

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
RCM PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE  
VEHÍCULOS DE ACARREO EN LA MINERA  
VETA DORADA SAC, 2021**

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. Denis Choque Illacutipa**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO**

TACNA – PERÚ

2022



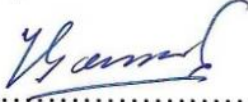

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
RCM PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE  
VEHÍCULOS DE ACARREO EN LA MINERA  
VETA DORADA SAC, 2021**

Tesis sustentada por el Bach. Denis Choque Illacutipa, aprobada el 13 de julio del 2022, el Jurado Calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE	:	 ..... Dr. Jesús Placido Medina Salas
SECRETARIO	:	 ..... Dr. Williams Sergio Almanza Quispe
VOCAL	:	 ..... Dr. Francisco Gamarra Gómez
ASESOR	:	 ..... Mtro. Reynaldo Clemente Telles Ríos

## **DEDICATORIA**

A mis padres Eliseo Choque y Marina Illacutipa.

A mis hermanos y novia, por estar conmigo cuando necesité de apoyo moral, a ellos les debo mi logro y realización como persona y profesional.

A los que confiaron en mí y me brindaron su ayuda incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por llenarme de fuerza y voluntad para alcanzar cada uno de mis objetivos.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por haberme brindado sus enseñanzas y experiencias, fortaleciendo mi espíritu profesional, vocacional y de servicio al desarrollo industrial del país.

A la empresa minera Veta Dorada SAC; en especial al área de Mantenimiento Mecánico - Eléctrico por darme el tiempo necesario para realizar este trabajo, al poner a mi disposición los recursos necesarios para la investigación y desarrollo.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	8
1.4.ALCANCES Y LIMITACIONES .....	9
1.5.OBJETIVOS. ....	9
1.6.HIPÓTESIS.....	10

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1.ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	11
2.2.BASES TEÓRICAS.....	19
2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	38

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1.TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.3.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	42
3.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	43
3.5.PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	45

## **CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO RCM**

4.1.OBTENCIÓN DE DATOS .....	46
4.2.ESTRUCTURA DE INFORMACIÓN DE RCM APLICADO A LOS VEHÍCULOS.....	78

4.3.CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD EN LOS VEHÍCULOS DE ACARREO.....	88
--	----

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSION**

5.1.PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	91
5.2.PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	92
5.3.DISCUSIÓN.....	95
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de la variable independiente.....	42
Tabla 2. Cuadro de operacionalización de la variable dependiente.....	42
Tabla 3. Técnicas e instrumentos.....	44
Tabla 4. Ítems de evaluación de criticidad de los vehículos.....	61
Tabla 5. Jerarquización de riesgo del Cargador frontal.....	63
Tabla 6. Jerarquización de riesgo del Volquete.....	64
Tabla 7. Jerarquización de riesgo del Montacarga.....	65
Tabla 8. Jerarquización de riesgo del Camión cisterna.....	66
Tabla 9. Jerarquización de riesgo del Camión furgón.....	66
Tabla 10. Jerarquización de riesgo del Camión grúa.....	68
Tabla 11. Vehículos de acarreo de la minera Veta Dorada.....	72
Tabla 12. Lista de vehículos de acarreo.....	73
Tabla 13. Depreciación de los vehículos de acarreo.....	74

Tabla 14. Hoja de decisión - vehículo Cargador frontal .....	79
Tabla 15. Hoja de decisión - vehículo Volquete .....	80
Tabla 16. Hoja de decisión - vehículo Montacarga.....	81
Tabla 17. Hoja de decisión - vehículo Camión cisterna .....	82
Tabla 18. Hoja de decisión - vehículo Camión furgón .....	82
Tabla 19. Hoja de decisión - vehículo Camión grúa.....	83
Tabla 20. Resumen de fallas de vehículos .....	84
Tabla 21. Actividades preventivas y correctivas.....	86
Tabla 22. Variación del costo anual de mantenimiento .....	88
Tabla 23. Tiempo de mantenimiento de vehículos de acarreo, por año.....	89
Tabla 24. Horas de mantenimiento, por año .....	89
Tabla 25. Horas de producción, por año .....	90
Tabla 26. Tiempo disponible para la producción.....	90
Tabla 27. Comparacion de disponibilidad sin RCM y con RCM .....	92
Tabla 28. Prueba T-Student.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Locación de la planta de Minera Veta Dorada.....	6
Figura 2. Margen de deterioro.....	22
Figura 3. Diagrama de AMEF.....	28
Figura 4. Ejemplo Hoja de Decisión del RCM .....	31
Figura 5. Proceso de Mantenimiento RCM .....	36
Figura 6. Árbol de fallas del cargador frontal (1).....	48
Figura 7. Árbol de fallas del Cargador frontal (2).....	49
Figura 8. Árbol de fallas del Cargador frontal (3).....	50
Figura 9. Árbol de fallas del Volquete (1).....	51
Figura 10. Árbol de fallas del Volquete (2).....	52
Figura 11. Árbol de fallas del Volquete (3).....	53
Figura 12. Árbol de fallas del Volquete (4).....	54
Figura 13. Árbol de fallas del Montacarga.....	55
Figura 14. Árbol de fallas del Camión cisterna (1).....	56

Figura 15. Árbol de fallas del Camión cisterna (2).....	57
Figura 16. Árbol de fallas del Camión Furgón.....	58
Figura 17. Árbol de fallas del Camión Grúa (1).....	59
Figura 18. Árbol de fallas del Camión Grúa (2).....	60
Figura 19. Matriz de riesgo de fallas de los vehículos de acarreo.....	69
Figura 20. Procesamiento metalúrgico.....	70
Figura 21. Cantidad de fallas presentadas en los vehículos, 2017 a 2020 .....	75
Figura 22. Horas de mantenimiento de los vehículos de acarreo, 2017 a 2020....	76
Figura 23. Disponibilidad de los vehículos de acarreo, periodos 2017 a 2020.....	77
Figura 24. Disponibilidad de los vehículos de acarreo, año 2020 .....	77
Figura 25. Costo mensual de mantenimiento, año 2020 .....	87
Figura 26. Disponibilidad de los vehículos de acarreo .....	91
Figura 27. Gráfico caja y bigotes .....	94

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar cómo la implementación de un Plan de Mantenimiento RCM podría mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada. Se efectuó una investigación tipo tecnológico y nivel aplicada, con un enfoque mixto y diseño descriptivo longitudinal. La muestra encierra toda la población, es decir, los 10 vehículos de acarreo con los que cuenta la minera. Se empleó la técnica del análisis documental y entrevista. Los resultados del estudio fueron los siguientes: La disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada tenía un comportamiento descendente, registrando en el año 2020 un nivel de 80,39%. El análisis RCM encontró 113 modos de falla, de los cuales 64 se denominan críticas. Implementando el Plan de Mantenimiento RCM, los vehículos alcanzaron una disponibilidad de 96,22% y un ahorro de S/ 71 322,78 en costos de mantenimiento.

**Palabras clave:** Acarreo, crítico, disponibilidad, fallas, vehículos.

## **ABSTRACT**

The objective of this research work is to evaluate how the implementation of an RCM Maintenance Plan could improve the availability of the hauling vehicles of the Minera Veta Dorada. A technological type and applied level research was carried out, with a mixed approach and longitudinal descriptive design. The sample includes the entire population, that is, the 10 hauling vehicles that the mining company has. The technique of documentary analysis and interview was used. The results of the study were as follows: The availability of the hauling vehicles of the Minera Veta Dorada had a downward behavior, registering a level of 80.39% in 2020. The RCM analysis found 113 failure modes, of which 64 are called critical. By implementing the RCM Maintenance Plan, the vehicles achieved an availability of 96.22% and savings of S/ 71,322.78 in maintenance costs.

**Keywords:** Haulage, critical, availability, failures, vehicles.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se ha convertido en un área indispensable para las empresas y organizaciones de cualquier naturaleza porque influye en la duración de la vida útil de los recursos materiales, como equipos, máquinas, vehículos, infraestructura, entre otros. De acuerdo a Olarte, Botero y Cañón (2010), el mantenimiento debe ser percibido como una inversión a mediano y largo plazo que evita futuros gastos en reparación de los activos y pérdidas por detención de la producción. De ser posible, una empresa debería formular un plan de mantenimiento preventivo a modo de anticiparse a las fallas de los equipos o escasez de productos complementarios que permitan un mejor rendimiento de estos.

Este estudio está enfocado en el mantenimiento de los vehículos de una empresa minera. Estos activos tienen una gran participación porque facilitan el traslado de minerales y otros materiales que normalmente un ser humano no podría hacerlo. Partiendo de esta premisa, es deducible que, si estos equipos no son conservados en un estado favorable para la empresa, una de las actividades esenciales se verá afectada y, consecuentemente, toda la producción. Por lo tanto, es imprescindible la formulación y aplicación de estrategias que prevengan este tipo de situaciones como planes y programas de mantenimiento.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es uno de los métodos más conocidos y efectuados en el ámbito estudiado. Se caracteriza como su nombre lo

indica, por incrementar la confiabilidad de los activos analizados; esto quiere decir que la producción y los ejecutores tienen la seguridad de que dichos equipos no fallarán en pleno funcionamiento, afectando el resto de actividades. Simultáneamente, ayudaría a la disponibilidad de los activos debido a que estos se encontrarían en un mejor estado de conservación y no presentarían tantas fallas.

Para la consecución de la propuesta, este estudio se estructura de la siguiente forma:

En el Capítulo I se describe y formula el problema de investigación, se justifica la importancia del estudio y se delimitan los alcances y limitaciones. Además, se definen los objetivos e hipótesis de la propuesta.

En el Capítulo II se encuentra el sustento teórico de la investigación, es decir, los antecedentes del estudio, las bases teóricas y los términos conceptuales.

En el Capítulo III se establece el marco metodológico de la investigación. Se determina el tipo, enfoque y diseño del estudio, la población y muestra, las técnicas e instrumentos y el procesamiento de las variables. Además, se ilustra la operacionalización de las variables de estudio.

En el Capítulo IV contiene el alcance de la inspección, se detallan los datos operacionales y se calcula la disponibilidad de los vehículos de acarreo antes y después de aplicar el mantenimiento RCM.

En el Capítulo V se puntualizan los resultados y la discusión del estudio. En esta sección se describen y trazan los descubrimientos en torno a las variables analizadas, y cómo coinciden o se contraponen estos hechos con otros referentes.

Como parte final se hallan las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1. Antecedentes del problema**

La industria minera del Perú es conocida a nivel mundial por la producción de metales como oro, plata, cobre, zinc, entre otros, supliendo los mercados estadounidense, chino, suizo, japonés, canadiense y británico (MINEM, s.f.). Las actividades mineras han permitido el crecimiento económico del país; por ejemplo, la participación del valor de exportaciones de la industria minera alcanzó el 60%, superando a los productos pesqueros, petroleros, textiles, etc. (MINEM, 2020).

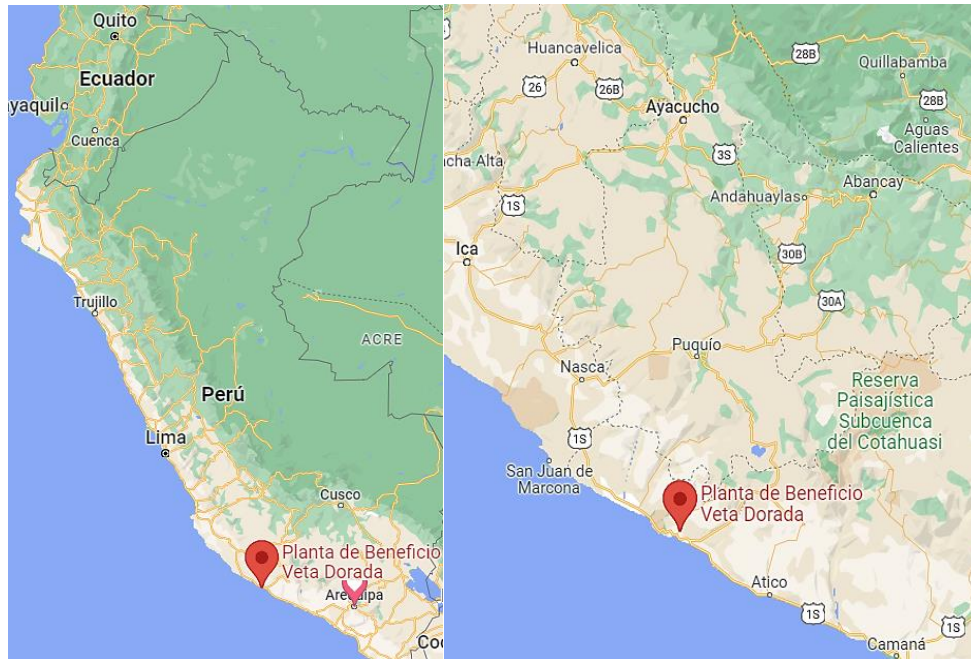
El proceso de mantenimiento en la industria minera es crucial para el desarrollo de sus actividades. Las máquinas y equipos son utilizados durante las extensas jornadas de trabajo, exponiéndose a condiciones rígidas y un desgaste más rápido (Guerra & Oca, 2019). La aparición de fallas, averías y, en consecuencia, la interrupción de actividades, exige la formulación de una estrategia de mantenimiento (Ballesteros, Gómez, & Robles, 2020), la cual debe ser detallada y estructurada de modo que prevenga accidentes, no atente contra el medio ambiente y respete el presupuesto (Klimasauskas, 2005).

Los problemas de mantenimiento de máquinas y equipos son usuales si la empresa minera no invierte esfuerzo en tratarlos. A continuación, se describen tres casos en Perú: Pilco (2017) identificó averías, método de mantenimiento inadecuado, retraso en la adquisición de repuestos, falta de estandarización, exposición a agentes contaminantes, etc. en Tumi Contratistas Mineros. Macedo y López (2020) descubrieron, en un año, un total de 813 fallas de cinco equipos en una empresa mediana ayacuchana. Gómez (2019) halló que el plan de mantenimiento de la compañía SIMSA era obsoleto a causa de que los responsables no contaban con la experiencia y conocimiento suficiente para generar soluciones adecuadas para los equipos de perforación. En general, el resultado es desfavorable tanto para los equipos como para la empresa minera puesto que debe invertir en reparación o en su reemplazo, lo cual afecta a su vez las utilidades.

### **1.1.2. Problemática de la investigación**

La minera Veta Dorada, parte de la corporación canadiense Dynacor Gold Mines, se dedica al procesamiento metalúrgico y comercialización de minerales auríferos. La planta de procesamiento se localiza en Chala, al sur del Perú, región de Arequipa, tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**  
*Locación de la planta de Minera Veta Dorada*



*Nota:* Tomado de Google Maps.

En el centro de acopio de la minera Veta Dorada, las unidades vehiculares de acarreo comenzaron a presentar una serie de fallas y errores que, consecuentemente, provocaron el paro de actividades y el retraso de la producción. Este fenómeno ha ocasionado desconfianza por parte de los operarios y los jefes dado que no pueden asegurar una cuota de producción. Asimismo, se ha invertido más de lo normal en reparaciones técnicas, alcanzando a extralimitar el presupuesto. Por otro lado, la adquisición de nuevos vehículos de acarreo no es una opción ya que eso implicaría la inversión de un gran capital con un financiamiento que no se puede solventar.

El área de mantenimiento de la minera Veta Dorada sí cuenta con un plan de mantenimiento, pero este se encuentra desactualizado y no toma en cuenta las necesidades de cada vehículo de acarreo.

Diversos estudios establecieron la importancia de aplicar un plan de mantenimiento para identificar puntos críticos, regir sus actividades, asignar responsabilidades y facilitar la toma de decisiones (Diestra, Esquiviel, & Guevara, 2017; Ramírez, Viscaíno, & Mera, 2018; Ballesteros, Gómez, & Robles, 2020). Los investigadores coincidieron en que un plan de mantenimiento RCM permite enfocar esfuerzos en los equipos que requieren de más atención. Estableciendo que la Minera Veta Dorada cuenta con varios vehículos de acarreo que requieren un mantenimiento especializado cada uno, se considera que el enfoque RCM es el más idóneo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera la implementación de un Plan de Mantenimiento RCM puede mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la situación actual de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?
- ¿Cómo brindar soporte para las fallas más críticas que presentan los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?
- ¿Cómo afecta el Plan de Mantenimiento RCM a la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El presente estudio servirá de referencia para próximas investigaciones dado que ejecutará una revisión de conocimientos teóricos relacionados a Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y disponibilidad.

Llegar a ser competitivo en la industria minera desarrollada en el Perú es complicado dado que el país contiene una gran cantidad de empresas formales e informales. Por tal motivo, este estudio exhibirá las implicaciones técnicas, económicas, ambientales y sociales de un Plan de Mantenimiento RCM en las máquinas manejadas en la industria minera.

La importancia de la presente investigación radica en revelar datos cuantitativos y cualitativos que podrían ser de utilidad para la Minera Veta Dorada,

sobre todo en aspectos tan importantes como el mantenimiento de las máquinas, permitiéndole ser más productiva y competitiva.

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

El presente estudio se limitará a observar y diagnosticar el estado de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada, no considerando otro tipo de maquinarias y equipos localizados en la misma planta.

El Plan de Mantenimiento RCM propuesto está centrado en los vehículos de acarreo, para ello se hizo uso de métodos, y herramientas que permitieron proponer el plan, adicionalmente se hizo uso de registros e información de los vehículos, los cuales fueron brindados por la empresa minera.

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar en qué medida la implementación de un Plan de Mantenimiento RCM mejora la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Describir la situación actual de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

- Implementar un Plan de Mantenimiento basado en la metodología RCM para los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.
- Determinar el nivel de disponibilidad que resulta de la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM en los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

## **1.6. HIPÓTESIS**

La implementación de un Plan de Mantenimiento RCM incrementa la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Diestra, Esquiviel y Guevara (2017) en “Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para optimizar la Disponibilidad Operacional de la máquina con mayor criticidad”, buscaron diseñar un Plan RCM para cubrir las necesidades operacionales de los puentes grúa fabricados por la empresa COMET SRL. Los investigadores ejecutaron un análisis de las máquinas más utilizadas y recogieron información histórica de los últimos tres años. A través de la Matriz de Criticidad, el estudio jerarquizó las máquinas según su nivel de criticidad. Los puentes grúa número 2 y 5 fueron calificados de críticos porque sus fallas generan una pérdida de tiempo de más de 4% y una pérdida económica de más de 3 500,00 dólares. Seguidamente, aplicó un Análisis de Modos y Efectos de Falla que permitió precisar los errores presentados en la máquina. Finalmente, con el instrumento de Árbol de Decisión, se identificó el tipo de mantenimiento a ejecutar, el cual está compuesto por 52 tareas de mantenimiento (90% corresponden al tipo preventivo y el resto al tipo correctivo).

