUPERVISION:																																																																																																																																																																																																																																																			
			Ing. Oscar	Nombre	Firma	Fecha																																																																																																																																																																																																																																																
			Supl. Mtro																																																																																																																																																																																																																																																			
			Planificador																																																																																																																																																																																																																																																			

Nota: información tomada de la empresa

• **Formato de análisis de fallas**

El formato de análisis de falla propuesto permite que, ante la presencia de una falla en la flota de soporte, se pueda realizar un análisis minucioso a fin de proponer medidas de corrección y prevención.

**Tabla 20. Formato análisis de falla de máquina**

<b>Análisis de falla</b> <b>Parada &gt; 45 min.</b>	<b>Vehículo</b>	<b>Fecha:</b>
		<b>Hora:</b>
		<b>Turno:</b>
<b>Descripción del síntoma</b>		
<b>Observaciones del operador del equipo</b>		
<b>Análisis causa raíz</b>		
Frenos <input type="checkbox"/> Motor <input type="checkbox"/> Escape <input type="checkbox"/> Eléctrico <input type="checkbox"/> Enfriamiento <input type="checkbox"/>		
<b>Estado inicial:</b>	Bueno <input type="checkbox"/> Malo por reparar <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> malo por baja <input type="checkbox"/> Inoperativo por baja <input type="checkbox"/>	
<b>Descripción del problema:</b>		
<b>Causa A:</b>		
<b>Causa B:</b>		
<b>Causa C:</b>		

**f. Evaluación del plan de mantenimiento**

**Tabla 21. Disponibilidad por familia post implementación del plan de mantenimiento.**

Familia	Cantidad de equipo	Disponibilidad objetivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Camión bombero	2	90 %	60.00 %	70.00 %	75.00 %	77.00 %	80.00 %	89.00 %	90.00 %	90.00 %	91.00 %	93.00 %	94.86 %	96.00 %
Grúas móviles	6	90 %	68.00 %	71.00 %	77.00 %	80.00 %	84.00 %	80.00 %	88.00 %	90.00 %	92.00 %	95.00 %	96.00 %	96.00 %
Camabaja	4	90 %	50.00 %	67.00 %	70.00 %	72.00 %	75.00 %	85.00 %	89.00 %	90.00 %	92.00 %	95.00 %	98.75 %	98.00 %
Camión grúa	8	88 %	60.00 %	63.00 %	70.00 %	78.00 %	80.00 %	88.00 %	90.00 %	91.00 %	93.00 %	92.00 %	94.58 %	96.00 %
Camión cisterna	6	88 %	79.30 %	80.00 %	82.00 %	84.00 %	83.00 %	86.00 %	88.00 %	90.00 %	94.00 %	95.00 %	96.00 %	98.00 %
Cargador frontal	4	90 %	35.00 %	45.00 %	51.00 %	63.00 %	70.00 %	78.00 %	89.00 %	91.00 %	92.00 %	94.00 %	96.00 %	97.00 %
Excavadora	10	90 %	61.00 %	72.00 %	75.00 %	80.00 %	82.00 %	86.00 %	90.00 %	92.00 %	94.00 %	95.00 %	96.00 %	96.80 %
Volquete	20	90 %	<b>85.00 %</b>	87.00 %	89.00 %	81.00 %	83.00 %	86.00 %	90.00 %	91.00 %	94.00 %	95.00 %	96.00 %	97.00 %

En la tabla 21 se puede apreciar la diferencia considerable en un antes y después de la implementación de un plan de mantenimiento. Se tiene que de enero a junio en caso de camión bombero un incremento paulatino de 60.00 % hasta llegar al 89.00 % en el mes de junio. Pero luego del plan de mantenimiento pasó a 90.00 % con un pronóstico de incremento hasta el mes de diciembre 96.00 %. Ello da a entender que la propuesta de un plan de mantenimiento surte efectos positivos para la empresa de soporte.

De manera similar se dio en caso de grúas móviles que en el mes de enero tenía la capacidad de un 68.00 %, luego tuvo crecimiento de 75.00 % y 77.00 % en los meses de marzo y abril, lo que comprende el periodo de implementación de un plan de mantenimiento, con un pronóstico de crecimiento de 90.00 %, 92.00 %, 95.00 %, 96.00 % y 96.00 % de julio a diciembre, respectivamente.

Asimismo, en caso de camabaja, el diagnóstico antes del plan de mantenimiento era de 50.00 %, 67.00 %, 70.00 %, 72.00 %, 75.00 % y 85.00 % de enero a junio, luego de la propuesta del plan de mantenimiento pasó de 90.00 % a 98.00 % de agosto a diciembre. Parecida realidad se dio en otras maquinarias como camión grúa, camión cisterna, cargador frontal, excavadora y volquete que pasó de 85.00 % en enero a 97.00 % en diciembre que comprende el periodo del plan de mantenimiento.

Finalmente, en la tabla 22 se presentan los eventos, tiempos de inactividad y número de fallas registrados postaplicación del plan de mantenimiento que sustentan la mejora obtenida en el plan de mantenimiento de la tabla 16.

**Tabla 22. Eventos y tiempos de inactividad postaplicación de la propuesta**

Mes	Eventos por falta de repuestos	Número de fallas de maquina	Tiempo de inactividad
Julio	8	17	43.19
Agosto	6	16	38.65
Setiembre	5	15	37.14
Octubre	5	17	42.36
Noviembre	4	23	48.62
Diciembre	3	21	47.00
	<b>31</b>	<b>109</b>	<b>256.95</b>

#### **4.1.4. Análisis económico**

Para realizar el análisis económico se procede a determinar los costos de inversión para la puesta en marcha del plan de mantenimiento propuesto, así como los gastos operativos que se requieren ejecutar para llevar a cabo la propuesta. Del mismo modo, se procede a calcular la pérdida económica que ha ocasionado la falta de implementación del plan de mantenimiento. Con estos valores se procederá a realizar el cálculo del VAN y TIR de la propuesta y su costo beneficio.

##### **4.1.4.1. Inversión**

Como parte de la inversión se tienen los siguientes gastos de capacitación, que se dividen en dos conceptos: recurso utilizado para llevar a cabo la propuesta y los costos de mantenimiento y capacitación propiamente dicho.

En ese sentido, primero se presentan los gastos por recursos utilizados para llevar a cabo la propuesta, que se encuentran constituidos por los siguientes gastos:

- Recurso humano, comprendido por el costo de horas invertidas por el personal de la empresa en la realización de la propuesta, que asciende a S/ 22,072.74.
- Costo de equipos, en este concepto se tiene al costo como porcentaje de utilización que se realizó para elaborar la propuesta. Este costo asciende a S/ 531.00.
- Costo de útiles de oficina, son los gastos realizados en materiales utilizados para la ejecución de la propuesta, al ser montos menores no se considera porcentaje de utilización dentro de este concepto. Costo que asciende a S/ 44.00.
- Costos de servicios básicos, referidos a aquellos costos que se utilizaron mientras se realizaba la propuesta, básicamente los ejecutados por el investigador. Costo que asciende a S/ 1,811.80.

- EPP, son los costos considerados por uso de protección personal por bioseguridad covid-19, de uso exclusivo del investigador. Costo que asciende a S/ 85.00.

La tabla 23 presenta el detalle de los gastos por recursos utilizados para llevar a cabo la propuesta, donde el total asciende a S/ 24,544.54, a un tipo de cambio de S/ 3.97 se tiene un total de \$ 6,182.50.

**Tabla 23. Gastos preoperativos**

Recurso	Costo del recurso S/	Costo unitario S/	Unidad de medida	Cantidad requerido	Costo S/
<b>a) Recurso humano</b>					<b>22,072.74</b>
- Investigador	5,814.00	37.06	Hora	260 h	9,636.71
- Técnico 1	3,825.00	24.38	Hora	56 h	1,365.53
- Técnico 2	4,284.00	27.31	Hora	56 h	1,529.39
- Técnico 3	4,590.00	29.26	Hora	56 h	1,638.63
- Técnico 4	4,896.00	31.21	Hora	56 h	1,747.87
- Técnico 5	5,355.00	34.14	Hora	56 h	1,911.74
- Jefe de mantenimiento	8,415.00	53.65	Hora	30 h	1,609.37
- Jefe de planta	9,945.00	63.40	Hora	30 h	1,901.98
- Gerencia Operaciones	19,125.00	121.92	Hora	6 h	731.53
<b>b) Equipos</b>		<b>% de uso</b>			<b>531.00</b>
- Laptop	4,500.00	10.00	Cantidad	1	450.00
- Impresora Epson	900.00	8.00	Cantidad	1	72.00
- Tintas de colores	60.00	5.00	Cantidad	3	9.00
<b>c) Útiles de oficina</b>					<b>44.00</b>
- Tablero	14.00		Unidad	1	14.00
- Papel bond	40.00		Millar	½	20.00
- Lapicero	2.20		Unidad	2	4.40
- Resaltadores	2.80		Unidad	2	5.60
<b>d) Servicios básicos</b>		<b>% de uso</b>			<b>1,811.80</b>
- Corriente eléctrica	325.00	10 %	Mes	1	32.50
- Agua	90.00	5 %	Mes	1	4.50
- Teléfono	65.00	12 %	Mes	1	7.80
- Internet fija	80.00	15 %	Mes	1	12.00
- Pasajes	12.00		Ida/ Retorno	65	780.00
- Viáticos para el investigador	15.00		Almuerzo (1)	65	975.00
<b>e) EPP</b>		<b>% de uso</b>			<b>85.00</b>
- Mascarilla KN95	2.50	1 cada 5 días	Cantidad	13	65.00
- Alcohol 70°	10.00		Litro	2	20.00
<b>Total</b>					<b>24,544.54</b>
				T/C 3.97	<b>\$ 6,182.50</b>

Mientras que en la tabla 24 se presenta el costo de capacitación por tipo de equipos respecto al mantenimiento y operación de los equipos, que requieren de 4 horas de capacitación por equipo. Es importante indicar que estos costos se obtuvieron a través de la empresa en estudio, de acuerdo con costos reales, valor que asciende a un total de \$ 3,460.00 al año.