Casachagua (2017) en “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecossem Smelter S.A.”, buscó elaborar un plan preventivo RCM direccionado en la disponibilidad de una excavadora, equipos que son muy críticos dado que operan continuamente. Mediante la técnica de análisis documental, los investigadores recabaron información de los reportes diarios, control de máquinas y equipos, inspección técnica y estado de los equipos. El análisis permite descubrir una tasa de disponibilidad del 80% de dichas excavadoras, el cual se encuentra en un nivel inferior a lo que la minera exige. A través del Cuadro de Criticidad, Casachagua precisó funciones, fallas y tipos de fallas priorizados, estableciendo la serie de tareas de mantenimiento. Este cuadro permitió conocer una mejora de 9% en la disponibilidad mecánica de 336 excavadoras.

Vilca (2018) en “Propuesta de implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la metodología RCM para la mejora de la disponibilidad de los equipos del sistema de carga y transporte en una empresa minera, Lima 2018”, buscó incrementar la tasa de disponibilidad de aquellos equipos relacionados con la carga y el traslado de minerales. El diagnóstico situacional se estableció gracias al Diagrama de Ishikawa; seguidamente, se planteó un Plan de Mantenimiento basado en RCM que comprendió: (a) describir los procesos, el inventario y los equipos, (b) ejecutar un análisis de criticidad a los equipos involucrados y (c) precisar los errores en los equipos que resultaron críticos con el

fin de indagar las causas y establecer el tipo de mantenimiento requerido. El diagnóstico expuso una disponibilidad de 89% a 90% en los equipos, costos programados que sobrepasan los 100 mil soles y costos no programados que elevan el presupuesto en más de 16%. El Plan de Mantenimiento basado en RCM propuesto proyecta un índice de disponibilidad de 92% y decrementa los costos en 20%.

Cotos y Mejía (2020) en “Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una planta de alimento balanceado en La Libertad, Trujillo”, investigó incrementar la disponibilidad en las peletizadoras de una empresa de alimentos. El análisis de criticidad precisó las fallas, los efectos de las fallas, su gravedad, tiempo perdido y tiempo de reparación, pero, sobre todo, encontró una tasa de disponibilidad de 84% y una tasa de confiabilidad 96% en nueve equipos. La efectucción del Plan de Mantenimiento basado en RCM aumentó la disponibilidad y la confiabilidad en 10% y 0,45% respectivamente. El estudio económico revela un ahorro de 58 mil dólares por año y costos por mantenimiento preventivo-predictivo de 32 mil dólares.

Zavala (2018) en “Plan de Mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operación Mantoverde”, enfocó su estudio en el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM con el fin de reducir el tiempo por paro de mantenimiento no programado, y como

consecuencia elevar los niveles de confiabilidad y la producción de la mina. Para determinar el área de mayor criticidad en el sistema, se analizó cinco aspectos, los daños al personal, consecuencias en el ambiente y la producción, los costos de reparación, y el tiempo medio que se necesita para reparar los equipos; concluyendo que es el Chancador primario el área de mayor criticidad, cuyos tiempos de paro generan a la empresa una pérdida de US\$ 40 000 por hora, con una disponibilidad de 86% en el último mes analizado, situación que urge la formulación de un Plan de Mantenimiento. El autor concluye que de aplicarse el Plan propuesto se espera resultados favorables, y que dado el caso este plan pudiera ser extendido a las demás áreas de la mina.

Villacrés (2016) en “Desarrollo de un Plan de Mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento basado en la Confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor M654 de la empresa Etapa EP”, buscó reducir el número de fallas en una flota de vehículos hidrocleaners, por lo que inició con la identificación de los equipos más críticos, para seguidamente realizar una análisis de modos y efectos de fallas (matriz AMEF), lo cual, sirvió como base para elaborar el Plan de Mantenimiento, que consistió en la propuesta de acciones para realizar el mantenimiento, el tiempo entre cada mantenimiento y el personal requerido para cada actividad. Los resultados de la aplicación del plan basado en la metodología RCM, fueron favorables para la empresa, cumpliendo el objetivo planteado de la

reducción de las tasas de fallas, el cual pasó de 45% a 58% (horas), al igual que los costos fueron disminuidos en un 80%.

Geldres (2019), en “Propuesta de mejora del sistema de gestión de Mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados Acuícola” buscó reducir el tiempo improductivo generado por las fallas presentadas en la empresa, causando tiempos muertos que son reflejados en pérdidas económicas. Para el desarrollo de la propuesta inició con el diagnóstico, estableciendo al mezclador como el elemento de mayor criticidad, el cual contaba con una disponibilidad de 92,94 puntos porcentuales, con niveles de confiabilidad y mantenibilidad de 44,62% y 52,76% respectivamente, esto causado por la falta de la ejecución de algún tipo de mantenimiento. Con la ejecución del plan de mantenimiento se logró resultados favorables, alcanzando una disponibilidad de 97,85%, y una confiabilidad de 46,67%. Respecto al análisis económico-financiero de la aplicación de la propuesta, se obtuvo un VAN de S/ 972 652,00 y una TIR de 53,1%, con un ahorro anual en pérdidas por la falta de producción de S/. 972 853,00.

Álvarez (2018) en “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016”, buscó mejorar el desempeño de una empresa, mediante la implementación de un Plan de

mantenimiento preventivo que le faculte la preservación y el funcionamiento continuo de los equipos. Los resultados del diagnóstico realizado determinaron que no existe un mantenimiento preventivo, más que solo el correctivo, el cual solo responde a las fallas presentadas, elevando los costos ya que en la mayoría de ellos es necesario el cambio de piezas. Con la puesta en funcionamiento de la propuesta los resultados no se hicieron esperar, ya que se obtuvo una mejora en el desempeño de S/ 233 765,00 correspondiente a un ahorro de costos de hasta 22,6%, bajo las proyecciones del autor a 10 años con una tasa de descuento de 8%, se obtiene una mejora del 32%.

Alfaro (2016) en “Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas Nestlé Perú”, buscó elevar los niveles de confiabilidad y disponibilidad de los equipos, mediante la mejora de las actividades de mantenimiento preventivo. Para ello, realizó un análisis de falla y criticidad de los equipos, seguido por la elaboración del plan definiendo el tiempo, actividades y responsables de las actividades, y por último realizó la evaluación del plan. Los resultados de la aplicación de la mejora, elevaron los niveles de disponibilidad pasando de 74,60% a 78,29%, con un incremento del 3,69%, y un ahorro por paradas de 6 337 105,83 dólares anuales.

Palomino y Tokumori (2020) en “Propuesta para mejorar la disponibilidad de equipos en el sector construcción para una empresa de alquiler de máquinas

pesadas” enfocó su estudio en el desarrollo de un plan de mantenimiento de acuerdo al tipo de actividad y equipos, por ello su propuesta resulta de la combinación de dos metodologías el TPM (mantenimiento productivo total) y el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) para la determinación de tareas de mantenimiento preventivo, en vista que el mantenimiento correctivo es un alto costo para la empresa. La situación inicial partió de la incapacidad operativa de los minicargadores, ya que estaban operando por menos de 25% de su capacidad real, causados por fallas. Para comprobar la efectividad del modelo, los autores procedieron a realizar una simulación, el cual se obtuvo una mejora en la disponibilidad del 5%, así como la minoración del tiempo medio entre fallas pasando de 13 a 7 horas.

Guillén y Reyna (2020) en “Sistema de mantenimiento RCM con el fin de optimizar la disponibilidad de equipos del área de calderos en una empresa azucarera”, tuvieron como objetivo el mejorar los niveles de confiabilidad de los equipos del área de calderas de una empresa azucarera. La propuesta se basó en el diagnóstico del estado de los equipos, sus fallas, efectos y criticidad, para la formulación de un plan de mantenimiento preventivo. Los indicadores de la situación inicial fueron una disponibilidad del 83,45%, con una confiabilidad del 92,18%, con un tiempo medio de fallas de 4 149,09 horas/falla, y el tiempo medio para repararlos de 406,12 horas/fallo, resultados de 14 equipos del área de calderas, los cuales presentaron ocho fallas críticas, 2 de nivel intermedio y 4 caracterizado

como no crítico. Respecto a los indicadores luego de la aplicación de mantenimiento preventivo fueron una disponibilidad del 94,73%, con un nivel de confiabilidad del 91,55%, impulsado por la reducción del tiempo promedio entre fallas y el tiempo de reparación, de 2 094,06 horas/falla y 109,1 horas/falla respectivamente. Los resultados del estudio económico para la implementación generan beneficios futuros de US\$ 58 708,00 anuales, con un periodo de retorno de la inversión (US\$ 43 950,00) de nueve meses.

Mendoza y Urpe (2020) en “Implementación de la metodología RCM en el área Rental de la empresa Unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrógenos OLYMPIAN - CATERPILLAR”, buscaron la reducción de los altos costos generados por el mantenimiento correctivo y la insatisfacción por parte de los clientes, los cuales son causados por la falta de disponibilidad de los equipos. Mediante el uso de herramientas como el diagrama de Pareto, Ishikawa, y la matriz de AMEF, establecieron las bases para que, a partir de ello, se plantee el plan de mantenimiento con la metodología del RCM. Los resultados después de haber sido aplicados fueron positivos ya que se logró pasar de un 73% en disponibilidad a 92%, en relación a los indicadores de confiabilidad se obtuvo una mejora en los tiempos medios entre fallas de 150 a 270 horas, respecto al tiempo de paro este fue reducido en 7 horas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología de gran alcance, útil para formular planes de mantenimiento que integran diversas estrategias vinculadas al mantenimiento, por ejemplo, el preventivo o el predictivo (Campos, Tolentino, Toledo, & Tolentino, 2019). Este enfoque tiene la finalidad de incrementar la fiabilidad y optimizar los costos que involucran las tareas de mantenimiento (IAEA, 2008).

El Organismo Internacional de Energía Atómica (2008) señala que el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad permite tomar decisiones que:

- Promueven la colaboración de todo el personal involucrado en el proceso.
- Justifican el continuo uso, la eliminación o el reemplazo de las tareas previas a la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM, impulsando un comportamiento inquisitivo sano.
- Brindan conocimientos de las funciones, los efectos de las funciones fallidas y el costo de operación y mantenimiento de los sistemas relacionados a los equipos analizados.

### **2.2.2. Las Siete preguntas básicas del RCM**

De acuerdo a la normativa SAE JA1011 (1999), que evalúa los criterios de RCM, cualquier proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad asegurará que las siguientes siete preguntas sean aclarados con éxito y de forma secuenciada:

- A. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento asociados al activo, en su actual contexto operacional?
- B. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- C. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- D. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- E. ¿En qué sentido es importante cada falla?
- F. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- G. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

(Moubray, 2004, p. 7).

### **2.2.3. Funciones y parámetros de funcionamiento**

Antes de poder aplicar un proceso para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas.

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga.

- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga (Moubray, 2004, p. 8).

Por esto el primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías (Moubray, 2004, p. 8).

- Funciones primarias, que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente (Moubray, 2004, p. 8).
- Funciones secundarias, la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta de apariencia del activo (Moubray, 2004, p. 8).

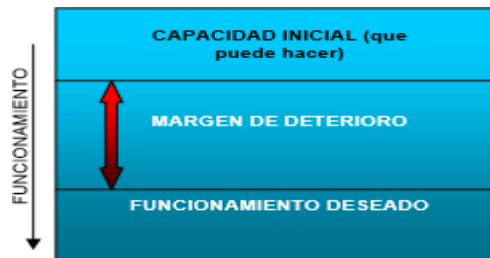
#### 2.2.4. Estándares de funcionamiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga (Moubray, 2004, p. 23).

Esto significa que el funcionamiento puede ser definido de las siguientes dos maneras.

- Funcionamiento deseado (lo que el usuario quiere que haga).
- Capacidad propia (lo que puede hacer) (Moubray, 2004, p. 24).

**Figura 2**  
*Margen de deterioro*



*Nota:* Tomado de Moubray, 2004.

#### 2.2.5. Estándares de calidad

Los estándares de calidad y los estándares de servicio al cliente son otros dos aspectos del contexto operativo, que pueden dar lugar a descripciones diferentes de funciones de máquinas que de otra manera serían idénticas (Moubray, 2004, p. 31).

### **2.2.6. Estándares medio ambientales**

Existe un interés creciente en todo el mundo sobre este tema, lo que significa que cuando mantenemos cualquier activo tenemos que satisfacer dos tipos de “usuarios”: el primero es la gente que opera la máquina. El segundo es la sociedad como un todo, que quiere tanto que el activo como el proceso del cual forma parte no cause ningún daño al medio ambiente (Moubray, 2004, p. 31).

### **2.2.7. Riesgos para la seguridad**

Un número cada vez mayor de organizaciones han desarrollado por sí mismas o se han adherido a estándares formales con respecto a niveles de riesgo aceptable. En algunos casos, se aplican a nivel corporativo, y en otras plantas individuales y a su vez otros a procesos o activos específicos. Sin duda, donde existan dichos estándares son un componente importante del contexto operacional (Moubray, 2004, p. 32).

### **2.2.8. Fallas funcionales**

Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función (SAE JA1011, 2009, p. 6).

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. Pero, ¿Cómo puede el mantenimiento alcanzar estos objetivos? El único hecho que puede hacer que un

activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla (Moubray, 2004, p. 8).

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable (Moubray, 2004, p. 9).

### **2.2.9. Modos de falla**

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla (Moubray, 2004, p. 9).

Las listas de los modos de falla deben incluir los modos de falla que han ocurrido antes, los modos de falla que están siendo prevenidos actualmente, por la existencia de programas de mantenimiento, y los modos de falla que no han ocurrido aún, pero, que se piensan probables (creíbles) en el contexto operacional (SAE JA1011, 2009, p. 7).

Las listas de los modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores

(a menos que el error humano esté siendo activamente dirigido por un proceso analítico aparte del MCC) (SAE JA1011, 2009, p. 7).

#### **2.2.10. Efectos de falla**

Describe lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como (Moubray, 2004, p. 10).

- Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa).
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla. (Moubray, 2004, p. 10).

Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla (SAE JA1011, 1999, p. 7).

#### **2.2.11. Disponibilidad**

Según Mesa, Ortiz y Pinzón (2006), la disponibilidad hace referencia a la seguridad de que una máquina, equipo o sistema, que ya pasó por un estado de mantenimiento, pueda cumplir con su función principal con éxito.

De acuerdo a Prat (2014), la máquina, el equipo y/o el sistema no debe haber presentado fallas funcionales, y si las presentó, este debió haber sido reparado en un periodo inferior al límite establecido por el programa de mantenimiento.

Matemáticamente, la disponibilidad es representada como un porcentaje de tiempo a esperar para que la máquina, el equipo y/o el sistema se encuentre listo para producir de forma continua (Mesa, Ortiz, y Pinzón, 2006). Del mismo modo, Prat (2014) sostiene que es la probabilidad en que la máquina o el equipo se encuentre en un estado de funcionamiento en periodo “t”.

$$D = \frac{TMPF}{TMPF+TPPR} \quad [1]$$

En el que:

TMPF : Tiempo Promedio Entre Fallas  
 TPPR : Tiempo Promedio Para Reparar

- **Tiempo promedio entre fallas:** Suele ser una medida básica normalmente expresada en horas; mientras este sea mayor, la confiabilidad de la máquina, el equipo y/o el sistema se incrementará (Torell y Avelar, s.f.).

$$TPEF = \frac{\text{Tiempo Total de Trabajo} - \text{Tiempo Total de Avería}}{\text{Número de Averías}} \quad [2]$$

- **Tiempo promedio para reparar:** Es el tiempo esperado para que una máquina, un equipo y/o un sistema pueda recuperarse de una falla

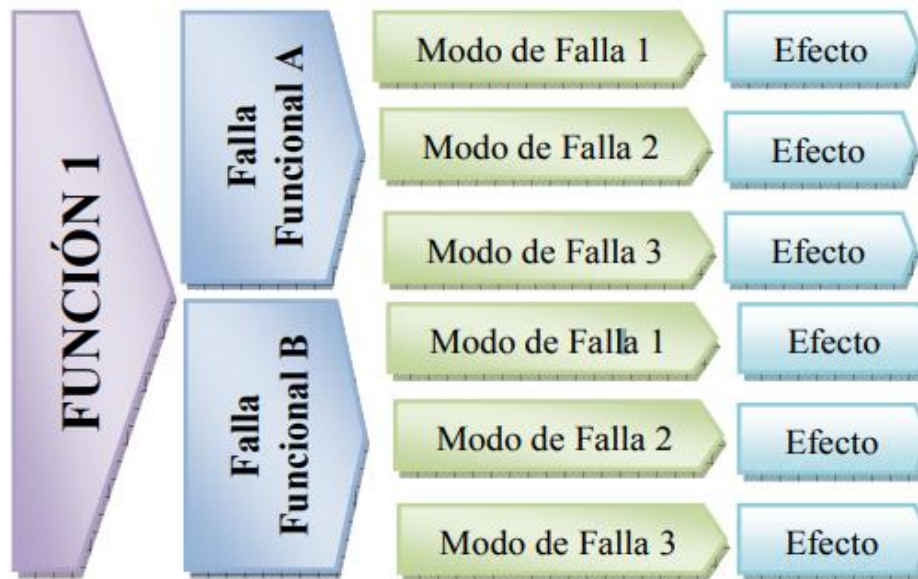
funcional; este hecho también considera el tiempo que lleva diagnosticar la situación problemática, el tiempo que se necesita para conseguir un técnico de mantenimiento y el tiempo que requiere las actividades del programa de mantenimiento (Torell y Avelar, s.f.)

$$TPPR = \frac{\textit{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\textit{Número de Reparaciones}} \quad [3]$$

#### **2.2.12. Matriz AMEF (Análisis de Modos de Falla y Efecto)**

Es un registro esquematizado producto de la observación, los cuales están enfocados a identificar y evaluar fallas de un producto o proceso, así como su modo y efecto de falla, teniendo como objetivo la priorización y posterior decisión de acciones a fin de aminorar las ocurrencias de rechazo, y garantizar la confiabilidad del producto o proceso (Montalban, Arenas, Talavera y Magaña, 2015). En la Figura 3 se detalla cómo se realiza un análisis de modos de fallas y efecto.

**Figura 3**  
*Diagrama de AMEF*



*Nota:* Tomado de Poveda, 2011.

### 2.2.13. Diagrama y Hoja de Decisión de RCM

Es una herramienta, que en base de los modos de falla ayuda a establecer estrategias de mantenimiento. De acuerdo a Poveda (2011) las consecuencias expuestas en este diagrama pueden ser de cuatro maneras:

- Consecuencias de fallas ocultas (H): Pese a que no tiene un efecto directo, este puede producir serios impactos.
- Consecuencias ambientales y para la seguridad (S): Son las fallas que generan un impacto en el medio ambiente o provocan daños en las personas.
- Consecuencias operacionales (E): Efectúa consecuencias directas en los resultados del sistema de producción.

d) Consecuencias no operacionales (O): Se refieren a la generación de costos por refaccionamiento del sistema.

Esta herramienta, aparte de identificar las consecuencias de los modos de falla, genera una estrategia de mantenimiento, los que son determinados en base a las siguientes interrogantes:

- Es factible la técnica ¿Existe una tarea realizable que reduzca el efecto de la falla a un nivel tolerable?
- Merece la pena ¿La tarea de mantenimiento reduce las consecuencias de un modo de falla a un nivel que justifique los costos directos e indirectos del mismo?

Las interrogantes facilitan la determinación de las tareas pertinentes según el tipo de falla, en el marco del RCM, por lo que, las respuestas son registradas en la hoja de decisión.

La hoja de decisión es un registro dividido en 16 columnas. Gutiérrez (2008) señala que las primeras tres hacen referencia a los modos de falla, los cuales tienen una Función (F), Falla Funcional (FF) y su Modo de Falla (MF). Las cuatro posteriores columnas son la identificación según tipo de consecuencia, las cuales fueron aclaradas párrafos anteriores. A partir de la octava a décima columna se reconoce las tareas en base a tres formas:

- H1/S1/O1/N1: Si se identificó una tarea a condición apropiada.
- H2/S2/O2/N2: Identificación de una tarea de reacondicionamiento cíclico.
- H3/S3/O3/N3: Identificación de una tarea de sustitución cíclica.

Las tareas refieren a las actividades a realizar en cada caso. De acuerdo a Poveda (2011) los tipos de tareas son:

- a) Tarea a condición: Esta actividad depende de las fallas identificadas las cuales pueden estar próximas a ocurrir.
- b) Tarea de reacondicionamiento cíclico: este tipo de actividad no va en función de la condición del equipo, más bien en su tiempo de vida útil.
- c) Tarea de sustitución cíclica: Recomienda la renovación de componentes antes que cumplan su ciclo de vida.
- d) Tarea de búsqueda de fallas: Se enfoca en la solución de fallas ocultas.
- e) Rediseño: Se refiere a las actividades respecto a cambios en las capacidades del sistema.
- f) Ningún mantenimiento programado: Permite la ocurrencia de la falla, para ser solucionado por medio de actividades correctivas.

Las siguientes tres columnas (H4, H5 y S4) son a razón de las preguntas “a falta de”, las cuales son excluyentes. Poveda (2011) establece las siguientes interrogantes:

- ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de fallas?
- ¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?
- ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?

Para las tres columnas restantes, se determina la tarea propuesta, cada cuanto tiempo debe de efectuarse, y el responsable de cada actividad (Moubray, 2000).

En la Figura 4 se observa un ejemplo del desarrollo de la hoja de decisión.

**Figura 4**  
*Ejemplo Hoja de Decisión del RCM*

HOJA DE DECISIÓN RCMII		SISTEMA										Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°	
© 1990 ALADON LTD		SUBSISTEMA										Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de	
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias						Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por			
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3				H4 S4		
<b>BOMBA UNICA</b>																
1	A	1	S	N	N	S	S									
1	A	2	.....etc											Verificar si el cojinete principal de la bomba hace ruido	Semanal	Mecánico
<b>BOMBA DE SERVICIO CON RESERVA</b>																
1	A	1	S	N	N	N	N	N	N	N				Ningún Mantenimiento Programado		
1	A	2	.....etc													
<b>BOMBA DE RESERVA</b>																
2	A	1	N				N	N	N	S				Arrancar la bomba de reserva en vez de la bomba de servicio y asegurar que la bomba de reserva sea capaz de llenar el tanque. Completada la prueba, volver a la bomba de servicio.	Cada 4 semanas	Operador

*Nota:* Tomado de Moubray, 2000.

#### **2.2.14. Metas a alcanzar con la aplicación del método RCM**

De acuerdo con González (2015) la aplicación de la metodología RCM tendrá efectos favorables dimensionados en cinco aspectos:

- Costes: La reducción de los costes debe fluctuar entre el 10 al 40%, impulsados por la sustitución de actividades de mantenimiento correctivo, y con ello la reducción de paradas en la producción.
- Servicio: Permite la ejecución de actividades de calidad logrando la satisfacción de los clientes, en base a una mayor integración de las actividades de mantenimiento y producción.
- Calidad: Mejora en los niveles de disponibilidad de 2 a 10%, la eliminación de fallas crónicas.
- Tiempo: Acortamiento de los tiempos muertos por paradas, y los tiempos por reparación; genera mayores conocimientos acerca del funcionamiento interno de los equipos.
- Riesgos: Priorización en la seguridad, identificación de fallas ocultas, y la disminución de riesgos ante tareas rutinarias.

#### **2.2.15. Proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**

La aplicación del enfoque de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad implica la transformación de las habituales tareas en nuevas actividades. Por lo

tanto, es esencial que los directivos y/o jefes estén dispuestos a aceptar los cambios y promuevan dicha actitud en el recurso humano (IAEA, 2008).

El Organismo Internacional de Energía Atómica (2008) establece el siguiente proceso:

**a) Preparación**

Las subetapas constan en:

- Seleccionar un sistema.
- Definir las limitaciones de un sistema.
- Adquirir documentación y materiales.
- Realizar entrevistas con el personal de la planta.

**b) Análisis**

Las subetapas constan en:

- Identificar las funciones del sistema elegido.
- Analizar los errores funcionales del sistema elegido.
- Precisar los equipos involucrados en el sistema.
- Recoger datos de confiabilidad y rendimiento.
- Precisar modos de falla.
- Identificar las consecuencias de los errores.

- Determinar la criticidad de cada uno de los componentes.

### **c) Selección de tareas**

Las subetapas constan en:

- Asignar las actividades de mantenimiento a los sistemas y equipos críticos.
- Determinar las herramientas y las acciones más rentables para ejecutar las tareas de mantenimiento, como mantenimiento preventivo, monitoreo del estado del equipo o sistema, inspección y prueba funcional.

### **d) Revisión de comparación de tareas**

En esta fase se recogen los resultados de la comparación entre las tareas de mantenimiento y se plantea un cambio en el plan de Mantenimiento, dicho cambio debe estar sincronizado con la visión de mantenimiento de la empresa.

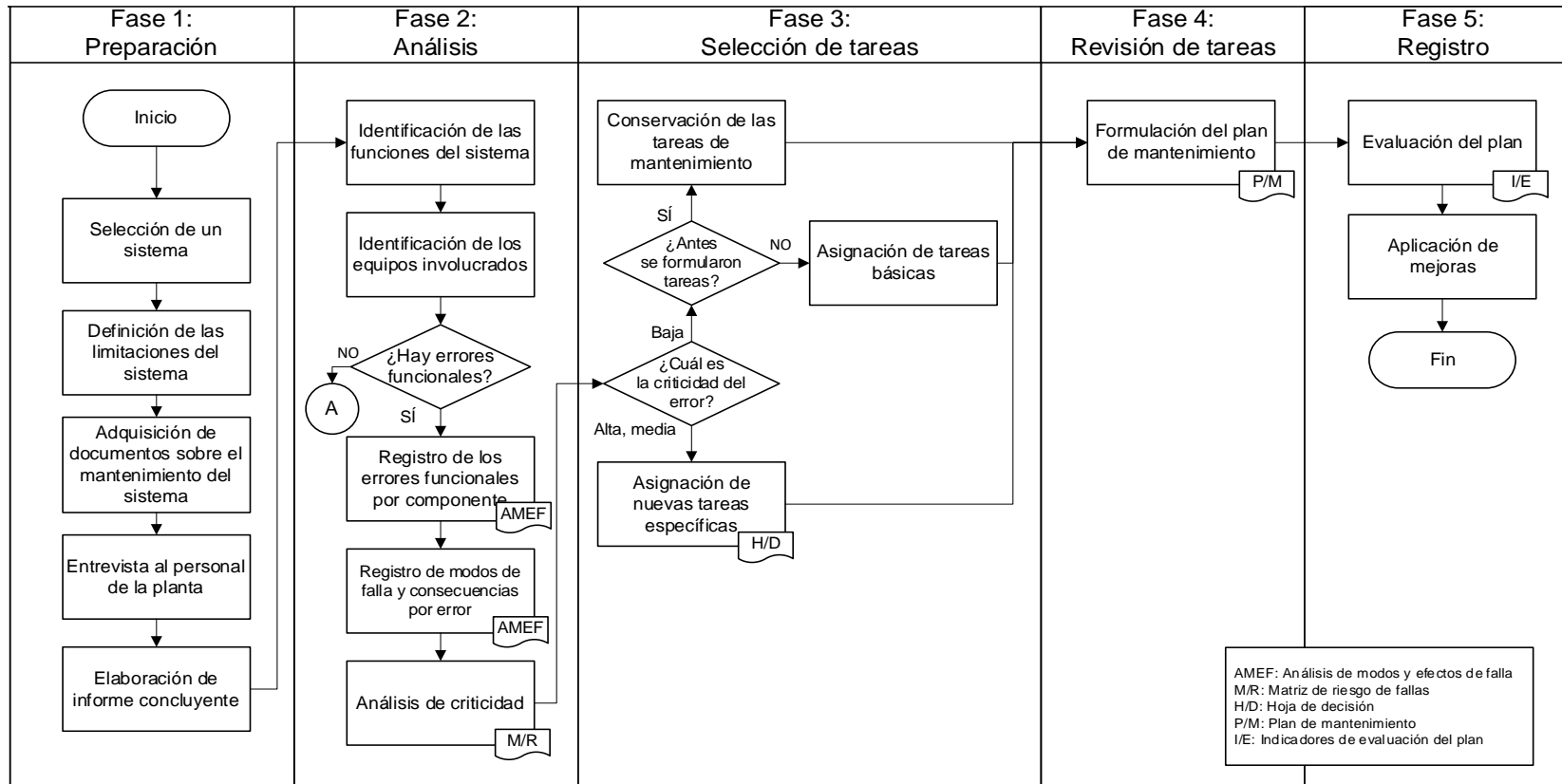
### **e) Registros**

Los resultados y las recomendaciones relacionados al cambio en el plan de Mantenimiento producirán un impacto en la eficiencia de las actividades de operaciones y mantenimiento, por ende, es necesario que cada decisión tomada y ejecutada se registre en la documentación de la organización, de

modo que pueda estar al alcance de los involucrados en supervisiones posteriores a la implementación de la estrategia.

La Figura 5 sintetiza en un diagrama de flujo el procedimiento para aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad desde cero hasta su evaluación continua.

**Figura 5**  
*Proceso de Mantenimiento RCM*



*Nota:* Elaborado con apoyo de IAEA (2008).

### **2.2.16. Descripción de los equipos de acarreo**

Los equipos de acarreo son maquinarias autopropulsadas sobre neumáticos, en donde su función es de cargar y descargar material aurífero de un lugar a otro.

En la presente investigación están involucrados los siguientes equipos:

- 02 cargadores frontales YUTONG
- 03 camiones volquetes DONGFENG
- 01 camión volquete VOLKSWAGEN
- 01 montacarga HELI
- 01 camión cisterna YUTONG
- 01 camión furgón VOLKSWAGEN
- 01 camión grúa YUTONG

En los anexos del 4 al 10 se pueden observar la ficha técnica de cada uno de los vehículos mencionados. De igual forma, en el anexo 11 se muestran datos relevantes como la marca, modelo, serie VIN, año de fabricación, capacidad de carga, potencia del motor, tiempo de vida útil y costos de compra de cada uno de los vehículos.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Falla funcional:** También llamado estado de falla. Se identifican como los estados no deseables del sistema, equipos y/o máquinas, los cuales están estrechamente vinculados con las funciones importantes (Mantenimiento Planificado, 2005).
- **Modo de falla:** Se denomina al posible motivo por el que un sistema, equipo y/o máquina llega a una falla funcional (Mantenimiento Planificado, 2005).
- **Efectos de falla:** Al momento de precisar el modo de falla, se señalan los efectos de falla relacionados, es decir, especifica qué es lo que sucede cuando la falla se presenta (Mantenimiento Planificado, 2005).
- **Criticidad:** Es una metodología que jerarquiza y/o prioriza los procesos, las máquinas, los equipos y/o los sistemas diseñando una estructura que permite tomar decisiones más acertadas, enfocando el esfuerzo y los recursos en aquellas zonas que requieran de más atención (Prat, 2014).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El método de investigación es sistémico, el cual establece estudiar el objeto mediante la determinación de sus componentes, sus relaciones y límites para observar su estructura y la dinámica de sus funcionamientos, para el presente trabajo se realiza el estudio de los vehículos de acarreo de la minera Veta Dorada. Así lo define Espinoza (2010) el enfoque de sistemas afronta el problema en su complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes.

El tipo de investigación es tecnológica, toda vez que se aplicará el conocimiento de la metodología del RCM y conocimientos de los vehículos de acarreo de la minera Veta Dorada; con la finalidad de mejorar la disponibilidad. Así lo define Espinoza (2010) la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación.

La presente investigación debido a sus características de estudio tiene nivel aplicada; ya que su objetivo principal es implementar el mantenimiento RCM a los equipos de acarreo de la Minera Veta Dorada. Espinoza (2010) sostiene que la

investigación aplicada tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad.

El enfoque de investigación es de carácter mixto dado que se recogerá información tanto cualitativa como cuantitativa. La investigación cualitativa emplea el recojo de información para mejorar las preguntas de indagación y/o exponer otras interrogantes al momento de realizar la interpretación mientras que la investigación cuantitativa usa el recojo de datos con el objetivo de probar los supuestos a partir del análisis numérico y estadístico (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En este caso, se analizan los aspectos cualitativos de los vehículos, así como sus fallas funcionales y efectos en la producción. Por otra parte, se analizan datos numéricos como la tasa de disponibilidad, la criticidad de las fallas y los costos de mantenimiento.

El diseño de la presente investigación es descriptivo longitudinal, porque una vez establecido el planteamiento del problema, el alcance de la investigación, la formulación de la hipótesis; es necesario observar la manera más concreta de responder las preguntas y de ese modo, poder cubrir el objetivo fijado en la investigación. Así lo define Espinoza (2010) la investigación de diseño descriptivo longitudinal se toma una muestra del objetivo de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por periodos bastante largos.

Diseño de la investigación longitudinal:



Donde:

M; Equipos de acarreo

T1 a T2; Tiempos de mantenimiento

O1 a O2; Hace referencia a la observación que se realizara a los análisis y efectos de falla de los equipos de acarreo.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. Población**

La población del presente estudio está compuesta por todos los vehículos de acarreo que posee la empresa minera Veta Dorada, es decir, cargadores, camiones y volquetes.

### **3.2.2. Muestra**

La muestra contiene a toda la población, es decir, toma en consideración los 10 vehículos de acarreo que son operados en la Minera Veta Dorada.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 3.3.1. Identificación de las variables

- Variable Independiente: Implementación de mantenimiento RCM
- Variable Dependiente: Disponibilidad

#### 3.3.2. Caracterización de las variables

En la Tabla 1 y Tabla 2 se observa la operacionalización de las variables por separado.

Tabla 1

*Cuadro de operacionalización de la variable independiente*

<b>Variable Independiente:</b> Implementacion de mantenimiento RCM		
<b>Dimension</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Hoja de decision RCM II	Efectos de falla	Evaluacion de consecuencias
Plan de mantenimiento	Frecuencia de actividades de mantenimiento	Horometro

Tabla 2

*Cuadro de operacionalización de la variable dependiente*

<b>Variable Dependiente:</b> Disponibilidad		
<b>Dimension</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Calculo de la disponibilidad operativa por la formula:	Horas disponibles	Registro de datos
$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Horas de operación	Horometro
	Horas de falla	Registro de datos

### **3.3.3. Definición operacional de las variables**

a) Implementación de Mantenimiento RCM

Es un conjunto de actividades basadas en la técnica RCM que busca eliminar tareas de mantenimiento innecesarias y aplicar medidas que identifiquen las omisiones y deficiencias en los usuales planes de mantenimiento (IAEA, 2008).

b) Disponibilidad

Hace referencia a la confianza de un objeto de funcionar de forma satisfactoria en un periodo determinado después de haber pasado por un proceso de mantenimiento (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006).

### **3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

Para el desarrollo de la investigación se recolectó datos mediante la Técnica de Análisis documental a base de:

- Manual de mantenimiento de los equipos de acarreo.
- Bibliografía de mantenimiento RCM.
- Normas aplicables SAE JA1011.
- Registro histórico de mantenimiento.
- Registro de indicadores (Disponibilidad, MTBF y MTTR).
- Entrevista al personal de mantenimiento.

Los instrumentos para la recolección de datos se realizarán mediante la ficha de revisión documental y guía de entrevista con la ayuda de una computadora.

Tabla 3

*Técnicas e instrumentos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Análisis documental</b>	Ficha de revisión documental	Permitirá analizar el estado y uso de los vehículos de acarreo de los documentos relacionados al mantenimiento de la Minera Veta Dorada, en Arequipa.
<b>Entrevista</b>	Guía de entrevista	Permitirá conocer la perspectiva del jefe y/o supervisor de mantenimiento y del técnico de mantenimiento de la Minera Veta Dorada, datos que pudieron ser omitidos en los registros o la suposición de la causa del problema

La ficha de revisión documental puede ser apreciada en el Anexo 2 y la guía de entrevista puede ser visualizada en el Anexo 3.

### **3.4.1. Procedimiento de recolección de datos**

La recolección de datos seguirá el siguiente procedimiento, la cual está basada en las 7 Preguntas básicas para el RCM, según la Norma SAE JA1011:

- ¿Cuál es la función? Lo que los usuarios desean que la máquina haga.
- ¿Cuál es la falla funcional? Razones por las que deja de hacer lo que los usuarios desean que haga.

- ¿Cuál es el modo de falla? Qué es lo que pudo causar la falla funcional.
- ¿Cuál es el efecto de la falla? Qué ocurre cuando la falla se presenta.
- ¿Cuál es la consecuencia de la falla? Razones por las que importan cada falla.
- ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
- ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

La información recolectada será analizada mediante el software Microsoft Excel, que permitirá tabular y diseñar cuadros estadísticos que demuestren el nivel de disponibilidad de los vehículos de acarreo.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO RCM**

#### **4.1. OBTENCIÓN DE DATOS**

##### **4.1.1. Alcance de la inspección**

En la minera Veta Dorada SAC, el área de acopio está involucrado directamente en la línea de producción; donde los vehículos de acarreo están considerados como equipos críticos. En el año 2020 se evidenció disminuir la disponibilidad al 80.39%, y se tiene la necesidad de mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo. Inicialmente, se realizará análisis de criticidad de los componentes con mayor frecuencia de fallo e impacto operacional. Una vez identificado los componentes críticos se aplicará el mantenimiento basado en la confiabilidad RCM.