**Tabla 24. Costos de capacitación a personal**

Ítem	Equipos	Temario	Horas de capacitación	Costo
1	Camión bombero	Mantenimiento y operación	4	\$ 400.00
2	Grúas móviles	Mantenimiento y operación	4	\$ 600.00
3	Cama baja	Mantenimiento y operación	4	\$ 440.00
4	Camión grúa	Mantenimiento y operación	4	\$ 560.00
5	Camión cisterna	Mantenimiento y operación	4	\$ 240.00
6	Cargador frontal	Mantenimiento y operación	4	\$ 360.00
7	Excavadora	Mantenimiento y operación	4	\$ 400.00
8	Volquete	Mantenimiento y operación	4	\$ 460.00
<b>Costo total</b>				<b>\$3,460.00</b>

Además, se tiene en cuenta la rotación de personal, por lo que se toma como base la rotación del último año, que se muestra en la tabla 25, donde se tiene la rotación de personal al año que es igual a 5, es decir 5 veces equivalente a 5 técnicos que rotan al año.

**Tabla 25. Rotación de personal**

Mes	Rotación
Enero	3
Febrero	0
Marzo	0
Abril	1
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	1
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>Total</b>	<b>5</b>

Mientras que en la tabla 26 se presenta el costo de capacitación por las 5 veces que se tiene como referencia de rotación de personal, donde el costo por hora de capacitación por técnico se obtiene de la tabla 24, obteniendo así

un costo promedio de capacitación de \$ 432.50; que aplicado a 5 técnicos se obtiene un costo de capacitación por rotación de personal de \$ 2,162.50

**Tabla 26. Costo de capacitación por rotación de personal**

Cantidad de técnicos	Horas de capacitación	Costo horas de capacitación
5	4	\$ 2,162.50

En la tabla 26 se presenta el resumen de la inversión requerida para llevar a cabo la presente propuesta de plan de mantenimiento para la flota de soporte de una empresa minera, obteniendo una inversión total de \$ 11,805.00.

**Tabla 27. Total de inversión**

Detalle de la inversión	Monto	Viene de:
Recurso utilizado para realizar la propuesta	\$ 6,182.50	Tabla 18
Capacitación	\$ 5,622.50	Tabla 19 y 21
<b>Total de inversión</b>	<b>\$ 11,805.00</b>	

#### 4.1.4.2. Gastos operativos

Como parte de los gastos operativos se presentan los costos por mantenimiento por posición PM01 al PM04, donde se indican los tipos de componentes, cantidad, precio unitario y total necesarios para realizar el mantenimiento para cada una de las posiciones, ver tablas 28 al 31.

**Tabla 28. Presupuesto de mantenimiento PM01 - 250 h**

Ítem	Componente	Cantidad	Unidad	Precio unitario \$	Precio final \$
1	Aceite de motor	5	gal	40.00	200.00
2	Filtro de aceite	1	Pza.	38.00	38.00
3	filtro de combustible	1	Pza.	40.00	40.00
4	Filtro de aire primario	1	Pza.	30.00	30.00
5	Trapos industriales	2	Kg	8.00	16.00
<b>Costo total de materiales</b>					<b>324.00</b>

**Tabla 29. Presupuesto de mantenimiento PM02 - 500 h**

Ítem	Componente	Cantidad	Unidad	Precio unitario \$	Precio final \$
1	Aceite de motor	5	gal	40.00	200.00
2	Filtro de aceite	1	Pza.	38.00	38.00
3	filtro de combustible	1	Pza.	40.00	40.00
4	Filtro de aire primario	1	Pza.	30.00	30.00
5	Filtro de aire secundario	1	Pza.	26.00	26.00
6	Trapos industriales	2	kg	8.00	16.00
<b>Costo total de materiales</b>					<b>350.00</b>

**Tabla 30. Presupuesto de mantenimiento PM03 - 1000 h**

Ítem	Componente	Cantidad	Unidad	Precio unitario \$	Precio final \$
1	Aceite de motor	5	gal	40.00	200.00
2	Filtro de aceite	1	Pza.	38.00	38.00
3	filtro de combustible	1	Pza.	40.00	40.00
4	Filtro de aire primario	1	Pza.	30.00	30.00
5	Filtro de aire secundario	1	Pza.	26.00	26.00
6	Aceite de transmisión	5	gal	42.00	210.00
7	Aceite de diferencial	10	gal	43.00	430.00
8	Trapos industriales	2	kg	8.00	16.00
<b>Costo total de materiales</b>					<b>990.00</b>

**Tabla 31. Presupuesto de mantenimiento PM04 - 2000 h**

Ítem	Componente	Cantidad	Unidad	Precio unitario \$	Precio final \$
1	Aceite de motor	5	gal	40.00	200.00
2	Filtro de aceite	1	Pza.	38.00	38.00
3	filtro de combustible	1	Pza.	40.00	40.00
4	Filtro de aire primario	1	Pza.	30.00	30.00
5	Filtro de aire secundario	1	Pza.	26.00	26.00
6	Aceite de transmisión	5	gal	42.00	210.00
7	Aceite de diferencial	10	gal	43.00	430.00
8	Aceite hidráulico	55	gal	48.00	2,640.00
9	Filtro hidráulico	1	Pza.	80.00	80.00
10	Refrigerante de motor	5	gal	38.00	190.00
11	Trapos industriales	2	kg	8.00	16.00
<b>Costo total de materiales</b>					<b>3,900.00</b>

En la tabla 32 se resumen los costos de mantenimiento aplicando la propuesta, que sintetizan los costos de mantenimiento descritos en las tablas 28 a 31. Monto que asciende a \$ 38,910.00.

**Tabla 32. Costo total de mantenimiento anual - propuesto**

Ítem	De	Posición de mantenimiento	Precio por mantenimiento	Mantenimiento al año	Costo total anual \$
1	Tabla 28	PM01	\$ 324.00	25	8,100.00
2	Tabla 29	PM02	\$ 350.00	18	6,300.00
3	Tabla 30	PM03	\$ 990.00	9	8,910.00
4	Tabla 31	PM04	\$ 3,900.00	4	15,600.00
<b>Costo total de mantenimiento anual</b>					<b>38,910.00</b>

En la tabla 33 se presenta los costos ocultos, que están dados por las horas invertidas por el personal en asistir a las capacitaciones, dado que esas horas no representaron jornada laboral para ellos, es decir no ejecutaron trabajo alguno. Para tal efecto se presenta el anexo 3, donde se detalla el sueldo de cada tipo de personal que participó en la capacitación, la cantidad de personal por tipo de trabajador, el costo de planilla de 53 % (información proporcionada por la gerencia de la empresa, que indica ser el costo que la empresa asume por trabajador que se encuentra registrado en los libros de planilla), finalmente se calculó el costo hora por tipo de personal. Con esta información de costo hora por tipo de personal calculado en el anexo 3 se determinó el costo por horas de capacitación invertidas por el personal capacitado, monto que asciende a S/ 23,819.04 a un tipo de cambio de S/ 3.97 se tiene \$ 5,999.76 (21).

**Tabla 33. Costo por asistencia a capacitación**

Capacitación en	Cantidad de técnicos	Horas de capacitación	Costo de horas de capacitación S/
Camión bombero	14	4	2,977.38
Grúas móviles	14	4	2,977.38
Cama baja	14	4	2,977.38
Camión grúa	14	4	2,977.38
Camión cisterna	14	4	2,977.38
Cargador frontal	14	4	2,977.38
Excavadora	14	4	2,977.38
Volquete	14	4	2,977.38
<b>Total</b>			<b>23,819.04</b>
		T/C 3.97	<b>\$ 5,999.76</b>

Adicionalmente, se presentan los costos ocultos por horas invertidas en capacitación por rotación de personal, obteniendo así la tabla 34 con \$ 267.85.

**Tabla 34. Costo por asistencia a capacitación por rotación de personal**

Capacitación por	Cantidad de técnicos	Horas de capacitación	Costo de horas de capacitación
Rotación de personal al año	5	4	\$ 267.85

Finalmente, se presenta el costo total por concepto de gastos operativos que se requieren incurrir para ejecutar la presente propuesta de un plan de mantenimiento para la flota de soporte de una empresa minera, que asciende a \$ 45,177.60.

**Tabla 35. Total de gastos operativos**

Total de gastos operativos	Costo	Viene de:
Total de presupuesto de mantenimiento	\$ 38,910.00	Tabla 32
Total de capacitación	\$ 6,267.60	Tablas 33 y 34
<b>Total</b>	<b>\$ 45,177.60</b>	

#### 4.1.4.3. Ahorro

A continuación, se presenta el ahorro, que está dado por recuperación de parte de la pérdida económica, calculado en la tabla 36, se ha calculado teniendo en cuenta información de eventos y horas perdidas por parada de máquina producto de falla en los equipos antes y después de la mejora; donde la información del antes se obtuvo de las tablas 16 y 18; y después de la mejora en la tabla 22.

De acuerdo con información de la empresa en estudio, el costo de hora perdida por parada de máquina es de \$ 100.00; con esta información se obtuvo los montos parciales. Observando que la pérdida antes de realizar la propuesta era de \$ 95,420.00 y después de la mejora \$ 41,548.40.