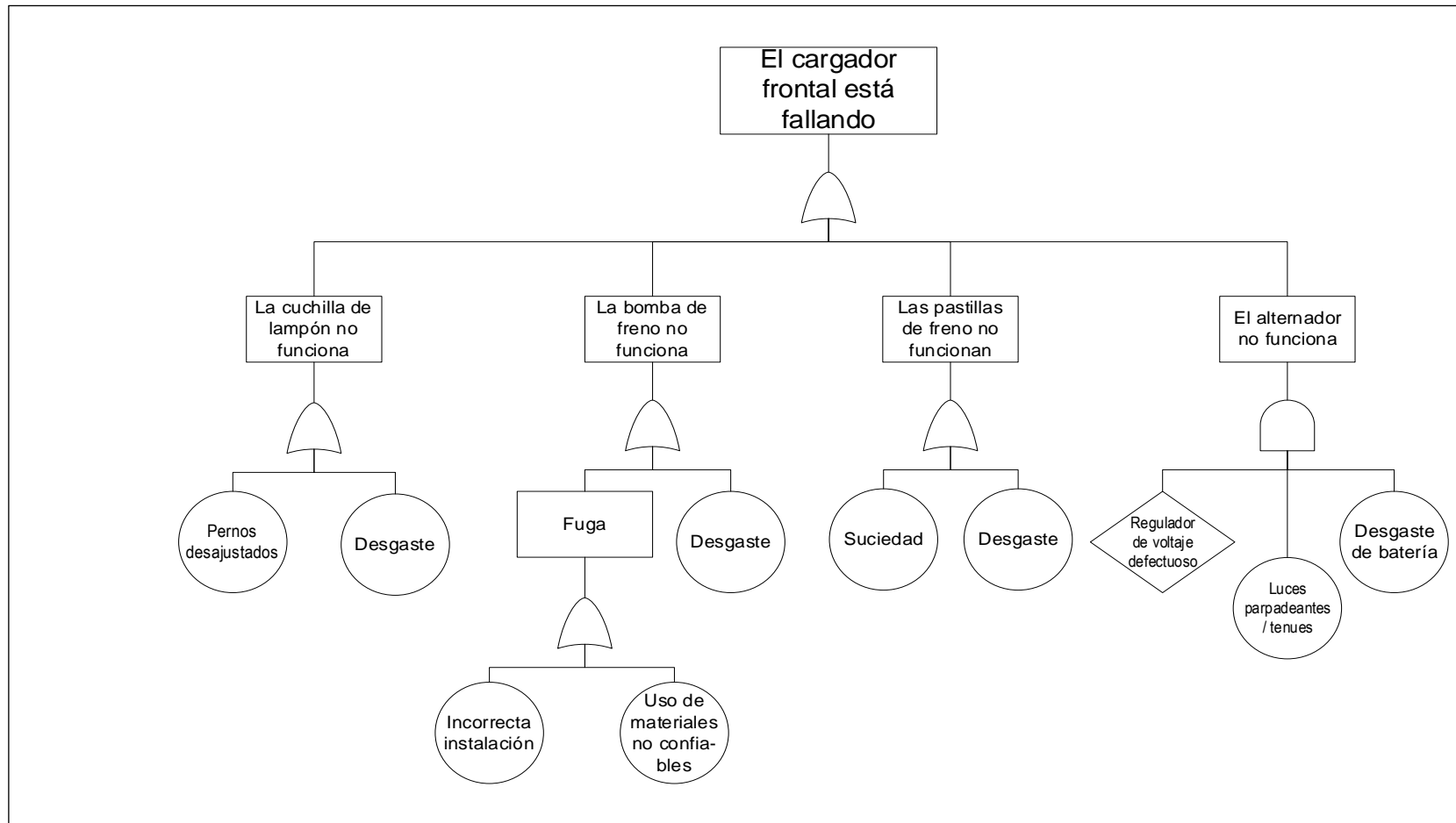
##### **Análisis de criticidad**

El análisis de criticidad RCM parte del análisis de fallas. La minera Veta Dorada cuenta con un registro de mantenimiento cuyo formato puede ser apreciado en el Anexo 12.

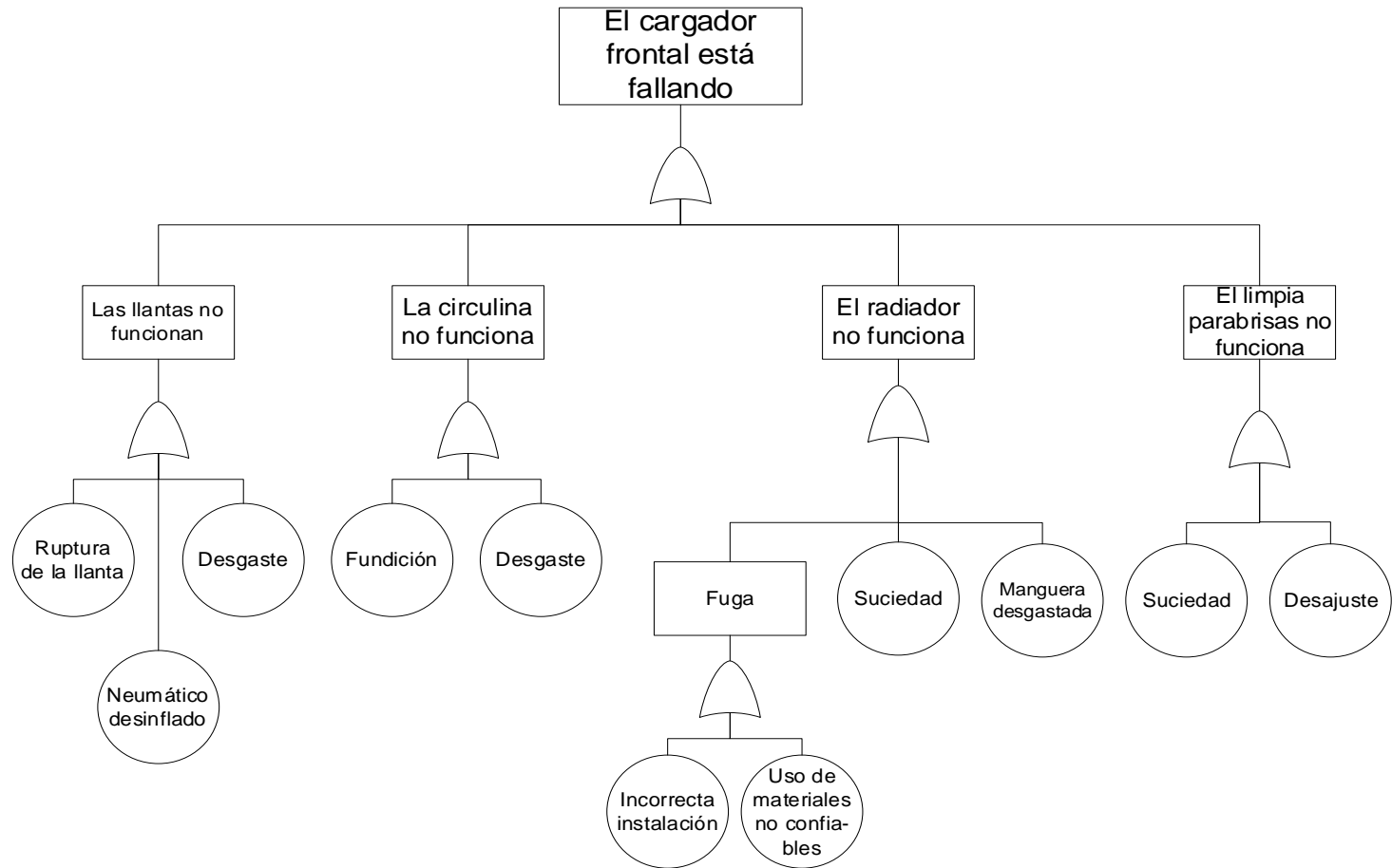
La lista de fallas que los vehículos de acarreo experimentaron durante el proceso de producción (mantenimiento correctivo) y las que se evitaron con un

programa de mantenimiento (mantenimiento preventivo) es desarrollada a través del Análisis de Modos de Falla y Efectos, que se encuentra en el Anexo 13. Esta información se sintetiza en el diagrama de árbol de fallas (desde la Figura 6 hasta la Figura 18).

**Figura 6**  
*Árbol de fallas del Cargador (1)*

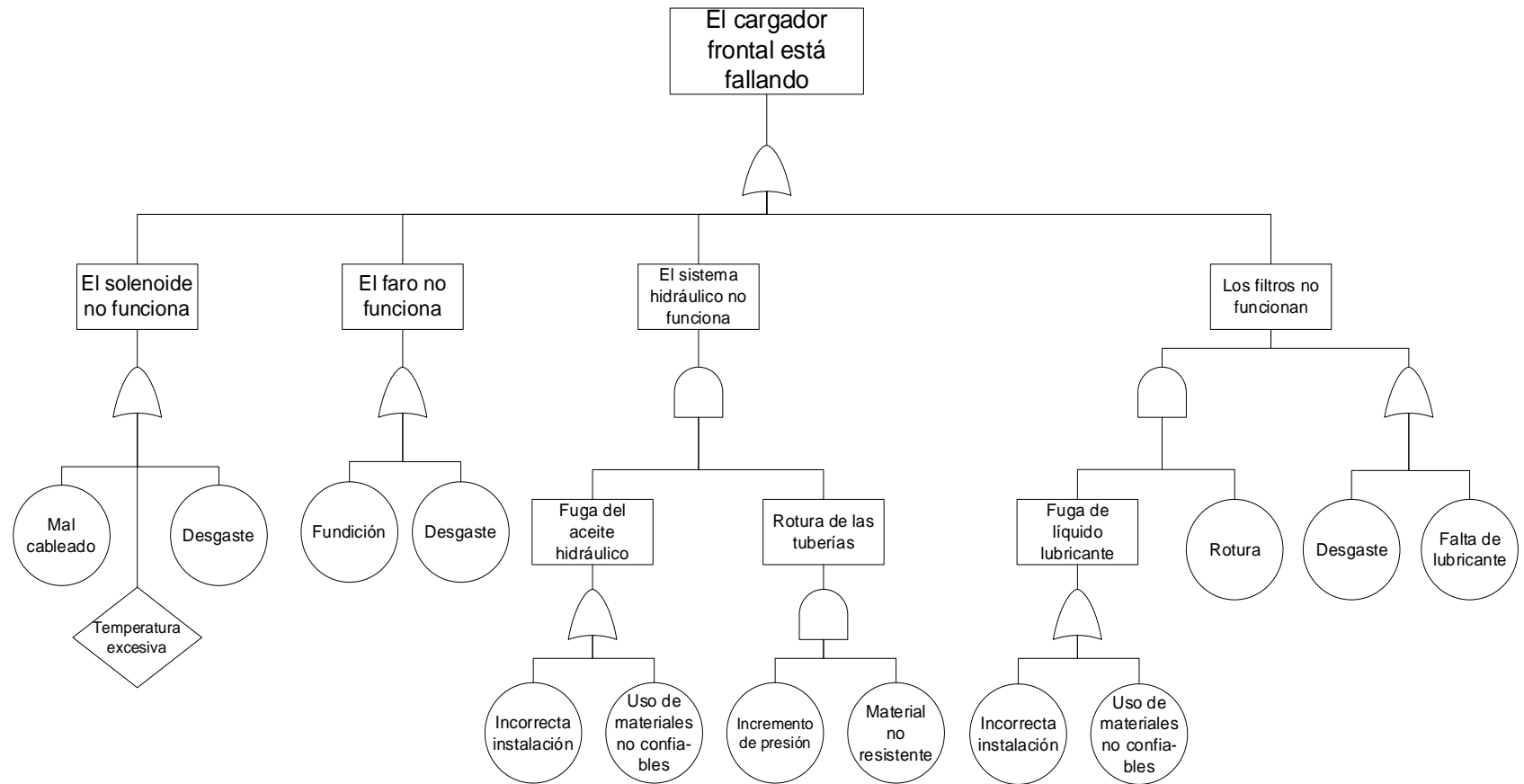


**Figura 7**  
*Árbol de fallas del Cargador frontal (2)*

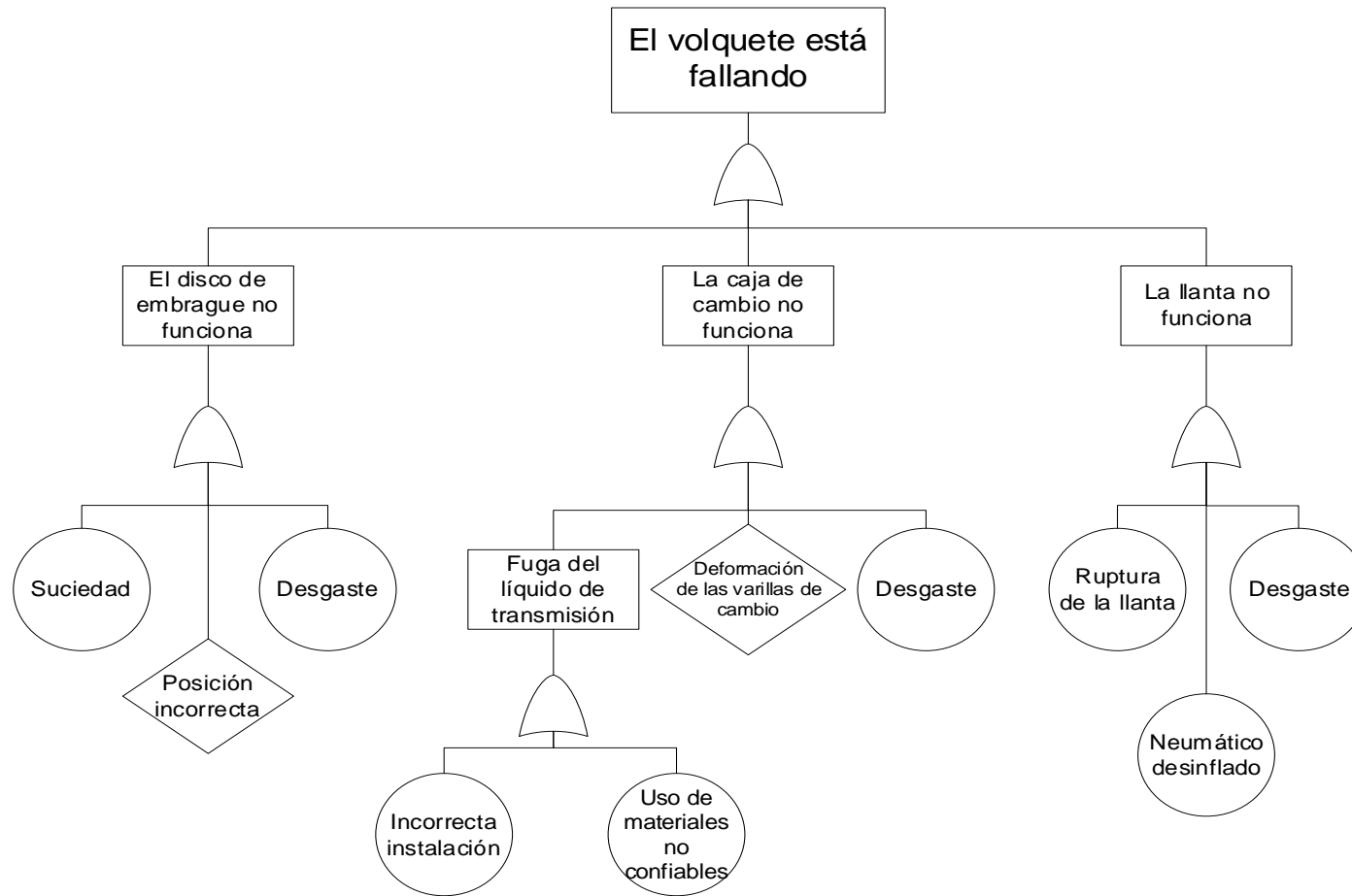


**Figura 8**

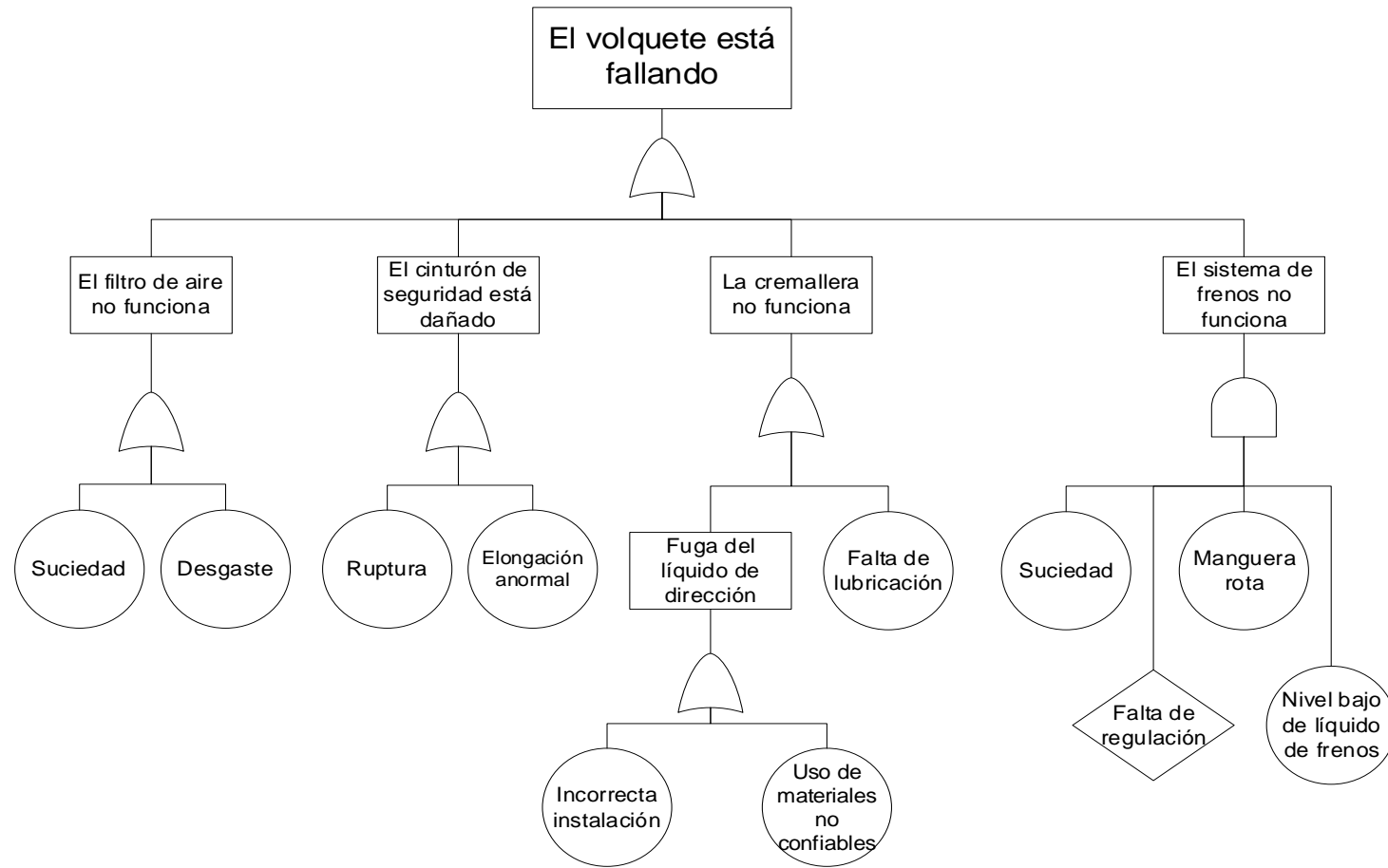
*Árbol de fallas del Cargador frontal (3)*



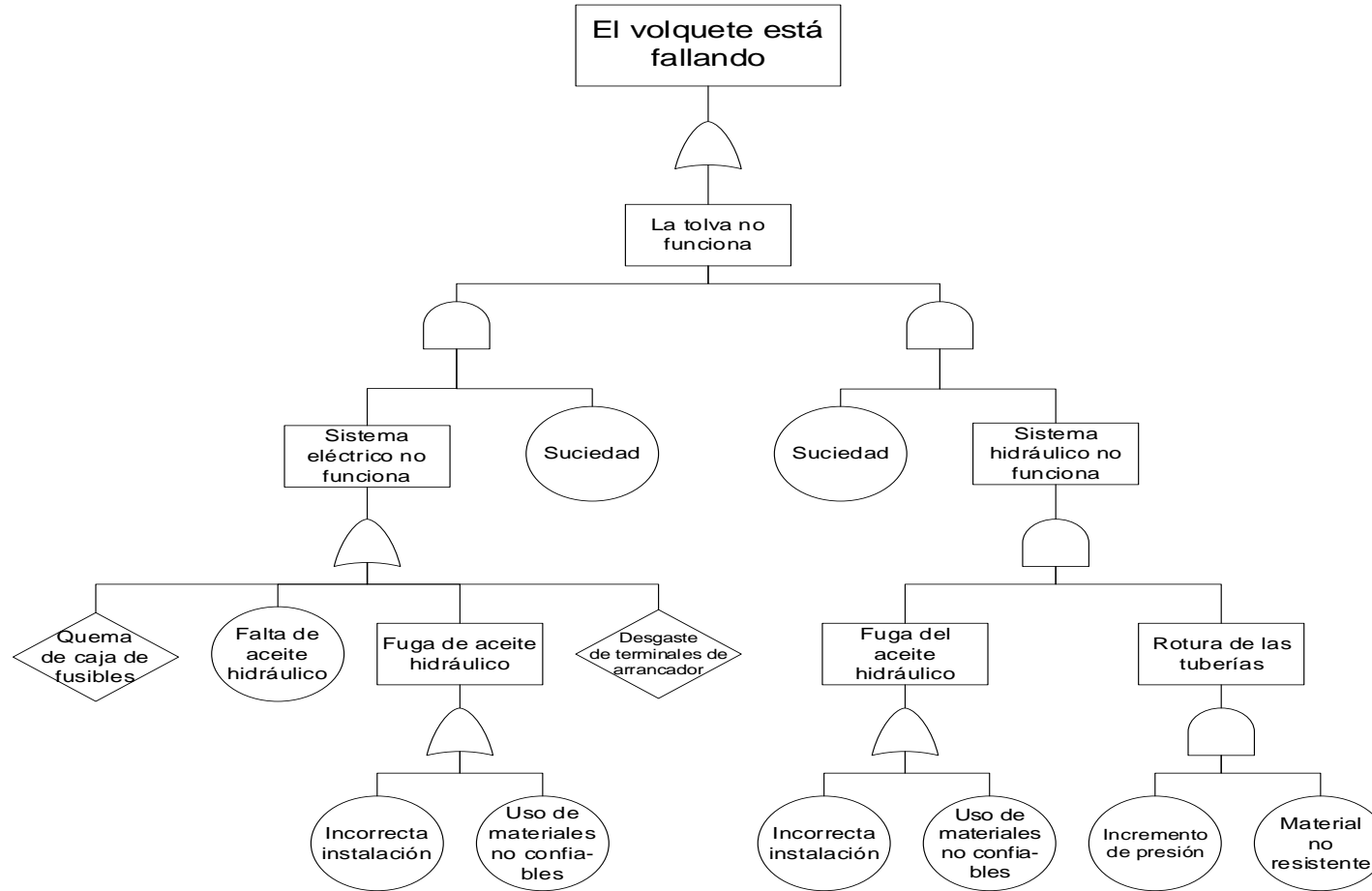
**Figura 9**  
*Árbol de fallas del Volquete (1)*



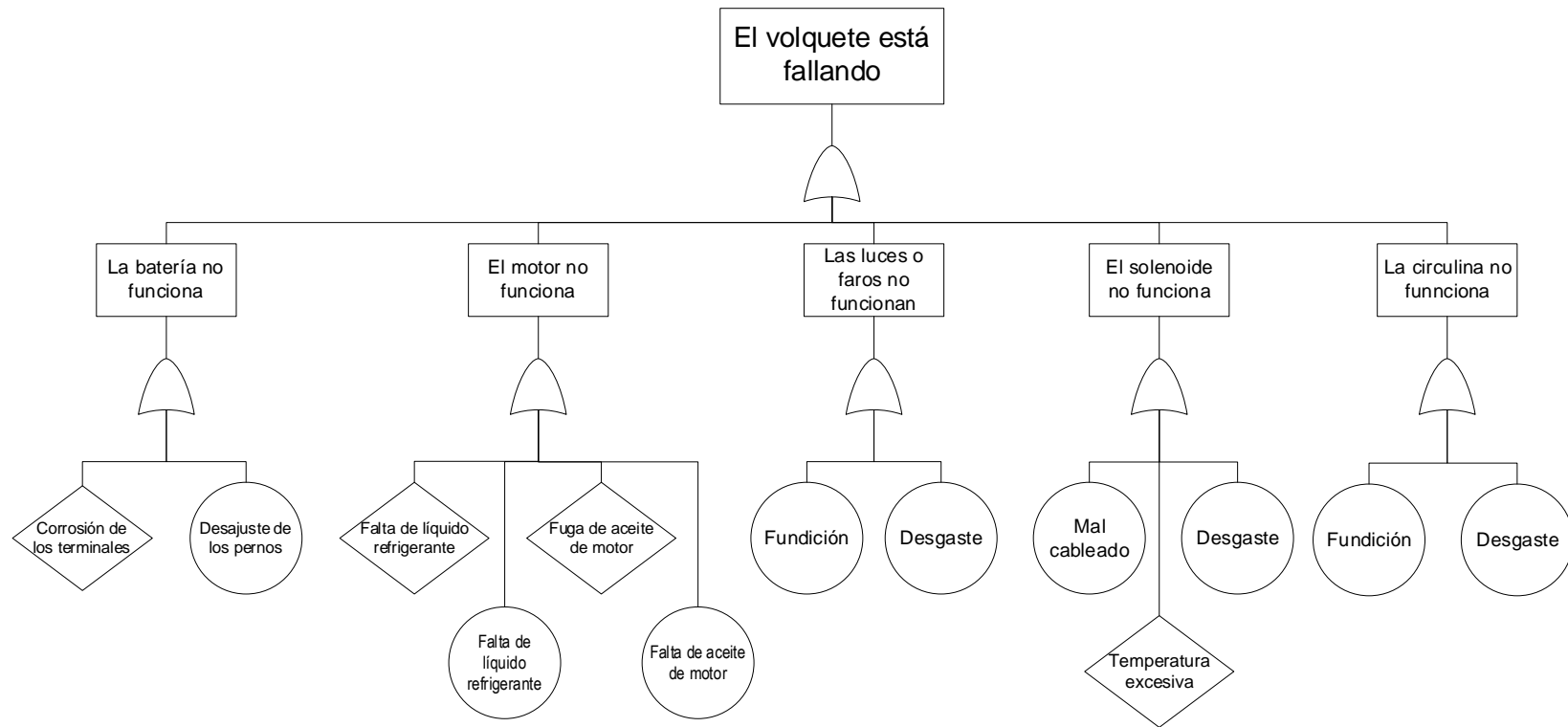
**Figura 10**  
Árbol de fallas del Volquete (2)