Es preciso indicar que de acuerdo con la tabla 22 se obtuvo que aun con la aplicación de la mejora existe parada de equipos por fallas, por ello se resta este valor de pérdida a la pérdida inicial, porque solo se recupera la

diferencia, aun cuando la mejora se verá aún más en el siguiente año de operación.

En la tabla 36 se observa que la pérdida económica, es decir el ahorro asciende a \$ 53,871.60, monto que se recupera al implementar la mejora propuesta.

**Tabla 36. Cálculo del ahorro**

	Descripción	Eventos	Horas	Monto parcial	Monto total
Antes	Paradas por falta de repuesto	79	404.00	\$ 40,400.00	
	Para por fallas de máquina	160	550.20	\$ 55,020.00	
<b>Pérdida antes de la implementación del plan de mantenimiento:</b>					<b>\$ 95,420.00</b>
Después	Paradas por falta de repuesto	31	158.53	\$ 15,853.16	
	Para por fallas de máquina	109	256.95	\$ 25,695.23	
<b>Pérdida antes de la implementación del plan de mantenimiento:</b>					<b>\$ 41,548.40</b>
<b>Total de ahorro por recuperación de pérdida</b>					<b>\$ 53,871.60</b>

#### 4.1.4.4. Cálculo del costo de mantenimiento antes de la propuesta

Es preciso indicar que el costo actual de mantenimiento, es decir el costo de mantenimiento antes de realizar la propuesta está dado por el costo de mantenimiento PM01 al PM04 detallado en las tablas 28 a 31, pero con menor frecuencia de mantenimiento al año, tal como se muestra en la tabla 37, sumando un total de costo de mantenimiento antes de la propuesta de \$ 19,438.00; es preciso indicar que antes de la propuesta no se realizaban capacitaciones de mantenimiento.

**Tabla 37. Costo total de mantenimiento anual – antes de la propuesta**

Ítem	De	Posición de mantenimiento	Precio por mantenimiento \$	Cantidad de mantenimiento anual	Costo total anual \$
1	Tabla 28	PM01	324.00	12	3,888.00
2	Tabla 29	PM02	350.00	8	2,800.00
3	Tabla 30	PM03	990.00	5	4,950.00
4	Tabla 31	PM04	3,900.00	2	7,800.00
<b>Costo total de mantenimiento anual</b>					<b>19,438.00</b>

Si se analiza el costo de mantenimiento antes de la propuesta, es menor al costo de mantenimiento propuesto, resumido en la tabla 35 por \$ 45,177.60; sin embargo, sumando al costo de mantenimiento anual antes de la propuesta de la tabla 37 de \$19,438.00 la pérdida antes de la presente propuesta calculado

en la tabla 36 de \$ 95,420.00, se tiene un costo de mantenimiento y pérdida de \$ 114,858.00.

Mientras que con la propuesta se tiene los siguientes costos:

- Inversión: \$ 11,805.00 (tabla 27).
- Costo de mantenimiento \$ 45,177.60 (tabla 35).
- Pérdida: \$ 41,548.40 (tabla 36)

Que suman \$ 98,531, monto que es menor a \$ 114,858.00 (antes de la propuesta). Incluso considerando la recuperación de la pérdida de \$ 53,871.60, determinada en la tabla 36: se tiene un costo total de \$ 44,659.04 (\$ 98,531 - \$ 53,871.60).

Es decir, la propuesta tiene ventaja sobre el estado actual respecto al costo de mantenimiento, debido que la propuesta trae consigo evitar costos, por ello, el costo de mantenimiento de la propuesta viene a ser \$ 44,659.04, mientras que el costo de mantenimiento actual o antes de ejecutar la propuesta es de \$ 114,858.00.

#### **4.1.4.5. Flujo de caja**

Con el cálculo de la inversión y del ahorro por ejecutar la propuesta, se procede a realizar el flujo de caja para un proyecto de 5 años, asumiendo los siguientes supuestos:

- Inflación para el segundo año de 15 % de acuerdo con el cierre de enero 2023 (22).
- A partir del tercer año la inflación se incrementa en 0.5 % anual.
- Se considera 29.5 % de impuesto a la renta (23).

**Tabla 38. Flujo de caja de la propuesta**

Concepto	Año 0 \$	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
Ahorro		53,871.60	61,952.34	62,262.11	62,573.42	62,886.28
Costos operativos por ejecutar plan de mantenimiento		45,177.60	51,954.25	52,214.02	52,475.09	52,737.46
<b>Utilidad neta</b>		<b>8,694.00</b>	<b>9,998.10</b>	<b>10,048.09</b>	<b>10,098.33</b>	<b>10,148.82</b>
Impuesto a la renta (29.5 %)		-2,564.73	-2,949.44	-2,964.19	-2,979.01	-2,993.90
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>6,129.27</b>	<b>7,048.66</b>	<b>7,083.90</b>	<b>7,119.32</b>	<b>7,154.92</b>
<b>Flujo de inversiones</b>	<b>-11,805.00</b>					
<b>Flujo de inversiones</b>	<b>-11,805.00</b>					
<b>Flujo de efectivo libre</b>	<b>-11,805.00</b>	<b>6,129.27</b>	<b>7,048.66</b>	<b>7,083.90</b>	<b>7,119.32</b>	<b>7,154.92</b>

#### 4.1.4.6. VAN-TIR

Para el cálculo del VAN y del TIR se considera como costo promedio ponderado de capital (CPPC) a 16.71 %, información calculada en el anexo 4. Luego, con los resultados obtenidos en el flujo de caja de la tabla 38 se obtiene un VAN de \$ 10,218.19 y un TIR de 49.24 %, siendo VAN > 0 y TIR > COK (CPPC = 16.71 %): se dice que el proyecto es viable y rentable, por tanto, es recomendable la puesta en marcha de la presente propuesta. Ver tabla 39 con el cálculo del VAN y el TIR de la presente propuesta.

**Tabla 39. VAN-TIR de la propuesta**

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
VALOR PRESENTE	\$ -11,805.00	\$ 5,251.65	\$ 5,174.66	\$ 4,455.90	\$ 3,836.97	\$ 3,304.02
Costo Promedio Ponderado de Capital (Información de la empresa)					=	16.71%
Tasa de descuento Costo Promedio Ponderado (CPPC):						16.71%
Valor Presente Neto (VAN) :						<b>\$ 10,218.19</b>
Tasa Interna de Retorno (TIR) :						<b>49.24%</b>

## 4.2. Discusión de resultados

El objetivo general de la investigación es determinar la manera en que un plan de mantenimiento de flota de soporte repercute en el sistema de producción de una empresa minera. Al respecto, los hallazgos evidencian que a través de la implementación del

mantenimiento preventivo adecuado se demostró que durante marzo, abril y mayo se reportó una disponibilidad de 85 %, 88 % y 90 %, respectivamente; y posterior a la implementación de mantenimiento se reportó que la disponibilidad a partir de junio es de 92 %, 96 % y 97 %; lo que logra evidenciar una mejora sustancial. Este hallazgo confirma la hipótesis general que la implementación de un adecuado plan de mantenimiento tiene repercusión positiva en el sistema de producción de una empresa minera. Ello coincide con lo indicado por Barco (12), quien afirma que la eficiencia y la eficacia aumentan considerablemente a través de un plan de mantenimiento. Por ende, recomienda con el seguimiento de la aplicación del mantenimiento preventivo. Tal como concluye Gonzales (10) que el 55 % de las paradas de producción son por fallas en las máquinas, de la misma manera, se demuestra que con el mantenimiento preventivo se reduce en 80 % las paradas de las maquinarias. Debido a lo anterior, recomienda, una mejora constante en los planes de mantenimiento por maquinarias y equipos.

El primer objetivo específico es establecer la forma de incrementar la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera. Al respecto, los hallazgos han demostrado que la implementación del mantenimiento se encuentra que el tiempo medio entre fallas (MTBF) 23.14, 27.57, 29.18, 24.15, 19.39 y 20.66 origina un incremento en las pérdidas generadas. Dicho hallazgo se encuentra relacionado con lo mencionado por Monsalve y Tena (2), quien señala que al llevarse a cabo la implementación del plan de mantenimiento se reducirían las probabilidades de ocurrencia de fallas críticas o severas, que generan mayores gastos para la empresa, y la reducción de las horas de parada tendría incidencia positiva en el incremento de la disponibilidad de flota. Con ello, se confirma la hipótesis que el plan de mantenimiento para la flota de soporte permite el incremento de la disponibilidad de los equipos de una empresa minera.

El segundo objetivo específico es analizar el modo de reducción de tiempo de parada del equipo en mantenimiento de la flota de soporte de una empresa minera. Al respecto, los hallazgos han demostrado que la implementación de un plan de mantenimiento reduce el tiempo de parada de máquina. Pues como se evidencia en el diagrama de Pareto el 79 % de los tiempos detenidos son ocasionados por los siguientes equipos: VL01, VL03, VL05, VL08, VL11, VL18, VL20, EX01, EX03, EX08. Ello implica diseñar un enfoque de evaluación más a detalle sobre cada uno de los equipos para evitar daños mayores. Al respecto, Villegas (4) señala que la implementación de la propuesta presentada en dicho estudio permitirá la optimización de la empresa mediante el aumento de rendimiento de las máquinas de 68.27 % a un 78.47 %, y por lo indicado por Flores y Molina (5) quienes alegan que la implementación de la metodología RCM buscará reducir consecuencias generadas por fallos, permitiendo optimizar los recursos de manera eficiente. Ello confirma la hipótesis que el plan de mantenimiento permite la

reducción del tiempo de parada del equipo en mantenimiento de la flota de soporte de una empresa minera.