**Figura 11**  
*Árbol de fallas del Volquete (3)*

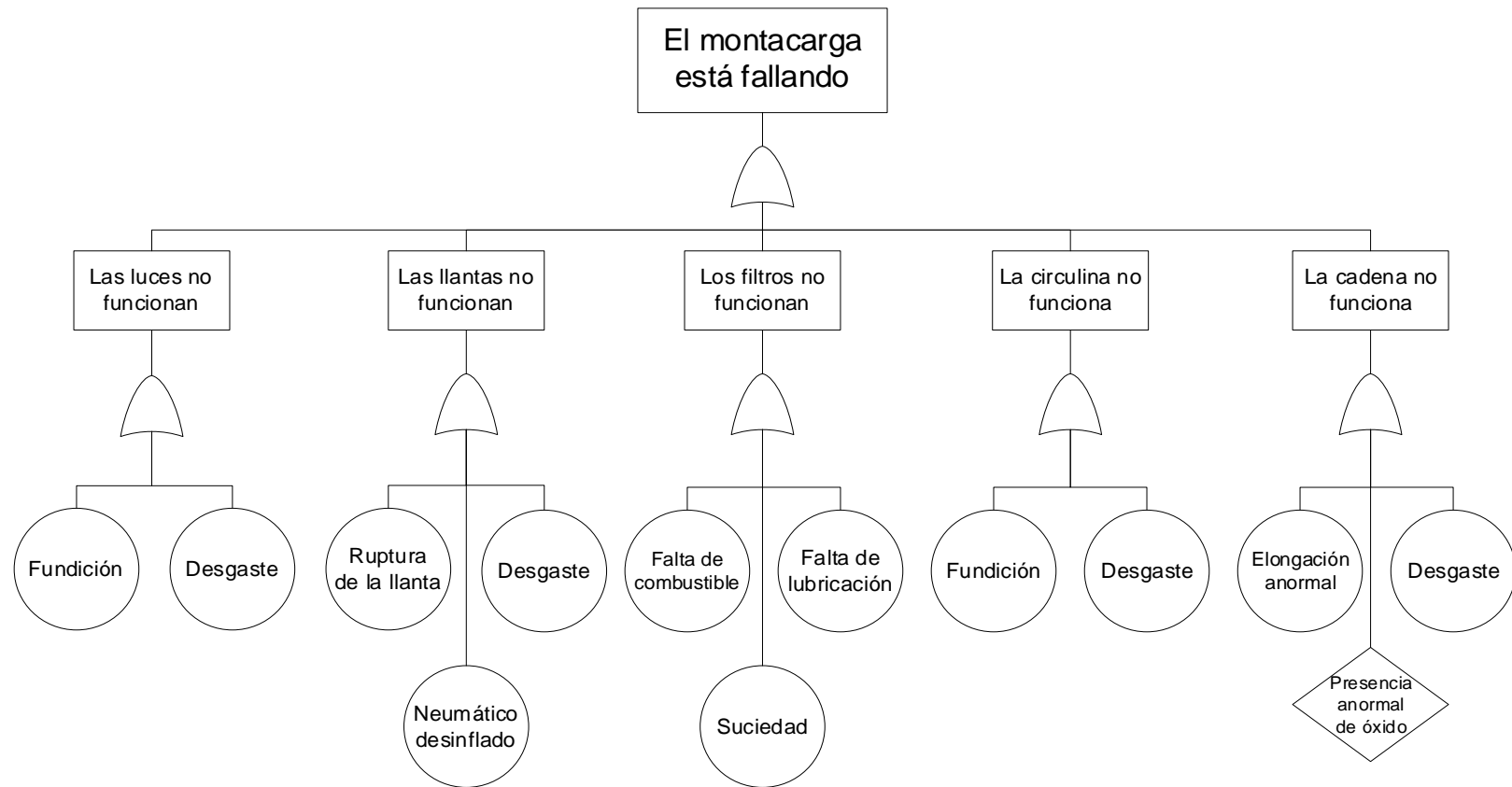


**Figura 12**  
*Árbol de fallas del Volquete (4)*



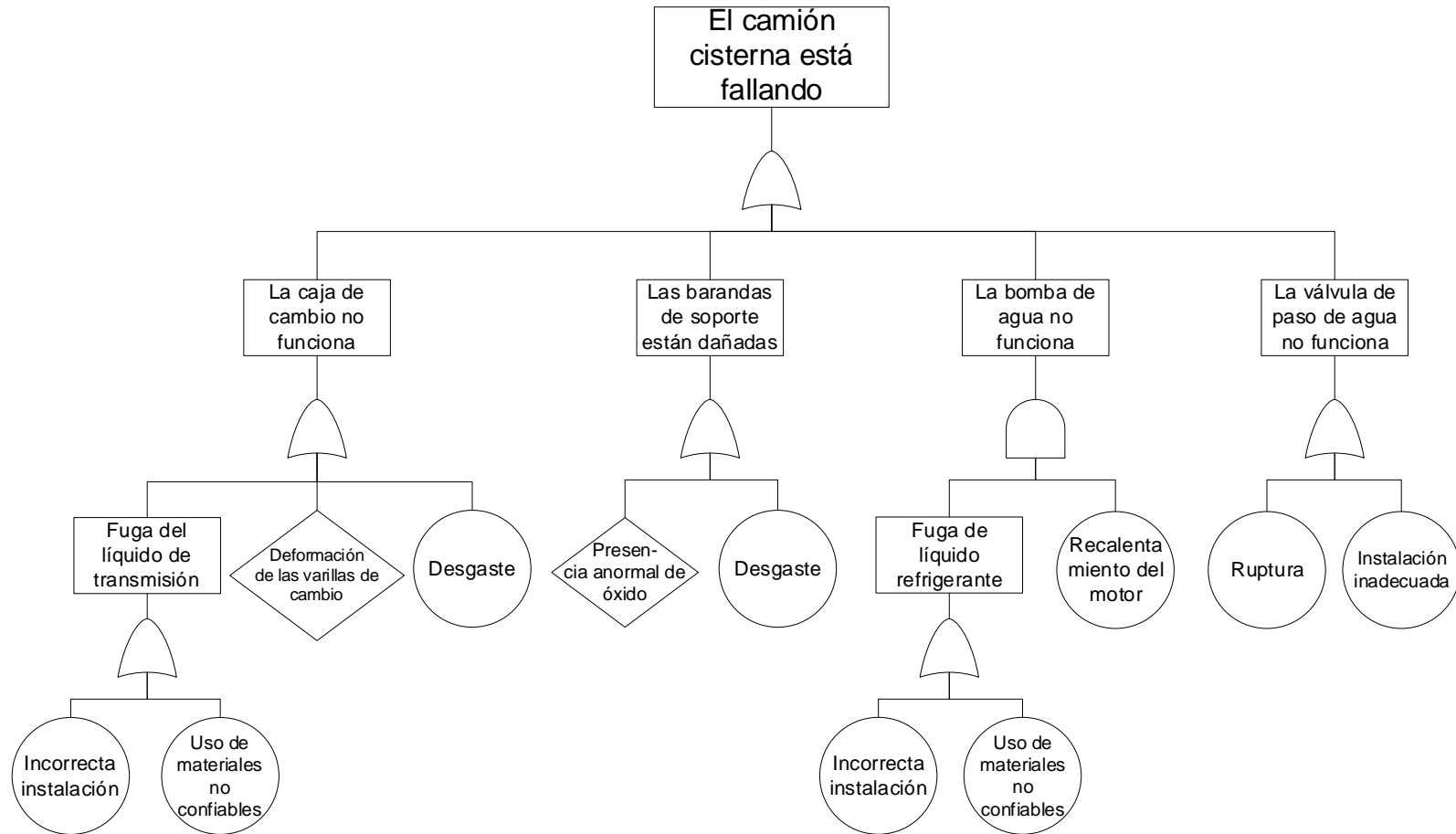
**Figura 13**

*Árbol de fallas del Montacarga*



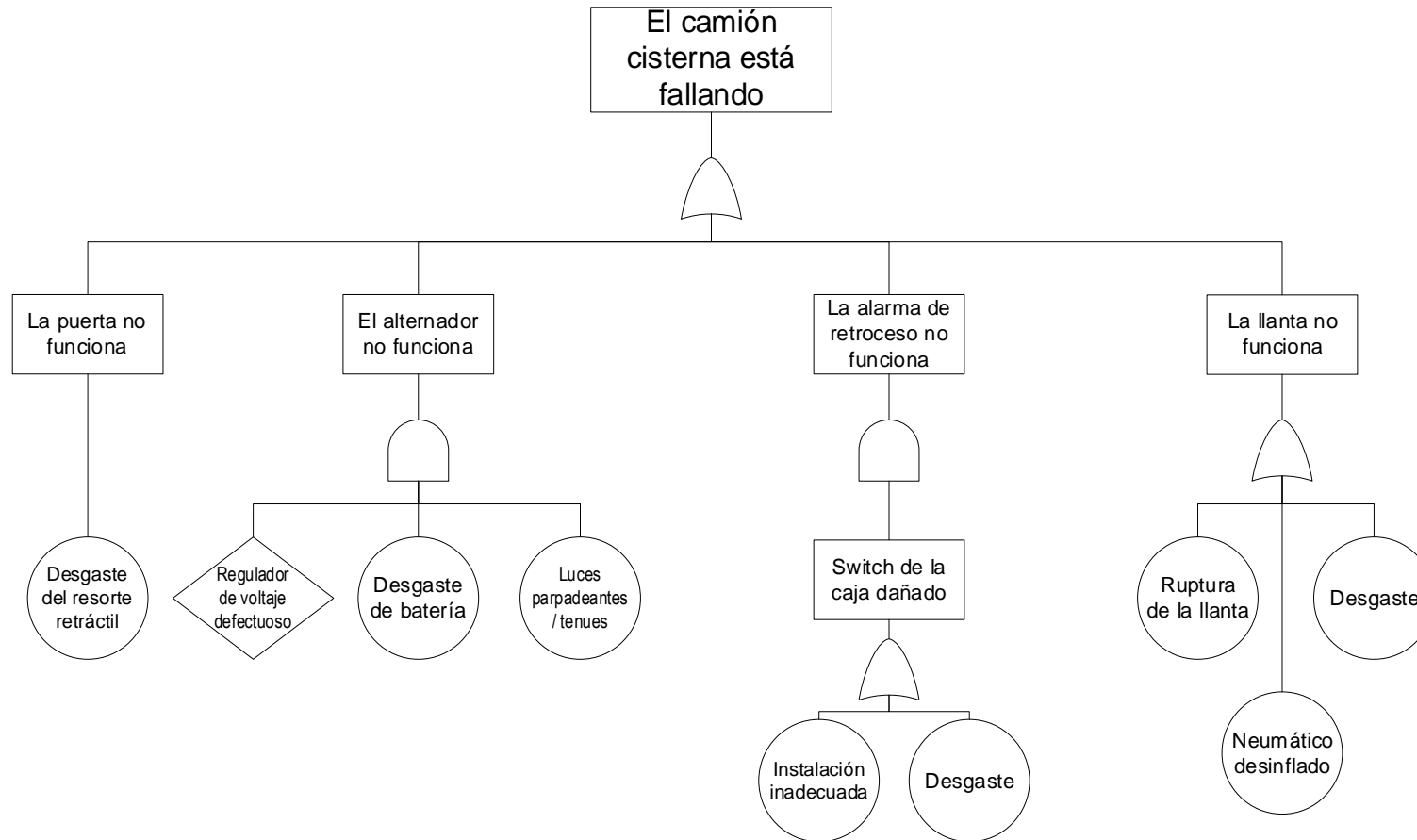
**Figura 14**

*Árbol de fallas del Camión Cisterna (1)*

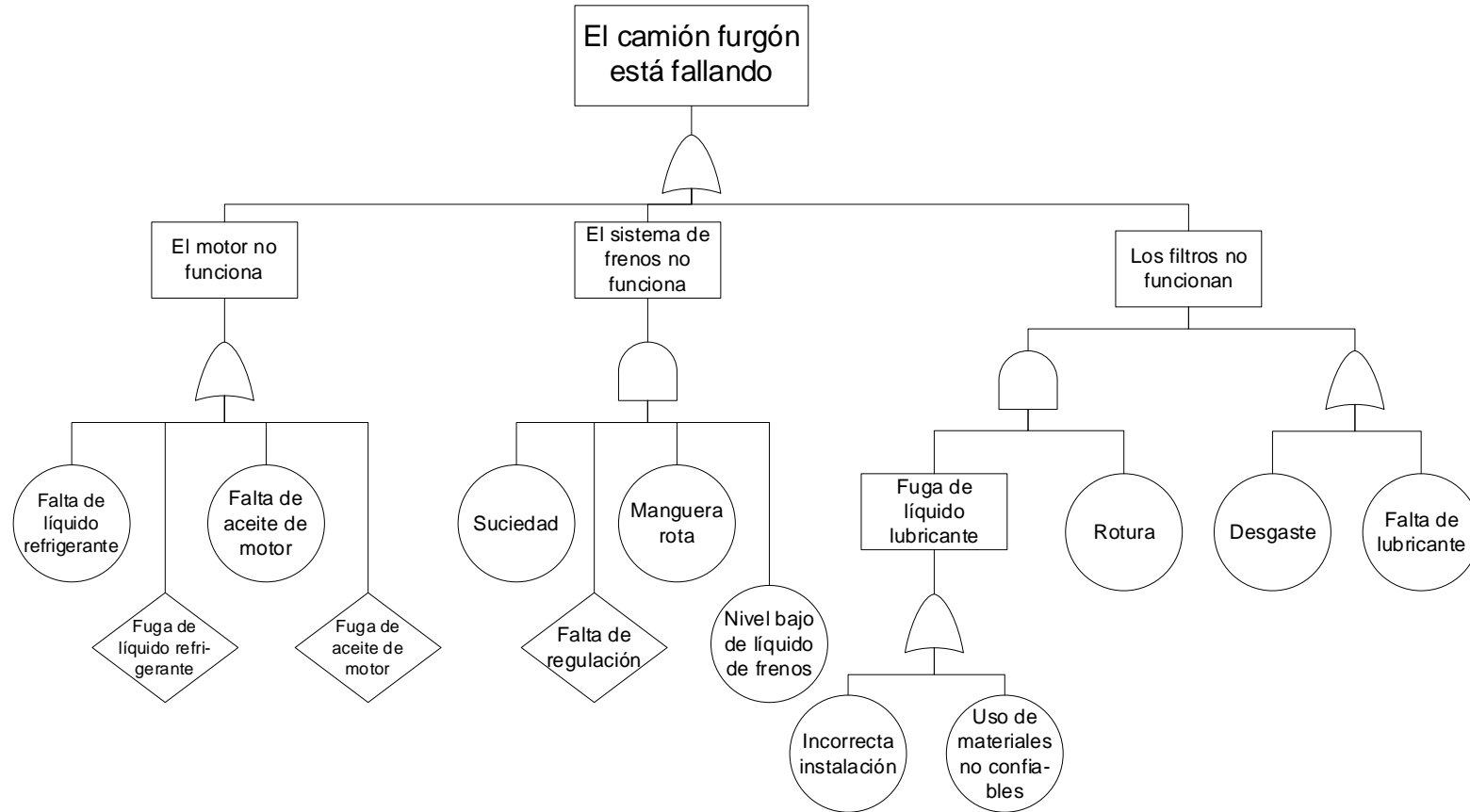


**Figura 15**

*Árbol de fallas del Camión cisterna (2)*

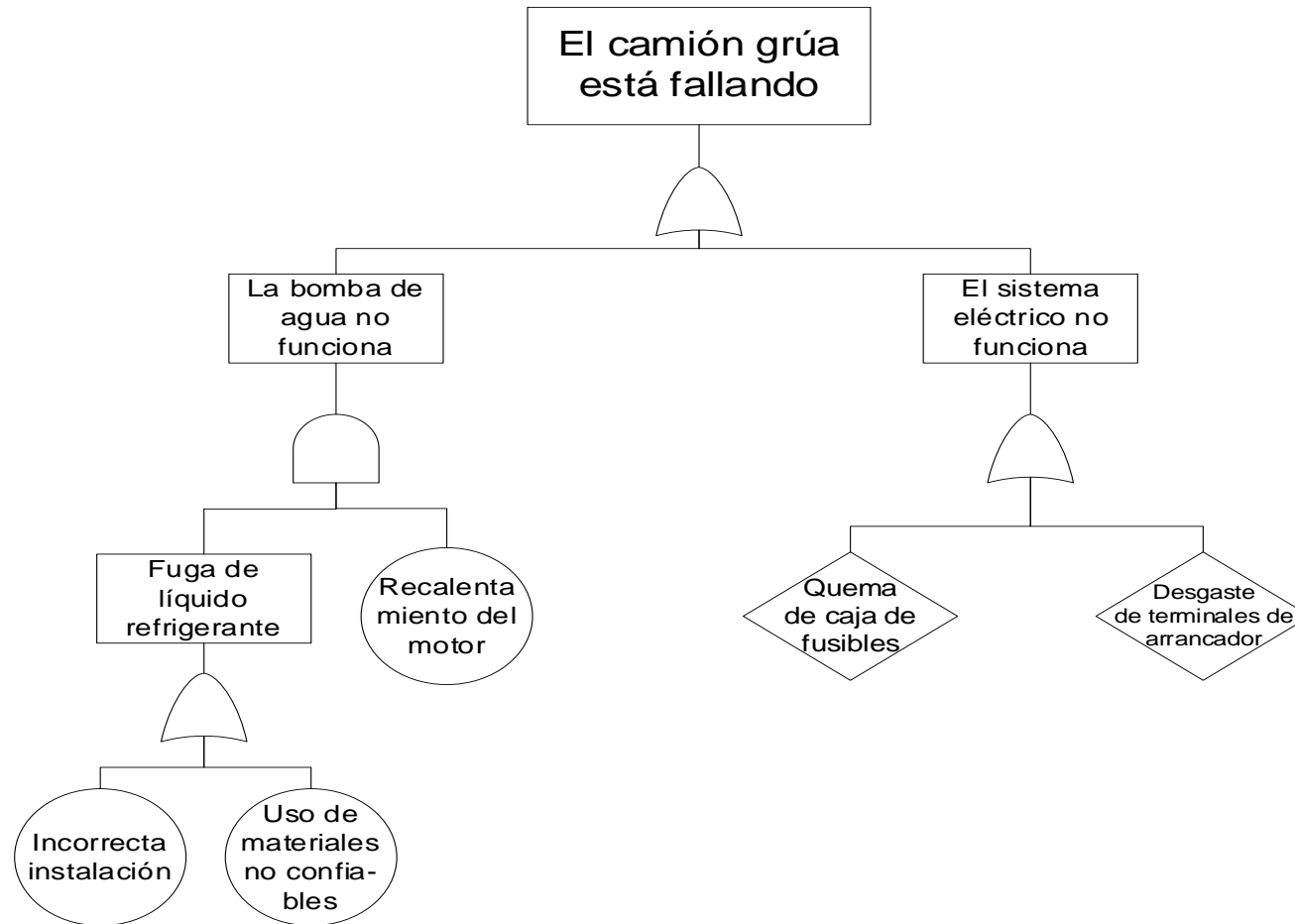


**Figura 16**  
*Árbol de fallas del Camión Furgón*

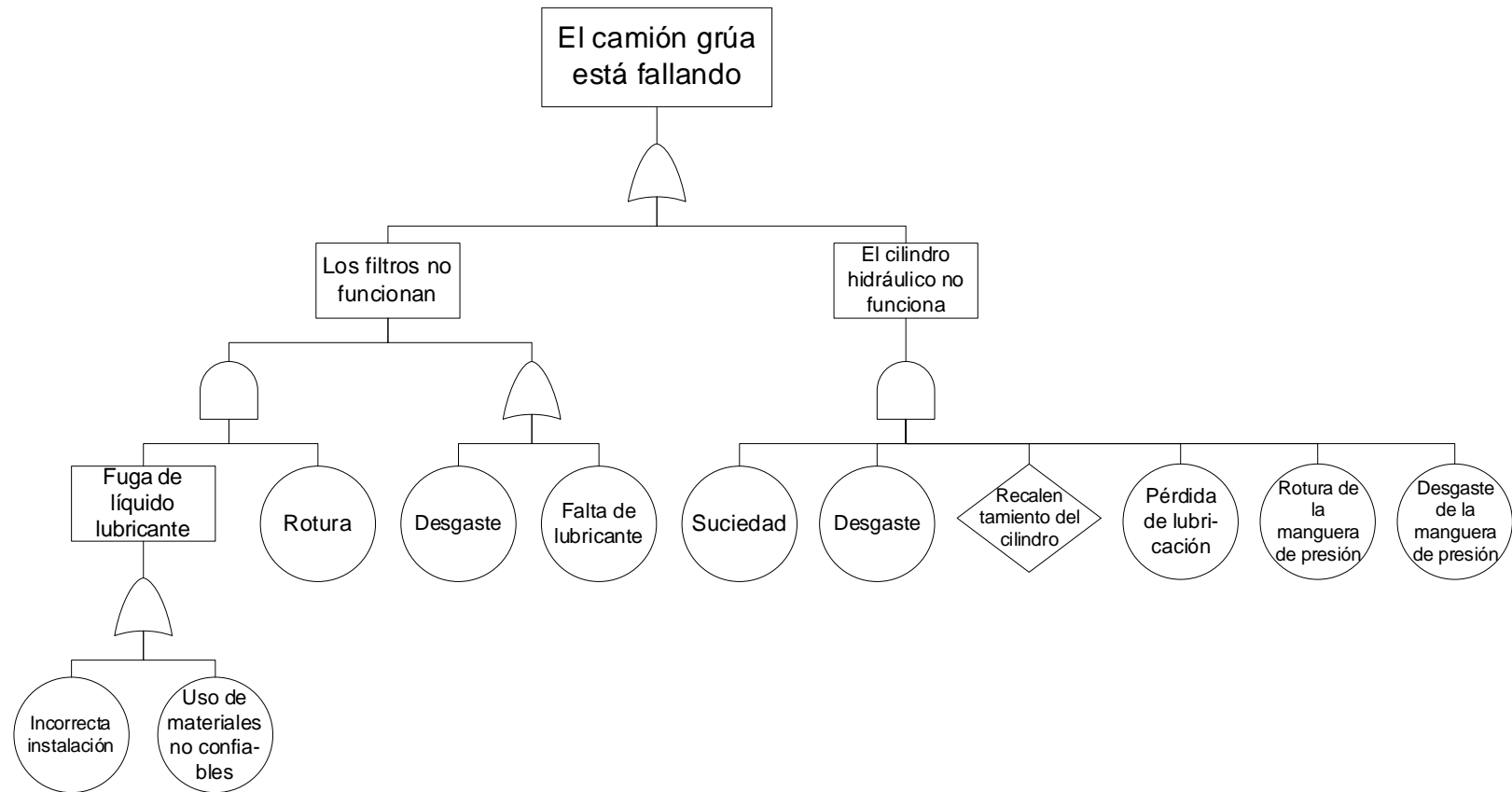


**Figura 17**

*Árbol de fallas del Camión Grúa (1)*



**Figura 18**  
*Árbol de fallas del Camión Grúa (2)*



Seguidamente, se establece el nivel de criticidad de cada falla. Con ayuda de la información adjunta en la Tabla 4, se jerarquiza el grado de riesgo.

Tabla 4  
Ítems de evaluación de criticidad de los vehículos

<b>Frecuencia de fallas (FF)</b>	
Mayor a 15 fallas por año	4
Entre 9 a 15 fallas por año	3
Entre 4 a 8 fallas por año	2
Entre 1 a 3 fallas por año	1
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	
Parada inmediata del vehículo	10
Repercusión en costos operacionales	8
Impacto en los niveles de producción o calidad	4
No genera ningún efecto significativo en la operación o producción	1
<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>	
No existe repuesto	3
Se cuenta con opción de repuesto	2
Se cuenta repuesto disponible en almacén	1
<b>Costo de mantenimiento (CM)</b>	
Mantenimiento con cambio de componente superior a S/ 400	3
Mantenimiento con cambio de componente entre S/ 200 y S/. 400	2
Mantenimiento con cambio de componente inferior a S/ 200	1
<b>Impacto en Seguridad, Ambiente y Salud (ISAS)</b>	
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud.	8
Riesgo medio de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental mayor.	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor.	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente.	1

*Nota:* Elaborado con apoyo estudio de Llamba, (2014).

En el que la consecuencia de la aparición de las fallas se calcula de la siguiente manera:

$$\textit{Consecuencia} = (IO \times FO) + CM + ISAS$$

La Criticidad Total es calculada con la siguiente fórmula:

$$\textit{Criticidad Total} = FF \times \textit{Consecuencia}$$

Empleando las ecuaciones presentadas, en las Tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se halló el nivel de riesgo y criticidad para el cargador frontal, el volquete, el montacarga, el camión cisterna, el camión furgón y el camión grúa, respectivamente. También se incluyó una codificación para ubicarlo en la matriz de riesgo.

Tabla 5

*Jerarquización de riesgo del Cargador frontal*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Cuchilla de lampón	1-01	3	10	3	3	8	41	123	Crítico
Bomba de freno	1-02	2	10	2	3	8	31	62	Crítico
Pastilla de freno	1-03	3	10	1	1	6	17	51	Semicrítico
Alternador	1-04	2	10	1	2	6	18	36	No crítico
Llanta	1-05	4	10	2	3	8	31	124	Crítico
Circulina	1-06	2	4	1	1	6	11	22	No crítico
Radiador	1-07	2	10	1	3	3	16	32	No crítico
Limpiaparabrisas	1-08	2	4	2	1	1	10	20	No crítico
Solenoides	1-09	2	10	1	2	3	15	30	No crítico
Faro	1-10	3	4	1	2	6	12	36	Semicrítico
Sistema hidráulico	1-11	4	10	2	3	6	29	116	Crítico
Filtros	1-12	4	4	1	3	6	13	52	Semicrítico

Tabla 6  
*Jerarquización de riesgo del Volquete*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Disco de embrague	2-01	2	10	1	3	6	19	38	No crítico
Caja de cambio	2-02	2	10	1	3	6	19	38	No crítico
Llantas	2-03	4	10	2	3	8	31	124	Crítico
Filtro de aire	2-04	3	4	1	2	6	12	36	Semicrítico
Cinturón de seguridad	2-05	1	4	1	1	8	13	13	No crítico
Cremallera	2-06	2	8	1	3	6	17	34	No crítico
Sistema de frenos	2-07	2	10	2	3	8	31	62	Crítico
Tolva	2-08	2	10	3	3	1	34	68	Crítico
Batería	2-09	3	10	1	2	1	13	39	Semicrítico
Motor	2-10	2	10	2	3	3	26	52	Semicrítico
Luces o faros	2-11	3	4	1	2	6	12	36	Semicrítico
Solenoide	2-12	2	10	1	2	1	13	26	No crítico
Circulina	2-13	2	4	1	1	6	11	22	No crítico

Tabla 7  
*Jerarquización de riesgo del Montacarga*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Luces	3-01	2	4	1	2	6	12	24	No crítico
Llanta	3-02	3	10	1	3	8	21	63	Semicrítico
Filtros	3-03	3	4	1	3	3	10	30	Semicrítico
Circulina	3-04	2	4	1	1	6	11	22	No crítico
Cadena	3-05	2	10	3	3	6	39	78	Crítico

Tabla 8

*Jerarquización de riesgo del Camión cisterna*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Caja de cambio	4-01	2	10	1	3	6	19	38	No crítico
Barandas de soporte	4-02	1	4	2	3	6	17	17	No crítico
Bomba de agua	4-03	1	10	1	3	6	19	19	No crítico
Válvula de paso de agua	4-04	2	10	1	2	1	13	26	No crítico
Puerta	4-05	2	4	3	2	3	17	34	No crítico
Alternador	4-06	2	10	1	2	6	18	36	No crítico
Alarma de retroceso	4-07	3	4	2	2	8	18	54	Semicrítico
Llanta	4-08	3	10	1	3	3	16	48	Semicrítico

Tabla 9  
*Jerarquización de riesgo del Camión furgón*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Motor	5-01	3	10	1	3	3	16	48	Semicrítico
Sistema de frenos	5-02	3	10	2	3	8	31	93	Crítico
Filtros	5-03	3	4	1	3	3	10	30	Semicrítico

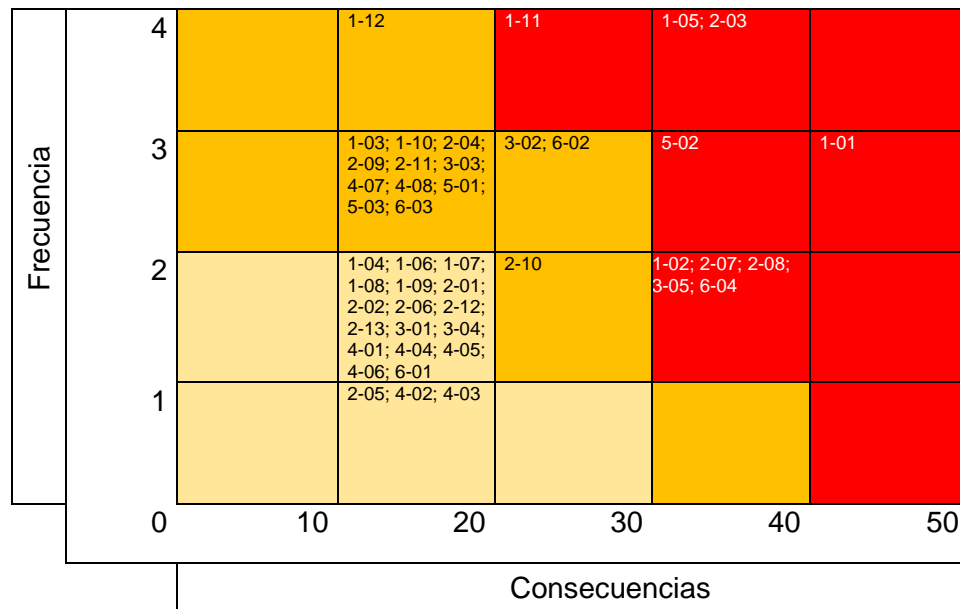
Tabla 10

*Jerarquización de riesgo del Camión grúa*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO DE SEGURIDAD</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>JERARQUIZACIÓN</b>
Bomba de agua	6-01	2	10	1	3	6	19	38	No crítico
Sistema eléctrico	6-02	3	10	2	3	6	29	87	Semicrítico
Filtros	6-03	3	4	1	3	3	10	30	Semicrítico
Cilindro hidráulico	6-04	2	10	3	3	6	39	78	Crítico

Las fallas funcionales son ubicadas en la matriz de riesgo según su criticidad. En la Figura 19 se observa la clasificación acorde a frecuencia y consecuencias.