Por último, el tercer objetivo específico es establecer el diagrama de causa y efecto para identificar las posibles causas que afectan la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera. Al respecto se puso en consideración el diagrama de Ishikawa, con el que se pudieron apreciar las diversas causas por las que se reportan las fallas en los equipos de soporte, con respecto a la mano de obra, uno de los obstáculos que se presenta en este ítem es la falta del personal debido a la presencia de sintomatologías de covid-19, el retraso debido a la falta de organización de equipos y de material, la falta de motivación a consecuencia de un nulo incentivo o reconocimiento y, deficiencia en los procedimientos de mantenimiento a causa de una falta de información concerniente a los procedimientos y actividades de cada tarea para el mantenimiento de los equipos. Con ello, se confirma la hipótesis que el diagrama de causa y efecto permite identificar las posibles causas que afectan la disponibilidad de la flota de soporte de una empresa minera.

Por ende, se evidencia que previo a la implementación del mantenimiento se encuentra que el tiempo medio de reparación (MTTR) obtenido entre los meses de enero a junio equivalentes a 3.74, 3.43, 3.56, 3.53, 3.15 y 3.33, mejora con la implementación; coincidiendo con lo señalado por Chang (9), que un modelo de mantenimiento preventivo reduce sus costos hasta un 60 % debido a la reducción del tiempo de parada. De igual manera, como refuerzo Garavito (8) considera que, si bien la implementación requiere de la existencia de un costo, este se encuentra asegurado por un retorno rápido, traduciéndose en la disminución de un 20 % en gastos operacionales, ello es concordante con lo señalado por Loyola (1) que la elaboración de plan de mantenimiento preventivo significa la reducción de hasta el 25 % con lo que respecta al consumo de energía.

Finalmente, es preciso indicar que la confirmación de la hipótesis se realiza a través de un análisis comparativo entre el VAN y el TIR, considerando para el cálculo como costo promedio ponderado de capital (CPPC) a 16.71 %, información calculada en el anexo 4. Luego, con los resultados obtenidos en el flujo de caja de la tabla 36 se obtiene un VAN de \$ 10,218.19 y un TIR de 49.24 %, siendo  $VAN > 0$  y  $TIR > COK$  ( $CPPC = 16.71 \%$ ): se dice que el proyecto es viable y rentable, por tanto, es recomendable la puesta en marcha de la presente propuesta.

## CONCLUSIONES

- A través de la implementación del mantenimiento preventivo se evidenció una mejora sustancial, debido a que, durante marzo, abril y mayo se reportó una disponibilidad de 85 %, 88 % y 90 %, respectivamente; y posterior a la implementación de mantenimiento se reportó que la disponibilidad a partir de junio es de 92 %, 96 % y 97 %.
- Se establecieron parámetros para la elaboración del plan de mantenimiento de la flota de soporte con el que se busca llevar a cabo un adecuado mantenimiento preventivo. De igual manera, conforme se vayan implementando estas acciones se irán solucionando progresivamente las acciones a llevarse a cabo.
- Se ha redefinido la frecuencia de cuidados preventivos del mantenimiento de la unidad. El intervalo de tiempo o kilometraje especificado por el fabricante puede aumentar el tiempo de funcionamiento de los vehículos de transporte al reducir la frecuencia de entrada en mantenimiento correctivo y aumentar el tiempo de funcionamiento mensual de la flota de transporte.
- Mediante el diagrama Ishikawa se determinó que las principales causas de que afectan la disponibilidad de la flota se encuentran la mano de obra relacionada a Covid-19, el exceso de polvo, el desgaste de los componentes de las maquinarias debido al uso excesivo, el incumplimiento con el cierre de reporte y falta de repuestos críticos y de seguridad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Área de Gerencia General que, para la obtención de la información con fines de terminar las falencias a nivel de administración empresarial, se considere una fuente fidedigna, de primera mano que son los jefes y supervisores, a fin de establecer los mecanismos y alternativas de solución ante las situaciones problemáticas que se pueden advertir en la institución.
- Se recomienda a los trabajadores mantener una actitud constante de acatar las mejoras que se establecen y a la implementación de nuevas estrategias de trabajo, buscando una mejora continua a fin de optimizar las labores en beneficio de todos.
- Se recomienda al Área de Recursos Humanos establecer los mecanismos para brindar capacitaciones de manera permanente sobre los logros empresariales; además de enfatizar en el cumplimiento de los lineamientos establecidos, especialmente de las 5S, sobre el manual de funciones, procedimientos y responsabilidades de cada trabajador en aras de optimizar las labores que se realizan en la empresa.
- Se recomienda considerar la mejora de gestión del mantenimiento preventivo para asegurar la disponibilidad de los equipos. El plan toma en cuenta que los costos de mantenimiento no aumentarán, sino para mantener y asegurar la disponibilidad de los equipos de acuerdo con las actividades requeridas.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **LOYOLA, Marcos.** *Elaboración de plan de mantenimiento preventivo para sistemas técnicos del Centro Internacional de la Papa.* [Tesis para licenciatura]. Universidad San Ignacio de Loyola. 2016, 95 pp. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2021]. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3652>.
2. **MONSALVE, M.; TENA, E.** *Plan de mantenimiento para la flota de vehículos de la empresa Navitrans S. A. S.* [Tesis para licenciatura]. Universidad Libre. 2018, 123 pp. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11600>.
3. **RIERA, Jerson.** *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para empresa Cubiertas del Ecuador Kubiec S. A. en la planta Esthela.* [Tesis]. Escuela Politécnica del Ejército. 2012, 80 pp. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5974/1/T-ESPE-034434.pdf>.
4. **VILLEGAS, Juan.** *Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa Manfer S. R. L. Contratistas Generales.* [Tesis]. Universidad Católica San Pablo. 2016. <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/15234>.
5. **FLORES, D.; MOLINA, D.** *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC – EP.* [Tesis]. Universidad Politécnica Salesiana, 2021, 112 pp. [18 de diciembre de 2021]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20559>.
6. **VESGA, Sergio.** *Diseño de la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad para la flota de camiones cisterna de la empresa hidrotanques.* 2019. [Tesis]. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8541>.
7. **ANGUISACA, W.; PEÑAFIEL, J.** *Propuesta para la implementación de un software para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP.* [Tesis]. Universidad Politécnica Salesiana, 2021, 120 pp. [14 de octubre de 2021]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20680>.
8. **GARAVITO, M.** *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para flota de generadores Empresa Generación y Sistemas S. P. A.* [Tesis] Universidad Técnica Federico Santa María, 2018, 85 pp. [18 de noviembre de 2021]. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/45813>.
9. **CHANG, E.** *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler.* [Tesis] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021, 90 pp. [15/11/2021].

- <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
10. **GONZALES, Jorge.** *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S. A. C.* [Tesis] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2016, 95 pp. [20/10/2021].  
[http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/830/TL\\_GonzalesGuzmanJorgeLuis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/830/TL_GonzalesGuzmanJorgeLuis.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  11. **LOYOLA, Marcos.** *Elaboración de plan de mantenimiento preventivo para sistemas técnicos del Centro Internacional de la Papa.* [Tesis] Universidad San Ignacio de Loyola, 2016, 95 pp. [15/9/2021]. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3652>.
  12. **BARCO, D.** *Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa Tejidos Global S. A. C. del distrito de Ate Vitarte, Lima, 2017.* [Tesis] Universidad César Vallejo, 2017, 114 pp. [20/9/2021].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12268>.
  13. **MAYORGA, A.; QUISHPE, J.** Deontología aplicada al mantenimiento de maquinaria industrial por ingenieros mecánicos. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales.* 2019.  
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/deontologia-maquinaria-industrial.html/hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1905deontologia-maquinaria-industrial>.
  14. **CUATRECASAS ARBÓS, Lluís; TORRELL MARTÍNEZ, Francesca.** *TPM en un entorno Lean Management. Estrategia competitiva.* 2010. pp. 450.  
<https://www.tagusbooks.com/leer?isbn=9788415330172&li=1&idsource=3001>.
  15. **REY SACRISTÁN, Francisco.** *Mantenimiento total de la producción.* 2001. FC editorial.  
<https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
  16. **LUCIO MORENO, Xavier Iván.** *Diseño de un sistema de mantenimiento autónomo para la planta ensambladora de vehículos General Motors – ómnibus BB.* 2008. [Tesis]. Escuela Politécnica Nacional.  
<https://1library.co/document/qvl7w0ry-diseno-sistema-mantenimiento-autonomo-ensambladora-vehiculos-general-omnibus.html>.
  17. **HERNÁNDEZ, Pedro.** Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y evaluación económica. *Ingeniería Energética.* 2008. <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127758005.pdf>.
  18. **SIRA, Silvia.** Aplicación tecnológica del Diagrama Hombre-Máquinas. *Revista Ingeniería UC.* 2011. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70723269003.pdf>.
  19. **MORENO, María.** Diagnóstico de fallas tempranas de rodamientos en mecanismos susceptibles al desbalanceo y a la desalineación. *Revista UIS Ingenierías.* 2019.