**Figura 19**  
Matriz de riesgo de fallas de los vehículos de acarreo



Con base en los resultados de la Figura 19, se determinó 25 fallas con criticidad media y alta. Siete de estas corresponden al cargador frontal, siete al volquete, tres al montacarga, dos al camión cisterna, tres al camión furgón y tres al camión grúa (Anexo 14).

#### 4.1.2. Detalles operacionales

La minera Veta Dorada tiene a cargo el procesamiento metalúrgico de materiales auríferos. En la Figura 20 se observa el desarrollo del proceso.

**Figura 20**  
Procesamiento metalúrgico



- **Acopio:** El material aurífero extraído es recibido en los centros de acopio, lugar donde se almacena y, posteriormente, llevado al procesamiento metalúrgico.
- **Chancado:** Durante este proceso intervienen máquinas que se encargan de triturar la roca a través de movimientos vibratorios a razón de convertirlas en partículas más reducidas.
- **Molienda:** Se efectúa una actividad similar de chancado, diferenciándose en que se reduce aún más las partículas con ayuda de equipos vibratorios y molinos.
- **Lixiviación:** Se aplica una solución cianurada la cual tiene por función la disolución del material aurífero. Es recibido por tanques de agitación y adsorción a través de carbón activado, luego es bombeado directo hacia la cancha de relaves.

- **Refinación:** El material es separado de otros componentes que no tengan naturaleza aurífera para así obtener oro puro.

Una vez refinado el material aurífero, este es trasladado al laboratorio químico, lugar donde se procesa el mineral a razón de conseguir un producto con un mayor nivel de pureza. Además, la minera Veta Dorada cuenta con otras zonas que brindan soporte directo o indirecto a la planta de producción y los recursos involucrados como:

- **Mantenimiento mecánico y eléctrico:** Lugar en donde se almacenan repuestos, equipos y herramientas necesarios para el mantenimiento de la maquinaria.
- **Seguridad y salud ocupacional, medio ambiente:** Esta área tiene el objetivo de salvaguardar la seguridad y la salud de los trabajadores, así como también garantizar la preservación y cuidado del medio ambiente. Almacena equipos de seguridad y protección personal, instrumentos para analizar el impacto ambiental, entre otros.
- **Vigilancia:** Corresponde a los puestos de vigilancia y monitoreo.
- **Cocina:** Es la zona en donde se almacenan y preparan los alimentos que posteriormente serán consumidos por los trabajadores.

## Vehículos de acarreo


La minera Veta Dorada cuenta con vehículos de acarreo que permiten el traslado de las rocas que serán recibidas en los centros de acopio. En la Tabla 11 se presenta la cantidad de estos equipos.

Tabla 11  
*Vehículos de acarreo de la minera Veta Dorada*

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cargador frontal</b>	2
<b>Volquete</b>	4
<b>Montacarga</b>	1
<b>Camión cisterna</b>	1
<b>Camión Furgón</b>	1
<b>Camión grúa</b>	1

En la Minera Veta Dorada, estos vehículos cumplen la función de reunir, levantar, cargar y colocar las rocas y minerales con el objetivo llevarlos hacia el procesamiento metalúrgico. En la Tabla 12 se detalla el papel que cada uno de estos vehículos cumple.

Tabla 12  
*Lista de vehículos de acarreo*

<b>Vehículo</b>	<b>Marca</b>	<b>Función</b>	<b>Apariencia</b>
<b>Cargador frontal N° 1 y 2</b>	Yutong	Carga el mineral hacia los volquetes, los cuales suministran a los circuitos de chancado N° 1, 2 y 3.	

<b>Volquete N° 1, 2 y 3</b>	Dongfeng	Traslada el mineral chancado de los circuitos 1 y 2 hacia la cancha de minerales. Luego, traslada el mineral chancado hacia la cancha Blending de mineral (circuito 3).	
<b>Volquete N° 4</b>	Volkswagen	Traslada el carbón activado de planta a balanza y de balanza hacia el área de refinería.	
<b>Monta-carga</b>	Heli	Carga y transporta materiales de gran peso y tamaño a través de una plataforma que se desliza a lo largo de dos guías rígidas paralelas.	
<b>Camión cisterna</b>	Yutong	Suministra agua a diversas áreas, riego de los caminos para disminuir el polvo y mejor operatividad de los equipos pesados.	
<b>Camión Furgón</b>	Volkswagen	Transporta insumos químicos, repuestos, EPP, herramientas, entre otros, y tiene en stock todos los materiales necesarios para las tareas que se realizan en planta.	
<b>Camión grúa</b>	Yutong	Realiza trabajos de izaje, el cual le permite tener mayor independencia a la hora de cargar y descargar material.	

Nota: (Anexo 4 al 10).

La depreciación de estos vehículos se describe en la Tabla 13.

Tabla 13  
Depreciación de los vehículos de acarreo

<b>Vehículo</b>	<b>Año de instalación</b>	<b>Costo (en US\$)</b>	<b>Vida útil aproximada</b>	<b>Depreciación anual (en US\$)</b>
<b>Cargador frontal N°1</b>	2016	210.500,00	7 años	30.071,43
<b>Cargador frontal N°2</b>	2016	210.500,00	7 años	30.071,43

<b>Volquete N°1</b>	2016	148.000,00	7 años	21.142,86
<b>Volquete N°2</b>	2016	118.000,00	7 años	16.857,14
<b>Volquete N°3</b>	2016	126.000,00	7 años	18.000,00
<b>Volquete N°4</b>	2016	124.050,00	7 años	15.506,25
<b>Montacarga</b>	2016	11.870,00	10 años	1.187,00
<b>Camión cisterna</b>	2016	46.500,00	10 años	4.650,00
<b>Camión furgón</b>	2016	45.800,00	10 años	4.580,00
<b>Camión grúa</b>	2016	55.400,00	10 años	5.540,00

---

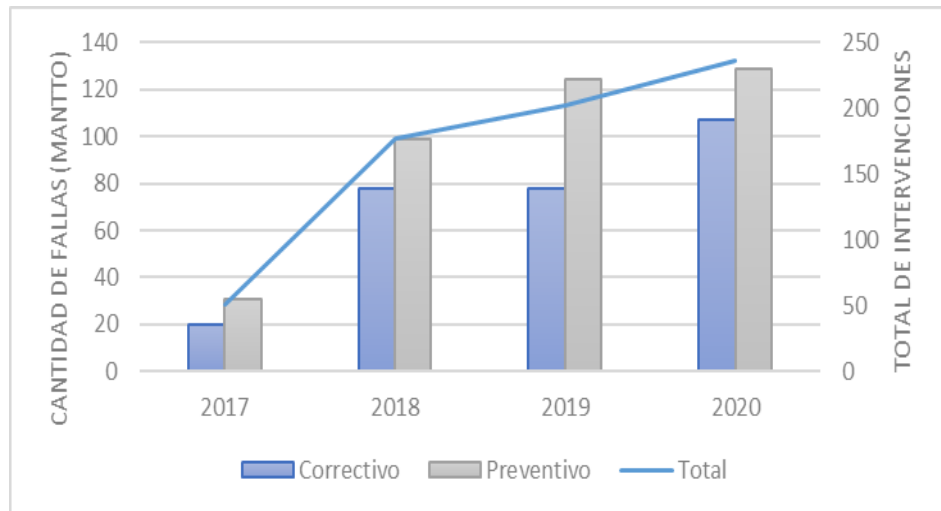
Nota: (Anexo 11).

#### **4.1.3. Disponibilidad de los vehículos de acarreo antes de aplicar el RCM**

Los vehículos de acarreo han presentado una creciente cantidad de fallas y, consecuentemente, un incremento en las horas de mantenimiento. En las Figuras 21 y 22 se revela el comportamiento de este aspecto en los periodos anuales del 2017 al 2020.

**Figura 21**

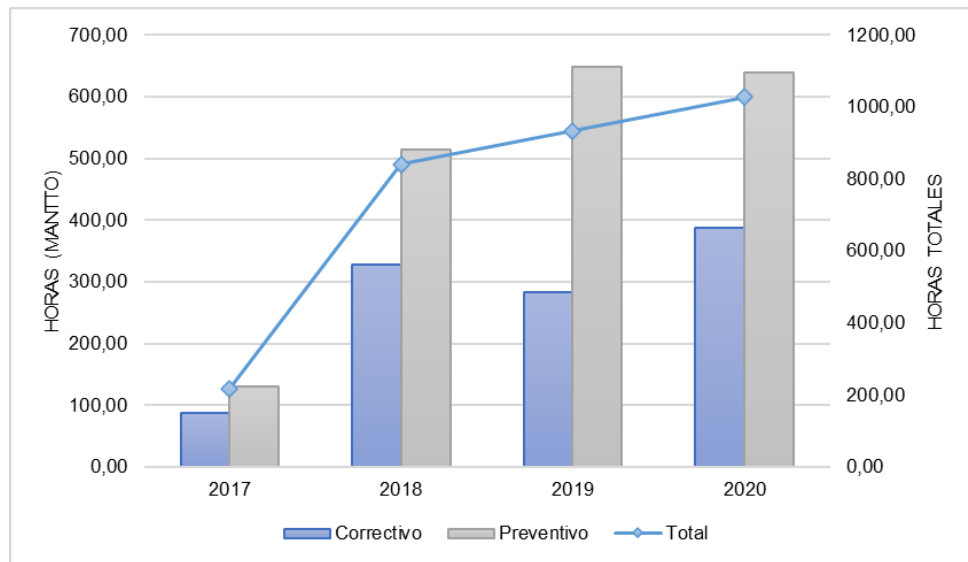
*Cantidad de fallas presentadas en los vehículos, 2017 a 2020*



De acuerdo a la Figura 21, los vehículos sufrieron un incremento de fallas comparando los años 2017 y 2018. Esto se ve relacionado con la adquisición de nuevos equipos en el año 2017 y cuyo mantenimiento no era tan exigente como comenzó a serlo a partir de los periodos siguientes.

**Figura 22**

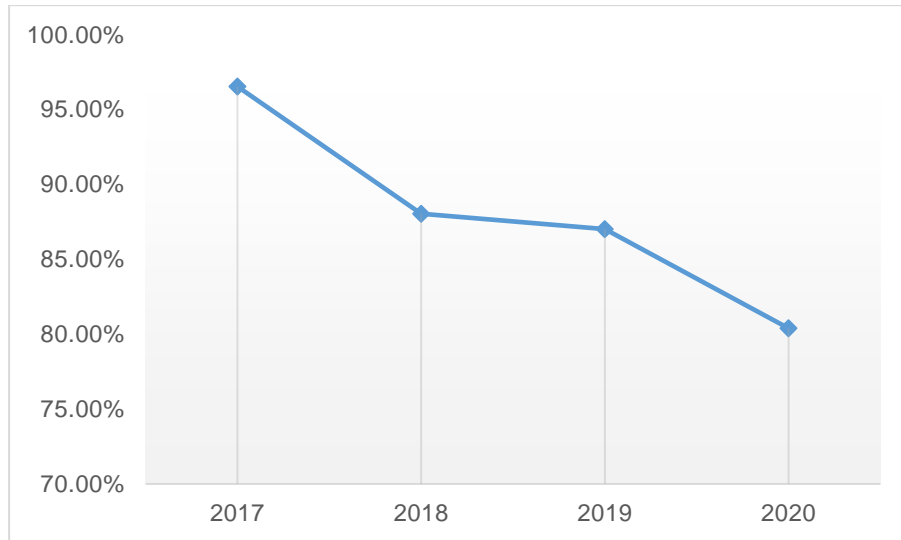
*Horas de mantenimiento de los vehículos de acarreo, 2017 a 2020*



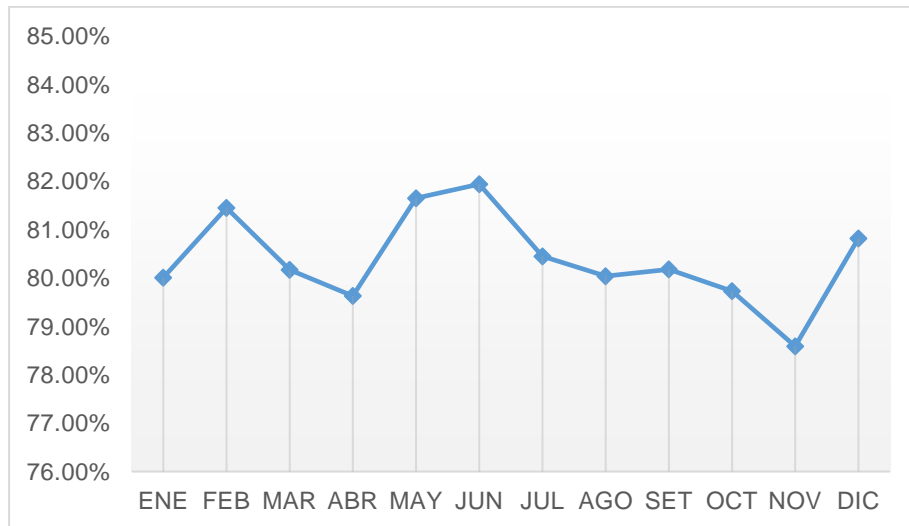
En la Figura 22 se visualiza un comportamiento a la elevación debido al aumento de fallas. Uno de los motivos por el que en el año 2018 pareció triplicarse la cantidad de horas fue a causa de un mayor grado de complejidad en las tareas de mantenimiento.

En retrospectiva, el mantenimiento preventivo superó el comportamiento del mantenimiento correctivo mas no de forma idónea puesto que las cantidades de tareas correctivas tienen una alta presencia. Las Figuras 23 y 24 presentan los niveles de disponibilidad desde el año 2017 al 2020.

**Figura 23**  
*Disponibilidad de los vehículos de acarreo, periodos 2017 a 2020*



**Figura 24**  
*Disponibilidad de los vehículos de acarreo, año 2020*



La disponibilidad de los vehículos de acarreo se ha visto afectada. Como se puede notar en la Figura 23, la disponibilidad ha descendido de 96% a 80%

aproximadamente en los últimos cuatro años, limitando el aprovechamiento de los equipos y reduciendo los beneficios para la compañía minera.

Además, en el último año, los niveles de disponibilidad han tenido altibajos. De acuerdo a la Figura 24, ha habido periodos mensuales en los que los vehículos de acarreo presentaron más necesidades de mantenimiento y, en consecuencia, un mayor tiempo para los procesos de reparación o reposición.

#### **4.2. ESTRUCTURA DE INFORMACIÓN DE RCM APLICADO A LOS VEHÍCULOS DE ACARREO**

El diagnóstico sentó las bases sobre las que se desarrolló la estrategia basada en el enfoque RCM. Para tratar las 25 fallas identificadas como críticas, se propone el Plan de Mantenimiento RCM. La Hoja Resumen sintetiza estas fallas, codificando las funciones, las fallas funcionales y los modos de falla según el componente a evaluar (Anexo 15).

Seguidamente, se desarrolló la Hoja de Decisión RCM para cada vehículo de acarreo (desde la Tabla 14 hasta la Tabla 19), estableciendo un total de 64 tareas que la compañía minera debería cumplir en función de mejorar su mantenimiento.