- <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762533019/>.
20. **OLARTE, William.** Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*. 2010.  
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>.
  21. **FARIAS, Hugo.** *Tiempo medio entre fallas: explicación y estándares. Informe Interno N 78*. 2017. <https://silo.tips/download/tiempo-medio-entre-fallas-explicacion-y-estandares>.
  22. **HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar.** *Metodología de la investigación*. (6.º ed.) McGraw-Hill. 2014. ISBN: 9786077440031.
  23. **ZORRILLA, Santiago.** *Introducción a la metodología de la investigación*. (11.º ed.). Aguilar León y Cal Editores. 1993.
  24. **Banco Central e Reserva del Perú.** *Reporte de inflación*. [En línea] 18 de 2022.  
<https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>.
  25. —. *Reporte de inflación en Perú*. [En línea] 13 de 2023. <https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>.
  26. **Superintendencia Nacional de Administración Tributaria.** *Tasas para la determinación del impuesto a la renta anual*. [En línea] 2017. <https://orientacion.sunat.gob.pe/2900-03-tasas-para-la-determinacion-del-impuesto-a-la-renta-anual>.
  27. **Ministerio de Economía y Finanzas.** *Deudas y bonos*. [En línea] 13 de 1 de 2023.  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/deuda\\_publ/bonos/internos/bonos\\_sobe/emisi\\_bono/2023/Resultados\\_2023\\_01\\_Bono\\_Soberano\\_BS12AGO2032.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/deuda_publ/bonos/internos/bonos_sobe/emisi_bono/2023/Resultados_2023_01_Bono_Soberano_BS12AGO2032.pdf).
  28. Bolsa de Valores de Lima. *Bolsa al día*. [En línea] 13 de 01 de 2023.  
<https://documents.bvl.com.pe/pubdif/boldia/bolres.htm>.
  29. **Infront.** *Bolsa de Valores de Lima*. <https://www.infrontanalytics.com/>. [En línea] 13 de 01 de 2023.  
<https://www.infrontanalytics.com/fe-ES/30208LP/Bolsa-de-Valores-de-Lima-S-A/beta>.
  30. **Banco Central de Reserva del Perú.** *Resumen informativo*. [En línea] 5 de 1 de 2023.  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2023/resumen-informativo-2023-01-05.pdf>.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
**Base de datos**

OT	Mes	Fecha de ejecución del servicio	Código equipo	Equipo	Horómetro	Descripción del servicio	Tipo de servicio	Plan	Estado del equipo	Duración en h/H	Ejecutado por
70000030870	Ene,21	1/01/2021	VL01	Volquete 01	13000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	2/01/2021	VL01	Volquete 01	13010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	3/01/2021	VL01	Volquete 01	13020	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	4	Ronaldo Risco / Javier Zeña
20000009662	Ene,21	4/01/2021	VL02	Volquete 02	10000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	5/01/2021	VL02	Volquete 02	10010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	18	Ronaldo Risco / Javier Zeña
40000008456	Ene,21	6/01/2021	VL03	Volquete 03	11000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz
Regularizar	Ene,21	7/01/2021	VL03	Volquete 03	11010	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	4	Edgardo Cruz
70000030874	Ene,21	8/01/2021	VL04	Volquete 03	20000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	9/01/2021	VL04	Volquete 04	20010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	10	Edgardo Cruz
70000030878	Ene,21	10/01/2021	VL05	Volquete 05	10000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	11/01/2021	VL05	Volquete 05	10010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	10	Edgardo Cruz
40000008457	Ene,21	12/01/2021	VL06	Volquete 06	12000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz
Regularizar	Ene,21	13/01/2021	VL06	Volquete 06	12010	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	2	Edgardo Cruz
40000008458	Ene,21	14/01/2021	VL07	Volquete 07	15000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz

Regularizar	Ene,21	15/01/2021	VL07	Volquete 07	15020	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	12	Edgardo Cruz
200000009663	Ene,21	16/01/2021	VL08	Volquete 08	11000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz
Regularizar	Ene,21	17/01/2021	VL08	Volquete 08	11010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	20	Edgardo Cruz
400000008449	Ene,21	18/01/2021	VL09	Volquete 09	12000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
Regularizar	Ene,21	19/01/2021	VL09	Volquete 09	12009	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	6	Edgardo Cruz
300000402324	Ene,21	20/01/2021	VL10	Volquete 10	14000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	21/01/2021	VL10	Volquete 10	14008	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	8	Edgardo Cruz
300000402325	Ene,21	22/01/2021	VL11	Volquete 11	13000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	23/01/2021	VL11	Volquete 11	13009	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	14	Ronaldo Risco / Javier Zeña
700000030873	Ene,21	24/01/2021	VL12	Volquete 12	14000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
Regularizar	Ene,21	25/01/2021	VL12	Volquete 12	14010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
400000008445	Ene,21	26/01/2021	VL13	Volquete 13	16000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
Regularizar	Ene,21	27/01/2021	VL13	Volquete 13	16010	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	4	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
300000402326	Ene,21	28/01/2021	VL14	Volquete 14	23000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
Regularizar	Ene,21	29/01/2021	VL14	Volquete 14	23010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	8	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
300000402322	Ene,21	30/01/2021	VL15	Volquete 15	25000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo R. / Javier Z.
Regularizar	Ene,21	31/01/2021	VL15	Volquete 15	25010	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	20	Ronaldo R. / Javier Z.
400000008444	Feb,21	1/02/2021	VL16	Volquete 16	14000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Z / Javier S. / Ronaldo R.
Regularizar	Feb,21	2/02/2021	VL16	Volquete 16	14008	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	10	Javier Z / Javier S. / Ronaldo R.
700000030221	Feb,21	3/02/2021	VL17	Volquete 17	13000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.

Regularizar	Feb,21	4/02/2021	VL17	Volquete 17	1300 7	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	8	Richard R. / David H.
400000008455	Feb,21	5/02/2021	VL18	Volquete 18	1800 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Feb,21	6/02/2021	VL15	Volquete 15	2510 0	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	18	Richard R. / David H.
400000008448	Feb,21	7/02/2021	VL19	Volquete 19	1500 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / Javier Sánchez
300000371718	Feb,21	8/02/2021	VL20	Volquete 20	1400 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Feb,21	9/02/2021	VL20	Volquete 20	1400 9	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	12	Richard R. / David H.
300000371741	Feb,21	10/02/2021	CC01	Camión cisterna 01	1200 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
300000371764	Feb,21	11/02/2021	CC02	Camión cisterna 02	8000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ricard R / David H.
Regularizar	Feb,21	12/02/2021	CC02	Camión cisterna 02	8008	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Inoperativo	16	Ricard R / David H.
300000391699	Feb,21	13/02/2021	CC03	Camión cisterna 03	1300 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Feb,21	14/02/2021	CC03	Camión cisterna 03	1301 0	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	8	Ricard R / David H.
300000394269	Feb,21	15/02/2021	CC04	Camión cisterna 04	1100 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Feb,21	16/02/2021	CC04	Camión cisterna 04	1100 8	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	10	Ricard R / David H.
300000402119	Feb,21	17/02/2021	CC05	Camión cisterna 05	6000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
Regularizar	Feb,21	18/02/2021	CC05	Camión cisterna 05	6009	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	6	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
500000037515	Feb,21	19/02/2021	CC06	Camión cisterna 06	1400 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
Regularizar	Feb,21	20/02/2021	CC06	Camión cisterna 06	1402 0	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Operativo	10	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
300000402116	Feb,21	21/02/2021	CF01	Cargador frontal 01	1300 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
Regularizar	Feb,21	22/02/2021	CF01	Cargador frontal 01	1301 0	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Inoperativo	6	Franklin M / David H.
700000030869	Feb,21	23/02/2021	CF02	Cargador frontal 02	1500 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / Richar R

Regularizar	Feb,21	24/02/2021	CF02	Cargador frontal 02	15010	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	10	Javier Zeña / Richar R
700000030880	Feb,21	25/02/2021	CF03	Cargador frontal 03	8500	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
Regularizar	Feb,21	26/02/2021	CF03	Cargador frontal 03	8510	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Operativo	8	Dirk Ortiz / Edgardo Cruz
300000402323	Feb,21	27/02/2021	CF04	Cargador frontal 04	18000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Javier Zeña
700000030922	Feb,21	28/02/2021	EX01	Excavadora 01	9000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richar R. / David H.
700000030220	Mar,21	1/03/2021	EX02	Excavadora 02	10000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ricard R / David H.
Regularizar	Mar,21	2/03/2021	EX02	Excavadora 02	10010	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Operativo	4	Ricard R / David H.
300000312461	Mar,21	3/03/2021	EX03	Excavadora 03	6000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
300000371711	Mar,21	4/03/2021	EX04	Excavadora 04	8500	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Mar,21	5/03/2021	EX04	Excavadora 04	8510	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	6	Richard R. / David H.
300000373556	Mar,21	6/03/2021	EX05	Excavadora 05	9000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
300000394260	Mar,21	7/03/2021	EX06	Excavadora 06	6000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
Regularizar	Mar,21	8/03/2021	EX06	Excavadora 06	6010	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	8	Richard R. / David H.
400000008447	Mar,21	9/03/2021	EX07	Excavadora 07	13000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / Javier Z.
700000030881	Mar,21	10/03/2021	EX08	Excavadora 08	14000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / Javier Z.
Regularizar	Mar,21	11/03/2021	EX08	Excavadora 08	14010	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Operativo	10	Javier Sánchez
300000402117	Mar,21	12/03/2021	EX09	Excavadora 09	11000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Sánchez
300000391698	Mar,21	13/03/2021	EX10	Excavadora 10	9000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard R. / David H.
700000030882	Mar,21	14/03/2021	CG01	Camión grúa 01	12000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
300000402118	Mar,21	15/03/2021	CG02	Camión grúa 02	11000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Inoperativo	20	Edgardo C. / Dirk O.

Regularizar	Mar,2 1	16/03/202 1	CG02	Camión grúa 02	1101 0	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Operativo	6	Edgardo C. / Dirk O.
300000373555	Mar,2 1	17/03/202 1	CG03	Camión grúa 03	1700 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / Richar R
500000029407	Mar,2 1	18/03/202 1	CG04	Camión grúa 04	9000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / Richar R
Regularizar	Mar,2 1	19/03/202 1	CG04	Camión grúa 04	9010	Revisión de motor	Correctivo	No programado	Operativo	4	Javier Zeña / Richar R
400000008383	Mar,2 1	20/03/202 1	CG05	Camión grúa 05	1300 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
400000008441	Mar,2 1	21/03/202 1	CG06	Camión grúa 06	1400 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
Regularizar	Mar,2 1	22/03/202 1	CG06	Camión grúa 06	1401 0	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Inoperativ o	6	Javier Zeña / Richar R
400000008442	Mar,2 1	23/03/202 1	CG07	Camión grúa 07	2100 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
400000008452	Mar,2 1	24/03/202 1	CG08	Camión grúa 08	2200 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
400000008446	Mar,2 1	25/03/202 1	CM0 1	Camabaja 01	1700 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
Regularizar	Mar,2 1	26/03/202 1	CM0 1	Camabaja 01	1701 1	Revisión de transmisión	Correctivo	No programado	Inoperativ o	10	Edgardo C. / Dirk O.
700000031225	Mar,2 1	27/03/202 1	CM0 2	Camabaja 02	1300 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
700000031224	Mar,2 1	28/03/202 1	CM0 3	Camabaja 03	1900 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Dirk O.
Regularizar	Mar,2 1	29/03/202 1	CM0 3	Camabaja 03	1901 9	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	2	Edgardo C. / Dirk O.
700000031231	Mar,2 1	30/03/202 1	CM0 4	Camabaja 04	2300 0	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
700000031230	Mar,2 1	31/03/202 1	GM0 1	Grúa móvil 01	6000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Franklin M / David H.
Regularizar	Abr,21	1/04/2021	GM0 1	Grúa móvil 01	6010	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Operativo	6	Richard Rivera / Javier Zeña
200000010134	Abr,21	2/04/2021	GM0 2	Grúa móvil 02	5000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Javier Zeña
Regularizar	Abr,21	3/04/2021	GM0 2	Grúa móvil 02	5010	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Operativo	8	Dirk O. / Javier S. / Edgardo C.
400000009180	Abr,21	4/04/2021	GM0 3	Grúa móvil 03	4500	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk O. / Javier S. / Edgardo C.

40000008194	Abr,21	5/04/2021	GM04	Grúa móvil 04	5000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
Regularizar	Abr,21	6/04/2021	GM04	Grúa móvil 04	5010	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Operativo	4	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
700000031235	Abr,21	7/04/2021	GM05	Grúa móvil 05	7000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
300000406232	Abr,21	8/04/2021	GM06	Grúa móvil 06	8000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
300000406236	Abr,21	9/04/2021	CB01	Camión bombero 01	22200	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Javier Sánchez
Regularizar	Abr,21	10/04/2021	CB01	Camión bombero 01	22210	Revisión de muelles	Correctivo	No programado	Inoperativo	10	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
300000406234	Abr,21	11/04/2021	CB02	Camión bombero 01	10000	Mantenimiento preventivo 2000 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Javier Sánchez
300000408471	Abr,21	12/04/2021	VL01	Volquete 01	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
Regularizar	Abr,21	13/04/2021	VL01	Volquete 01	13255	Revisión de motor	Correctivo	No programado	Operativo	4	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
700000031234	Abr,21	14/04/2021	VL02	Volquete 02	10250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Inoperativo	20	Javier Zeña / David Herrera
300000408469	Abr,21	15/04/2021	VL03	Volquete 03	11250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
300000408470	Abr,21	16/04/2021	VL04	Volquete 04	20250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
300000408472	Abr,21	17/04/2021	VL05	Volquete 05	10250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
Regularizar	Abr,21	18/04/2021	VL05	Volquete 05	10258	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Inoperativo	2	Richard Rivera / Franklin Mamani
300000408467	Abr,21	19/04/2021	VL06	Volquete 06	12250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
500000022816	Abr,21	20/04/2021	VL07	Volquete 07	15250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
400000008419	Abr,21	21/04/2021	VL08	Volquete 08	11250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
Regularizar	Abr,21	22/04/2021	VL08	Volquete 08	11265	Soldadura de chasis	Correctivo	No programado	Inoperativo	10	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
300000408474	Abr,21	23/04/2021	VL09	Volquete 09	12250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
300000408475	Abr,21	24/04/2021	VL10	Volquete 10	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani

700000031226	Abr,21	25/04/2021	VL11	Volquete 11	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
Regularizar	Abr,21	26/04/2021	VL11	Volquete 11	13260	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Inoperativo	8	Richard Rivera / Franklin Mamani
200000010136	Abr,21	27/04/2021	VL12	Volquete 12	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
200000010135	Abr,21	28/04/2021	VL13	Volquete 13	16250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
700000031228	Abr,21	29/04/2021	VL14	Volquete 14	23250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
500000032191	Abr,21	30/04/2021	VL15	Volquete 15	25250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier S. / Javier Z. / David Herrera.
Regularizar	May,21	1/05/2021	VL15	Volquete 15	25256	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	4	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
300000408460	May,21	2/05/2021	VL16	Volquete 16	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
300000406239	May,21	3/05/2021	VL17	Volquete 17	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
Regularizar	May,21	4/05/2021	VL17	Volquete 17	13256	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	6	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
300000406238	May,21	5/05/2021	VL18	Volquete 18	18250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
300000406237	May,21	6/05/2021	VL19	Volquete 19	15250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
Regularizar	May,21	7/05/2021	VL19	Volquete 19	15260	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	4	Edgardo Cruz / Dirk Ortiz
700000031227	May,21	8/05/2021	VL20	Volquete 20	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
700000031229	May,21	9/05/2021	CC01	Camión cisterna 01	12250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
Regularizar	May,21	10/05/2021	CC01	Camión cisterna 01	12258	Revisión de ruedas	Correctivo	No programado	Operativo	2	Richard Rivera / Franklin Mamani
300000408468	May,21	11/05/2021	CC02	Camión cisterna 02	8250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Richard Rivera / Franklin Mamani
500000032191	May,21	12/05/2021	CC03	Camión cisterna 03	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier S. / Javier Z. / David Herrera.
Regularizar	May,21	13/05/2021	CC03	Camión cisterna 03	13260	Soldadura de chasis	Correctivo	No programado	Inoperativo	18	Javier S. / Javier Z. / David Herrera.
200000010245	May,21	14/05/2021	CC04	Camión cisterna 04	11250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Sánchez / David Herrera

20000010329	May,21	15/05/2021	CC05	Camión cisterna 05	6250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Richard Rivera
400000009184	May,21	16/05/2021	CC06	Camión cisterna 06	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Franklin M. / Javier Z.
Regularizar	May,21	17/05/2021	CC06	Camión cisterna 06	14260	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Operativo	4	Edgardo C. / Franklin M. / Javier Z.
300000406337	May,21	18/05/2021	CF01	Cargador frontal 01	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Franklin M.
300000408464	May,21	19/05/2021	CF02	Cargador frontal 02	15250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Franklin M.
20000010343	May,21	20/05/2021	CF03	Cargador frontal 03	8750	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Richard Rivera
Regularizar	May,21	21/05/2021	CF03	Cargador frontal 03	8760	Revisión de transmisión	Correctivo	No programado	Inoperativo	6	Dirk Ortiz / Richard Rivera
500000036669	May,21	22/05/2021	CF04	Cargador frontal 04	18250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
400000009182	May,21	23/05/2021	EX01	Excavadora 01	9250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
400000009181	May,21	24/05/2021	EX02	Excavadora 02	10250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
Regularizar	May,21	25/05/2021	EX02	Excavadora 02	10258	Revisión de cadena	Correctivo	No programado	Inoperativo	10	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
400000008412	May,21	26/05/2021	EX03	Excavadora 03	6250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
400000008413	May,21	27/05/2021	EX04	Excavadora 04	8750	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
Regularizar	May,21	28/05/2021	EX04	Excavadora 04	8760	Revisión de rodillos	Correctivo	No programado	Operativo	6	Dirk Ortiz / Javier Sánchez
400000008415	May,21	29/05/2021	EX05	Excavadora 05	9250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / David Herrera
300000408463	May,21	30/05/2021	EX06	Excavadora 06	6250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
300000371722	May,21	31/05/2021	EX07	Excavadora 07	13250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
Regularizar	Jun,21	1/06/2021	EX07	Excavadora 07	13260	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Operativo	6	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
300000371745	Jun,21	2/06/2021	EX08	Excavadora 08	14250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
Regularizar	Jun,21	3/06/2021	EX08	Excavadora 08	14261	Revisión de rodillos	Correctivo	No programado	Operativo	4	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.

300000371768	Jun,21	4/06/2021	EX09	Excavadora 09	1125 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
400000009183	Jun,21	5/06/2021	EX10	Excavadora 10	9250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
Regularizar	Jun,21	6/06/2021	EX10	Excavadora 10	9260	Revisión de cadena	Correctivo	No programado	Operativo	2	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
Regularizar	Jun,21	7/06/2021	CG01	Camión grúa 01	1225 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
300000408465	Jun,21	8/06/2021	CG02	Camión grúa 02	1125 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C / Richar R. / Franklin M.
400000008418	Jun,21	9/06/2021	CG03	Camión grúa 03	1725 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	David Herrera / Franklin M.
Regularizar	Jun,21	10/06/2021	CG03	Camión grúa 03	1726 0	Revisión de luces	Correctivo	No programado	Inoperativo	6	David Herrera / Franklin M.
400000008417	Jun,21	11/06/2021	CG04	Camión grúa 04	9250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	David Herrera / Franklin M.
300000408446	Jun,21	12/06/2021	CG05	Camión grúa 05	1325 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Javier Z.
300000408466	Jun,21	13/06/2021	CG06	Camión grúa 06	1425 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Javier Z.
Regularizar	Jun,21	14/06/2021	CG06	Camión grúa 06	1426 0	Revisión de cilindros hidráulicos	Correctivo	No programado	Operativo	8	Edgardo C. / Javier Z.
300000406328	Jun,21	15/06/2021	CG07	Camión grúa 07	2125 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Edgardo C. / Javier Z.
700000031529	Jun,21	16/06/2021	CG08	Camión grúa 08	2225 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010322	Jun,21	17/06/2021	CM0 1	Camabaja 01	1725 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010323	Jun,21	18/06/2021	CM0 2	Camabaja 02	1325 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010324	Jun,21	19/06/2021	CM0 3	Camabaja 03	1925 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010321	Jun,21	20/06/2021	CM0 4	Camabaja 04	2325 0	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010323	Jun,21	21/06/2021	GM0 1	Grúa móvil 01	6250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
Regularizar	Jun,21	22/06/2021	GM0 1	Grúa móvil 01	6255	Revisión de sistema eléctrico	Correctivo	No programado	Inoperativo	10	Ronaldo Risco / Franklin Manami
200000010291	Jun,21	23/06/2021	GM0 2	Grúa móvil 02	5250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Jhyxon Quinde / José Mejía

200000010341	Jun,21	24/06/2021	GM03	Grúa móvil 03	4750	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Javier Zeña / Javier Sánchez
Regularizar	Jun,21	25/06/2021	GM03	Grúa móvil 03	4755	Revisión de motor	Correctivo	No programado	Operativo	6	Javier Zeña / Javier Sánchez
200000010430	Jun,21	26/06/2021	GM04	Grúa móvil 04	5250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Jhyxon Quinde / David Herrera
700000031527	Jun,21	27/06/2021	GM05	Grúa móvil 05	7250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	José Mejía
700000031531	Jun,21	28/06/2021	GM06	Grúa móvil 06	8250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	José Mejía
700000030540	Jun,21	29/06/2021	CB01	Camión bombero 01	22450	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami
700000031532	Jun,21	30/06/2021	CB02	Camión bombero 01	10250	Mantenimiento preventivo 250 h	Preventivo	Programado	Operativo	20	Ronaldo Risco / Franklin Manami

**Anexo 2**  
**Procedimiento de trabajo**

**Procedimiento de trabajo**  
**Mantenimiento preventivo - grúa móvil**

Área: Mantenimiento Mina

Versión: 1.0

Código: SER-UNI- PETS-COM-16

Página: 96 / 4

<b>1. Personal</b>	<b>2. Equipo de protección personal</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Técnico electricista</li> <li>● Técnico mecánico</li> <li>● Supervisor de operativo</li> <li>● Supervisor de SSSMA</li> <li>● Operador de grúa de CMMM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zapatos de seguridad dieléctricos</li> <li>● Casco y barbiquejo</li> <li>● Lentes de seguridad</li> <li>● Guantes de nitrilo</li> <li>● Guantes quirúrgicos</li> <li>● Guantes anticorte</li> <li>● Traje tyvek</li> <li>● Orejeras y tapones</li> <li>● Mascarilla de polipropileno y/o KN95</li> </ul>
<b>3. Equipos / herramientas / materiales</b>	<b>4. Criticidad de la actividad</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caja de herramientas</li> <li>● Paños absorbentes</li> <li>● Trapo industrial</li> <li>● Escaleras</li> <li>● Bandeja</li> <li>● Espátulas</li> <li>● Accesorios y dispositivos de bloqueo</li> <li>● Arnés de seguridad</li> <li>● Equipo Celular</li> <li>● Radio portátil</li> <li>● Pinza amperimétrica</li> <li>● Multitester</li> <li>● Saca filtros, bandejas, canaletas para drenado.</li> <li>● Aceite hidráulico Shell Tellus 68 (10W)</li> <li>● Aceite Shell 80w90 (para motor de columna de grúa)</li> <li>● Grasa CAM2 EP2</li> <li>● Trapo industrial.</li> </ul>	<p><b>Alta</b></p>

## 5. Prerrequisitos (competencias)

Participación previa del Diálogo Diario de Seguridad (DDSIG)

- Participación del reparto de guardia
- RAC 04: Bloqueo y etiquetado
- RAC 05: Trabajos con Electricidad
- RAC 10: Productos químicos
- RAC 18: Herramientas manuales y de poder
- Primeros auxilios

## 6. Procedimiento

Ilustraciones	Pasos de la actividad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>✓ 6.1 SEÑALIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO</li> <li>✓ Señale el área de trabajo usando conos de seguridad y barras retráctiles.</li> <li>✓ Realizar los trabajos de mantenimiento únicamente cuando el área este delimitada</li> <li>✓ Se definirá una ruta de ingreso y salida (puede ser la misma) en el área de trabajo.</li> <li>✓ NOTA: La camioneta de atención (Mantto.) quedará estacionada en el área de parqueo.</li> <li>✓</li> <li>✓ 6.2 Realizar lista de verificación del ARA</li> <li>✓</li> <li>✓ 6.3 Aislamiento y bloqueo de energía</li> <li>✓</li> <li>✓ El personal técnico junto con el supervisor operativo llena el formato de permiso de trabajo de alto riesgo y el formato de bloqueo.</li> <li>✓ El operador de CMMM procede Apagar el equipo y dejar que enfriase unos 10 minutos. Retira la llave del interruptor de encendido y acceda al compartimento de la batería.</li> <li>✓ Retire el cable negativo (-) de la batería, de la terminal haciendo uso de llave mixta 1/2" y coloque el dispositivo de bloqueo apropiado.</li> <li>✓ Asegure el dispositivo de bloqueo con el cable negativo (-) de la batería.</li> <li>✓ Etiquete, colocando una etiqueta de advertencia de "No operar", "equipo inoperativo" o una similar donde pueda ser visible.</li> <li>✓ Colocar el candado de bloqueo</li> <li>✓ Verificar la liberación de energías residuales, la energía o energías eléctrica, hidráulica y neumática en la grúa, una vez bloqueado el equipo se procederán a disipar todas las energías remanentes como eléctrica, mecánica e hidráulica en el contacto de arranque y en los mandos eléctricos, mecánicos e hidráulicos.</li> </ul>

#### 6.4. Cambiar filtro y aceite de motor

- ✓ Retire guarda inferior del motor en Chasis del equipo, identifique y retire el tapón de dren en el colector de aceite del motor. Permita que el aceite se drene en un recipiente adecuado. Limpie y vuelva a poner el tapón de drenado en su lugar.
- ✓ Drene el aceite usado en un balde con tapa en buen estado para ser transportado.



- ✓ Retire guarda inferior del motor en Chasis del equipo, identifique y retire el tapón de dren en el colector de aceite del motor. Permita que el aceite se drene en un recipiente adecuado. Limpie y vuelva a poner el tapón de drenado en su lugar.
- ✓ Drene el aceite usado en un balde con tapa en buen estado para ser transportado.



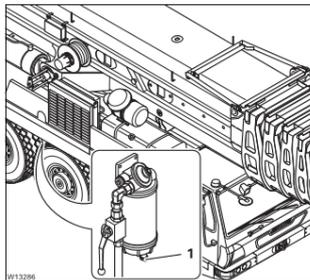
- ✓ Quite el filtro de aceite con una llave de faja y ratchet. Y deséchelo. Limpie las superficies de sellado de la base de montaje del filtro. Cada vez que se cambie el aceite del motor, se debe reemplazar el filtro al mismo tiempo con un filtro de aceite original Fleetguard.
- ✓ Asegúrese de quitar toda la empaquetadura anterior del filtro de aceite. Aplique aceite de motor limpio en la empaquetadura del filtro de aceite nuevo, instale el filtro de aceite. Apriete el filtro de aceite hasta que la empaquetadura haga contacto con la base. Luego gire  $\frac{3}{4}$  o 1 vuelta adicional o según indique el filtro. No apriete el filtro de aceite de forma excesiva. Quite la tapa del tubo de llenado de aceite.
- ✓ Coloque un embudo en conducto de llenado y agregue aceite 15W40 al cárter del motor. Quite el indicador de nivel de aceite para revisar el nivel.



- ✓ Mantenga el rango correcto del nivel en la varilla medidora. Rango correcto de nivel:



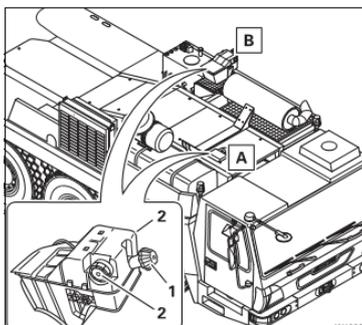
- ✓ Repita el procedimiento para cambio de aceite y filtro de aceite de motor en la Superestructura.
- ✓ **Filtro de combustible** (Conjunto Superior e inferior): Utilice una llave mixta para retirar el tapón de drenado de combustible. Drenar el combustible sucio en depósitos adecuados, coloque un recipiente debajo del filtro. Instale el tapón de drenado del tanque de combustible (ajuste 30lbs).



- ✓ Retire el recipiente y elimine los fluidos extraídos debidamente.

#### 6.5. Refrigerante

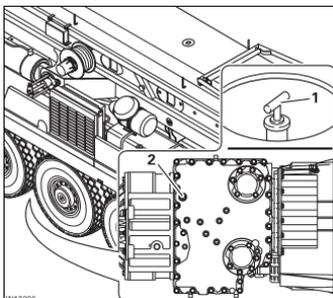
- ✓ Para inspeccionar el nivel de refrigerante, el circuito de refrigeración se encuentra bajo presión cuando está caliente. Si abre el depósito de compensación, corre peligro de escaldarse con el vapor/líquido refrigerante que sale. Utilice guantes de protección apropiados y cubra con un trapo la tapa del depósito de compensación antes de abrirlo. Gire la tapa lentamente hasta la primera muesca para que se reduzca la presión.
- ✓ Para cambiar el refrigerante, utilice una llave mixta para retirar el tapón de drenado de refrigerante. Drenar el refrigerante usado en depósitos adecuados. Instale el tapón de drenado de refrigerante (ajuste 30lbs).



- ✓ Cambiar aceite en el mecanismo de elevación

### 6.6. Cambiar aceite de transmisión

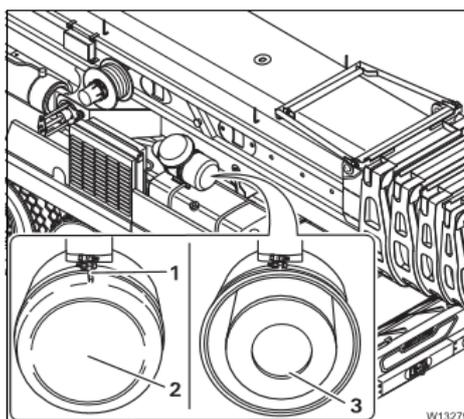
- ✓ Sin un control previo del nivel de aceite en la transmisión, no deberá arrancar el motor. Utilice llave o dado para retirar el tapón de drenado de aceite. Extraiga la varilla indicadora (1). Coloque un recipiente bajo el tornillo (2). Desenrosque el tornillo y extraiga el aceite. Drenar el aceite usado del motor en depósitos adecuados. Instale el tapón de drenado de aceite de motor (ajuste 30lbs).



- ✓ Compruebe si el aceite se puede observar en la mirilla (1). Controle siempre el nivel de aceite en todos los mecanismos de giro. Si el nivel de aceite es insuficiente, añada aceite por el racor (3), hasta que se vea el aceite por la mirilla (1).

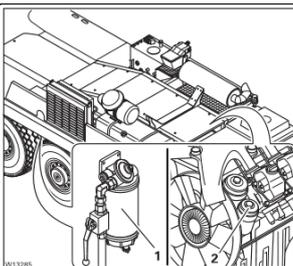
### 6.7. Cambiar filtros de aire

- ✓ Quite todas las grapas (1) y extraiga la tapa (2) de los filtros, extraiga los filtros de aire del motor y cambiar por los nuevos; vuelva a colocar la tapa y asegúrela con todas las grapas.



### 6.8. Cambiar filtros de combustible

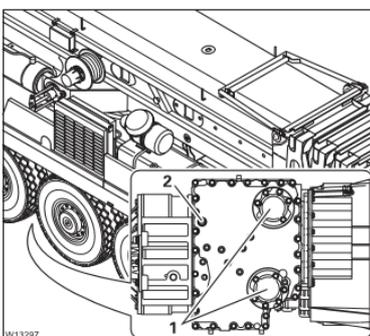
- ✓ Extraiga el filtro de combustible, utilizando saca filtros y deséchelo adecuadamente.



Nota: Purgue adecuadamente el sistema de alimentación de combustible hasta que no haya residuos de aire

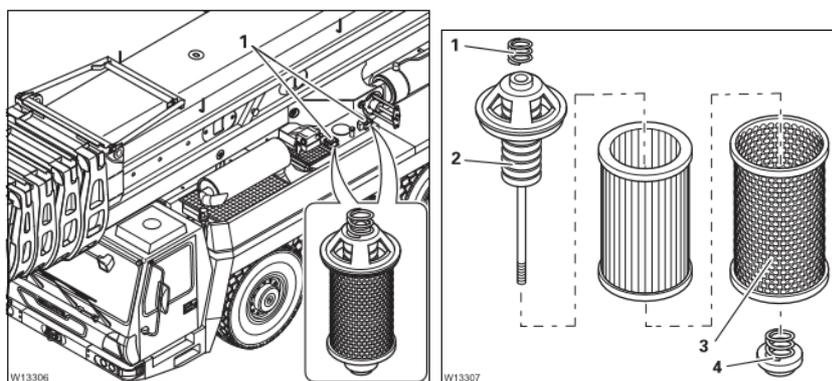
### 6.9 Cambiar filtro de aceite de transmisión

- ✓ Suelte la tapa (1) y extraiga los filtros. • Ponga filtros nuevos. • Cambie las juntas y atornille la tapa con un par de 50-55 Nm. • Cambie la junta y apriete el tornillo (2) con un par de 25-32 Nm.



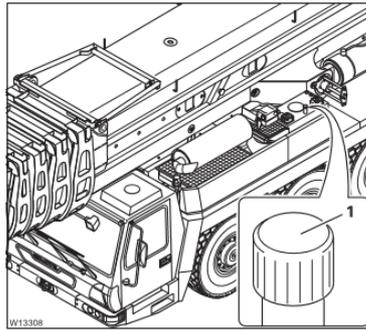
### 6.9 Cambiar filtro hidráulico

- ✓ Desmontaje e instalación de filtro.
- ✓ Retire la tapa (1) y extraiga los filtros.
- ✓ Coloque los filtros en un recipiente
- ✓ Limpie las varillas magnéticas
- ✓ Extraer y cambiar filtro de aceite hidráulico. Cambie las juntas, si fuera necesario y fije las tapas

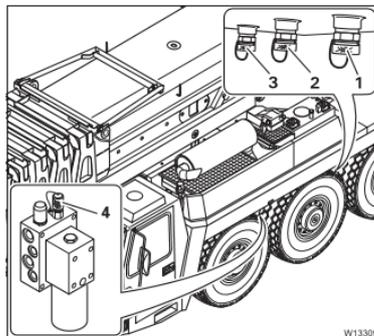


### 6.10 Cambiar filtro de ventilación

Cambiar filtro de ventilación



- ✓ Tome una muestra de aceite de las válvulas (1), (2) y (3) del depósito de aceite hidráulico



- ✓ Realizar el procedimiento de restablecimiento de la energía y desbloqueo.

### 7. Restricciones

- ✓ No se iniciarán los trabajos si no se ha firmado completamente el ARA.
- ✓ No se iniciarán los trabajos si es que no se tiene firmado el Permiso de Trabajo.
- ✓ No se iniciarán los trabajos cuando el personal no esté capacitado o entrenado para realizar dicha actividad.
- ✓ No se iniciarán los trabajos cuando no se haya bloqueado el equipo correctamente.
- ✓ En todo momento, el área de trabajo debe permanecer limpia y ordenada.
- ✓ El personal debe usar, en todo momento, su EPP de acuerdo con la actividad que realice.
- ✓ Se deben contar con las hojas MSDS de los productos que se están utilizando.
- ✓ Sólo personal debidamente autorizado puede realizar los trabajos. Además, debe portar su tarjeta RAC en todo momento.
- ✓ Si en algún momento del desarrollo de la actividad surgiera algún cambio, se deben detener los trabajos para la evaluación respectiva, juntamente con la supervisión.

### 8. control de cambios

Versión	Fecha	Ítem/	Descripción del cambio
Versión 2.0	20-02-21		Actualización de los procedimientos

**Anexo 3**  
**Costo de planilla**

<b>Tipo de personal</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo planilla 53 %</b>	<b>Costo hora</b>
Técnico 1	S/ 2,500.00	4	S/ 15,300.00	S/ 63.75
Técnico 2	S/ 2,800.00	2	S/ 8,568.00	S/ 35.70
Técnico 3	S/ 3,000.00	2	S/ 9,180.00	S/ 38.25
Técnico 4	S/ 3,200.00	3	S/ 14,688.00	S/ 61.20
Técnico 5	S/ 3,500.00	3	S/ 16,065.00	S/ 66.94
Operador de equipo 1	S/ 1,800.00	6	S/ 16,524.00	S/ 68.85
Operador de equipo 2	S/ 2,000.00	20	S/ 61,200.00	S/ 255.00
Operador de equipo 3	S/ 2,300.00	22	S/ 77,418.00	S/ 322.58
Investigador	S/ 3,800.00	1	S/ 5,814.00	S/ 24.23

Fuente: información de la empresa

#### Anexo 4

#### Cálculo del COK

Para el cálculo del COK para la empresa minera en estudio se considera la siguiente fórmula:  $COK = rf + B*(rm - rf) + Rp$ , donde:

Abreviatura	Descripción
rf	Tasa de Rendimiento de Bono Soberano Peruano a 9 años en Soles Tasa libre de riesgo).
rm	Tasa de Rendimiento del Mercado de Capitales.
B	Rendimiento del mercado (Beta).
Rp	Rendimiento país.

Reemplazando valores de acuerdo con información recopilada del sector del Ministerio de Economía y Finanzas, la Bolsa de Valores de Lima, Banco Central de Reserva del Perú y de Infront, se tiene un COK de 16.71 %:

Descripción	Tasa	Abreviatura	Fuente
– Tasa de Rendimiento de Bono Soberano Peruano a 9 años en Soles Tasa libre de riesgo)	7.68 %	rf	Ministerio de Economía y Finanzas al 13 de enero 2023.
– Tasa de Rendimiento del Mercado de Capitales	6.95 %	rm	Bolsa de Valores de Lima al 13 enero 2023 y promedio 2022-2021.
– Rendimiento del mercado (Beta)	0.48	B	Infront al 13 de enero 2023.
– Rendimiento país	9.38 %	Rp	Banco Central de Reserva del Perú al 05 de enero 2023.
<b>COK</b>	<b>16.71 %</b>		

Fuente: (24), (25), (26) y (27)