Tabla 14  
 Hoja de decisión - vehículo Cargador frontal

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de			Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	S	S				S					Revisión de los pernos de ajuste que unifican la cuchilla de lampón con el brazo hidráulico.	1 técnico
1	A	2	S	N	N	S	S						Verificación del buen estado de la cuchilla y búsqueda de zonas de desgaste. Cambio de cuchilla de cargador frontal.	6 técnicos
2	A	1	N					S					Verificación del buen estado de la bomba de freno y búsqueda de fugas de líquido de freno y potenciales roturas.	2 técnicos
2	A	2	S	S				S					Cambio de bomba.	2 técnicos
3	A	1	S	S				S					Limpieza y extracción de partículas de polvo y rocosas de la pastilla de freno.	2 técnicos
3	A	2	S	S				S					Cambio de pastilla.	2 técnicos
4	A	1	S	S				S					Verificación del estado de la llanta sin cortes.	2 técnicos
4	A	2	S	N	S			S					Verificación de la presión del neumático.	2 técnicos
4	A	3	S	N	N	S	S						Cambio de la llanta.	4 técnicos
5	A	1	S	N	S			S					Limpieza y secado de los faros	1 técnico
5	A	2	S	N	S			S					Revisión del estado de los faros.	1 técnico
6	A	1	S	N	N	S	S						Revisión del estado del filtro de aceite hidráulico.	2 técnicos
6	A	2	S	N	N	S	S						Reemplazo de las tuberías del sistema hidráulico.	3 técnicos
7	A	1	S	N	N	S	S						Reemplazo de los filtros de aire.	2 técnicos
7	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado del filtro de líquido lubricante.	2 técnicos
7	A	3	S	N	N	S	S						Cambio del filtro de líquido lubricante.	2 técnicos

Tabla 15  
 Hoja de decisión - vehículo Volquete

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de			Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
8	B	1	S	S				S					Verificación del estado de la llanta sin cortes.	2 técnicos
8	B	2	S	N	S			S					Verificación de la presión del neumático.	2 técnicos
8	B	3	S	N	N	S	S						Cambio de la llanta.	4 técnicos
9	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza y extracción de partículas de polvo en el filtro de aire.	1 técnico
9	B	2	S	N	N	S	S						Cambio de filtro de aire.	2 técnicos
10	B	1	S	N	N	S	S						Revisión y limpieza del sistema de frenos.	3 técnicos
10	B	2	S	S				S					Verificación de la regulación del sistema de frenos.	1 técnico
10	B	3	S	S				S					Revisión del estado de las mangueras. Cambio de mangueras.	2 técnicos
10	B	4	S	S				S					Verificación del nivel adecuado de líquido de frenos.	2 técnicos
11	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la tolva y extracción de residuo mineral.	4 técnicos
11	B	2	S	N	N	S	S						Verificación del buen estado del sistema eléctrico de la tolva.	3 técnicos
11	B	3	S	N	N	S	S						Verificación del buen estado del sistema hidráulico.	3 técnicos
12	B	1	S	N	N	S	S						Verificación del ajuste de los pernos del cable de batería.	2 técnicos
12	B	2	S	N	N	S	S						Limpieza del óxido y polvo de corrosión de la batería.	2 técnicos
13	B	1	S	S				S					Revisión del filtro de líquido refrigerante. Cambio del filtro.	2 técnicos
13	B	2	S	N	N	S	S						Revisión del filtro de aceite de motor. Cambio del filtro.	2 técnicos
14	B	1	S	N	S			S					Limpieza y secado de los faros.	1 técnico

Tabla 16  
 Hoja de decisión - vehículo Montacarga

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de			Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
15	C	1	S	S				S					Verificación del estado de la llanta sin cortes.	2 técnicos
15	C	2	S	N	S			S					Verificación de la presión del neumático.	2 técnicos
15	C	3	S	N	N	S	S						Cambio de la llanta.	4 técnicos
16	C	1	S	N	N	S	S						Verificación de la cantidad suficiente de combustible.	1 técnico
16	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	2 técnicos
16	C	3	S	N	N	S	S						Verificación de la cantidad suficiente de líquido lubricante.	1 técnico
17	C	1	S	N	N	S	S						Verificación de la elongación normal de la cadena.	1 técnico
17	C	2	S	N	N	S	S						Ajuste de la cadena.	
17	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza del óxido y lubricación de la cadena.	1 técnico
17	C	3	S	N	N	S	S						Verificación de la estructura de la cadena.	1 técnico
													Cambio de la cadena.	

Tabla 17  
 Hoja de decisión - vehículo Camión cisterna

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de			Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
18	D	1	S	N	S		S						Revisión del switch de la caja de cambio. Cambio del switch.	1 técnico
19	D	1	S	S			S						Verificación del estado de la llanta sin cortes.	2 técnicos
19	D	2	S	N	S		S						Verificación de la presión del neumático.	2 técnicos
19	D	3	S	N	N	S	S						Cambio de la llanta.	4 técnicos

Tabla 18  
 Hoja de decisión - vehículo Camión furgón

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de			Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
20	E	1	S	S			S						Revisión del filtro de líquido refrigerante. Cambio de filtro.	2 técnicos
20	E	2	S	N	N	S	S						Revisión del filtro de aceite de motor. Cambio de filtro	2 técnicos
21	E	1	S	N	N	S	S						Revisión y limpieza del sistema de frenos.	3 técnicos
21	E	2	S	S			S						Verificación de la regulación del sistema de frenos.	1 técnico
21	E	3	S	S			S						Verificación del nivel adecuado de líquido de frenos.	2 técnicos
22	E	1	S	N	N	S	S						Verificación de la cantidad de combustible.	1 técnico
22	E	2	S	N	N	S	S						Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	2 técnicos

Tabla 19  
 Hoja de decisión - vehículo Camión grúa

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3			Tareas a falta de				Tareas propuestas	Realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
23	F	1	S	N	N	S	S							Verificación del buen estado de la caja de fusibles. Cambio de la caja de fusibles.	1 técnico
23	F	2	S	N	N	S	S							Verificación del buen estado de los terminales. Reemplazo de terminales de arrancador.	1 técnico
24	F	1	S	N	N	S	S							Verificación de la cantidad suficiente de combustible.	1 técnico
24	F	2	S	N	N	S	S							Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	2 técnicos
24	F	3	S	N	N	S	S							Verificación de la cantidad de líquido lubricante.	1 técnico
25	F	1	S	N	N	S	S							Limpieza de óxido los filtros y tubos del brazo hidráulico y extracción de partículas de polvo y residuo mineral.	3 técnicos
25	F	2	S	N	N	S	S							Verificación del estado de los sub componentes del cilindro hidráulico. Desmonte del brazo hidráulico y reemplazo de las piezas. Revisión del sistema hidráulico.	4 técnicos
25	F	3	S	N	N	S	S							Verificación de ausencia de fricción durante la operación. Revisión de fuga o falta de aceite hidráulico	2 técnicos
25	F	4	S	N	N	S	S							Revisión de fuga o falta de líquido lubricante.	2 técnicos

Con base en la Hoja de Decisión, se formuló el Plan de Mantenimiento para los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada (Anexo 16). Esta propuesta tiene

la intención de mejorar su disponibilidad a través de la asignación de nuevos tiempos de mantenimiento para los equipos identificados como críticos.

El Plan de Mantenimiento está dirigido a los modos de falla que urgen ser corregidos mas no a todos los vinculados a cada vehículo. En el análisis de modos y efectos de falla (que puede ser visto en la Figura 21) se encontraron 113 modos de falla, los cuales fueron registrados a partir entre los años 2017 y 2020. No obstante, con el análisis de criticidad, esta cifra se redujo dado que solo algunas de estas fallas tuvieron una aparición frecuente. En la Tabla 20 se observa un resumen de las fallas discriminadas por vehículo.

Tabla 20  
*Resumen de fallas de vehículos*

<b>Vehículo</b>	<b>Modos de falla</b>	<b>Fallas críticas</b>
Cargador frontal	29	16
Volquete	33	18
Montacarga	13	9
Camión cisterna	17	4
Camión furgón	8	8
Camión grúa	13	9
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>64</b>

De acuerdo a la Tabla 20, los vehículos que presentaron una mayor cantidad de fallas críticas fueron el cargador frontal y el volquete. No obstante, el resto de

vehículos son igualmente precarios porque las fallas críticas cubrieron en su mayoría los modos de falla registrados.

En síntesis, el Plan de Mantenimiento se enfocó en 64 fallas de seis clases de vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada. En su mayoría, las acciones a realizar parten de la revisión periódica del componente para después, de acuerdo a los resultados, proceder a efectuar una solución. De esta manera, revisar y verificar se convierten en ejes clave para la conservación y mantenimiento de los vehículos puesto que no se experimentará una mayor cantidad de imprevistos ni se pondrá en riesgo la producción minera.

El plan incluye los materiales y herramientas a utilizar, según lo requerido por la tarea. Si la actividad se reduce a una inspección para registrar el estado de funcionamiento del componente, el trabajador necesitará el habitual equipo de protección personal y una hoja de inspección. Por otra parte, si la actividad resulta más complicada que requiere el cambio de filtros o llantas, el trabajador necesitará desde recursos simples para mantenimiento hasta herramientas de soporte que faciliten la labor.

La frecuencia de cada tarea es adjuntada al plan, se consideró la exigencia del vehículo en el área de acarreo y el territorio en donde debe desenvolverse. Además, se incluyó el estado del vehículo (detenido o en funcionamiento) y la

duración aproximada de la tarea, la cual podría variar según las condiciones del equipo, la destreza del técnico y otros factores.

El resto de fallas que no fue considerado en el plan es clasificado como parte del mantenimiento correctivo por su poca, casi nula, aparición en los últimos años. Por lo tanto, en la Tabla 21 se observa la cuantificación de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 21  
*Actividades preventivas y correctivas*

<b>Vehículo</b>	<b>Mantenimiento preventivo</b>	<b>Mantenimiento correctivo</b>
Cargador frontal	16	13
Volquete	19	15
Montacarga	8	4
Camión cisterna	5	13
Camión furgón	9	0
Camión grúa	11	4
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>49</b>

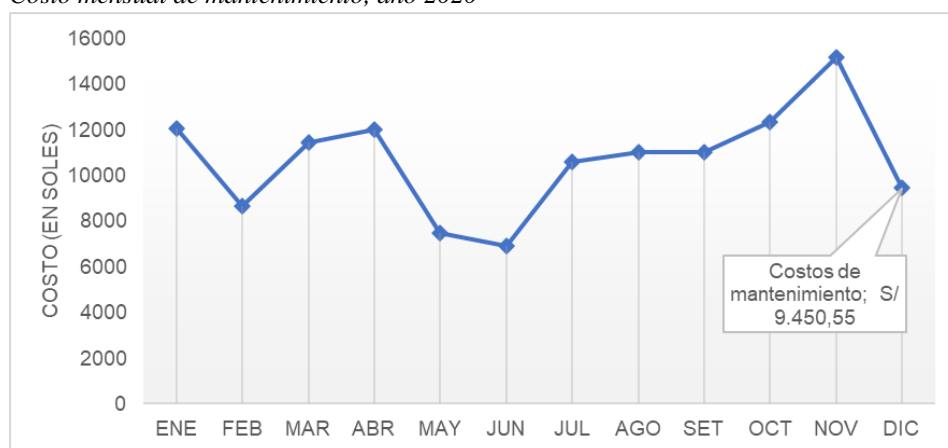
La Tabla 21 cuantifica las actividades de mantenimiento preventivo adjuntos en el Plan de Mantenimiento. También se encuentran los modos de fallo que no tienen tanta relevancia ni pusieron en peligro la fluidez de la producción, por ello, se les aplicará un mantenimiento correctivo.

Como parte del Plan de Mantenimiento, se construyó y analizó el presupuesto, el cual consideró el costo generado por la consecución de cada tarea (Anexo 17), sumando un total de S/ 56 757,00 soles por año.

En comparación con el monto invertido en periodos anteriores, el costo propuesto de mantenimiento evidencia un descenso en el aspecto económico de los vehículos de acarreo.

En la Figura 25 se muestra el comportamiento de los costos mensuales de mantenimiento en el área de acarreo que, al término del año 2020, sumó un total de S/ 128 080,01.

**Figura 25**  
*Costo mensual de mantenimiento, año 2020*



Generalmente, el capital invertido en el mantenimiento de los equipos de acarreo tiene una gran participación con respecto a lo invertido en el resto de áreas.

En el Anexo 20 se puede observar los costos que abarcaron los equipos de acarreo en noviembre del 2020 en comparación con equipos de otros procesos.

Tomando en consideración los costos generados en el último año y los de la propuesta, se percibe una reducción nominal y porcentual, como se describe en la Tabla 22.

Tabla 22  
*Variación del costo anual de mantenimiento*

<b>Variación nominal</b>	<b>Variación porcentual</b>
-S/ 71 322,78	-56%

#### **4.3. CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD EN LOS VEHÍCULOS DE ACARREO**

Para determinar la mejora de la disponibilidad de los vehículos de acarreo, se establecen las horas invertidas en mantenimiento frente a las horas que la minera proyecta para la producción en los siguientes cinco años.

En primera instancia, con la frecuencia y duración de cada actividad determinada en el Plan de Mantenimiento, se calcula el tiempo total para el mantenimiento en un periodo anual. Considerando 52 semanas, el tiempo invertido para cada vehículo se desarrolla en la Tabla 23.

Tabla 23  
*Tiempo de mantenimiento de vehículos de acarreo, por año*

<b>Vehículo</b>	<b>Tiempo</b>	
	<b>En minutos</b>	<b>En horas</b>
Cargador frontal	5370	89,50
Volquete	6490	108,17
Montacarga	4370	72,83
Camión cisterna	1080	18,00
Camión furgón	4110	68,50
Camión grúa	4430	73,83

*Nota:* Elaboración con base en el Anexo 19.

Existen tres tipos de actividades cuya frecuencia es “cada **104** semanas”, es decir, aproximadamente cada dos años. Estas tareas implican la reposición de piezas que se previene que hayan alcanzado su vida útil antes de que los vehículos presenten errores durante la producción. Considerando este ítem, en la Tabla 24 se cuantifican las horas de mantenimiento totales.

Tabla 24  
*Horas de mantenimiento, por año*

<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>430,83</b>	560,83	430,83	560,83	430,83

Finalmente, se establece las horas a invertir en la producción en la Tabla 25, dato proyectado en el plan de producción por la minera.

Tabla 25  
Horas de producción, por año

<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>11400</b>	11438	11362	11476	11400

Con esta información, en la Tabla 26 se procede a medir los tiempos vinculados con la disponibilidad de los vehículos:

Tabla 26  
Tiempo disponible para la producción

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021*</b>	<b>2022*</b>	<b>2023*</b>	<b>2024*</b>	<b>2025*</b>
<b>TMEF (h)</b>	118,67	34,96	30,94	17,86	161,31	159,96	160,75	160,52	161,31
<b>TPPR (h)</b>	4,27	4,75	4,62	4,36	6,34	8,25	6,34	8,25	6,34
<b>Disponibilidad</b>	96,53%	88,03%	87,01%	80,39%	96,22%	95,10%	96,21%	95,11%	96,22%

Nota: (\*) = Año proyectado

Acorde a la Tabla 26, el tiempo medio entre fallas oscila entre 159 y 161 horas, lo que quiere decir que no aparecerían fallas críticas en los vehículos de acarreo en un periodo aproximado de 10 días laborables. Por otra parte, el tiempo promedio para reparar se encuentra en un intervalo de 6 a 9 horas, alcanzando a una jornada laboral; si bien esto puede significar un día menos de producción por la revisión, verificación, reparación y/o cambio de los elementos, el TMEF compensa con una producción continua.

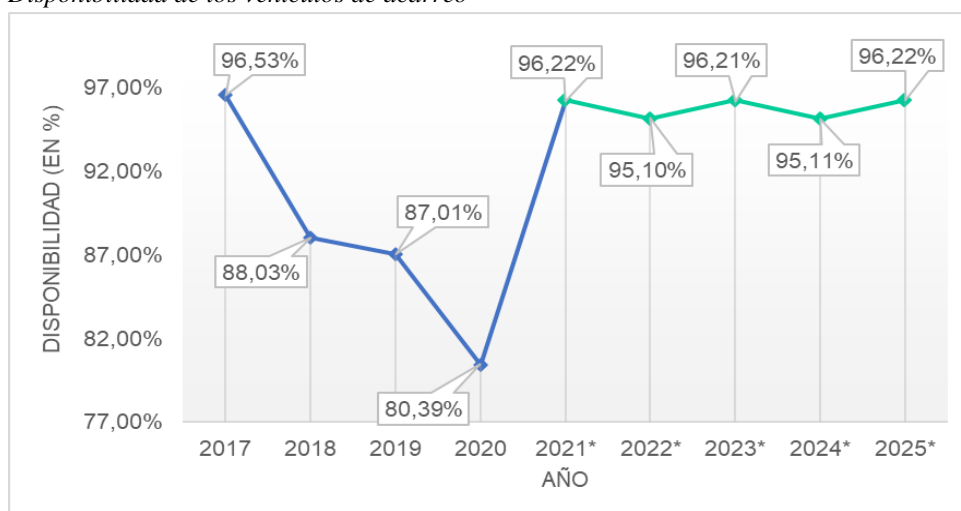
## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 5.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

En la Figura 26 se observa que la disponibilidad alcanza el 96,22%, incrementándose en 15,83% a favor del procesamiento del mineral. Para el siguiente año se proyecta un nivel de disponibilidad de 95,10% a razón de que se requiere cambiar piezas de gran magnitud que sufren un desgaste por la continua labor como, por ejemplo, la cuchilla de lampón. Con la implementación del plan de mantenimiento, se detiene la tendencia negativa que los vehículos de acarreo han presentado en los últimos cuatro años y se pretende regresar a los niveles que experimentó la minera en el año 2017.

**Figura 26**  
*Disponibilidad de los vehículos de acarreo*



Nota: (\*) = Año proyectado

En el anexo 16 se detallan las actividades a realizar para mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo.

## 5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la hipótesis del presente trabajo realizado tenemos dos alternativas:

Ho: La implementación de un Plan de Mantenimiento RCM no incrementa la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

H1: La implementación de un Plan de Mantenimiento RCM incrementa la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.

La prueba se realiza según los valores de la Tabla 27.

Tabla 27  
*Comparación de la disponibilidad sin RCM y con RCM*

	Disponibilidad Sin RCM				Disponibilidad con RCM				
	2017	2018	2019	2020	2021*	2022*	2023*	2024*	2025*
<b>TMEF (hrs)</b>	118,67	34,96	30,94	17,86	161,31	159,96	160,75	160,52	161,31
<b>TPPR (hrs)</b>	4,27	4,75	4,62	4,36	6,34	8,25	6,34	8,25	6,34
<b>Disponibilidad</b>	<b>96,53%</b>	<b>88,03%</b>	<b>87,01%</b>	<b>80,39%</b>	<b>96,22%</b>	<b>95,10%</b>	<b>96,21%</b>	<b>95,11</b>	<b>96,22</b>

*Nota:* (\*) = Año proyectado

Se realizó la prueba de T-Student cuando la data es menor que 30 entonces se tiene mediante el Software Statgraphics, donde rechaza la hipótesis nula.

Tabla 28  
*Prueba T-Student*

	<b>SIN RCM</b>	<b>CON RCM</b>
Recuento	4	5
Promedio	87,99	95,77
Desviación estándar	6,62454	0,60891
Coefficiente de variación	7,52874%	0,63579%
Mínimo	80,39	95,10
Máximo	96,53	96,22
Rango	16,14	1,12
Sesgo estandarizado	0,342495	-0,555509
Curtosis estandarizada	0,605181	-1,52091

### **Prueba t para comparar medias**

Hipótesis nula:  $media1 = media2$

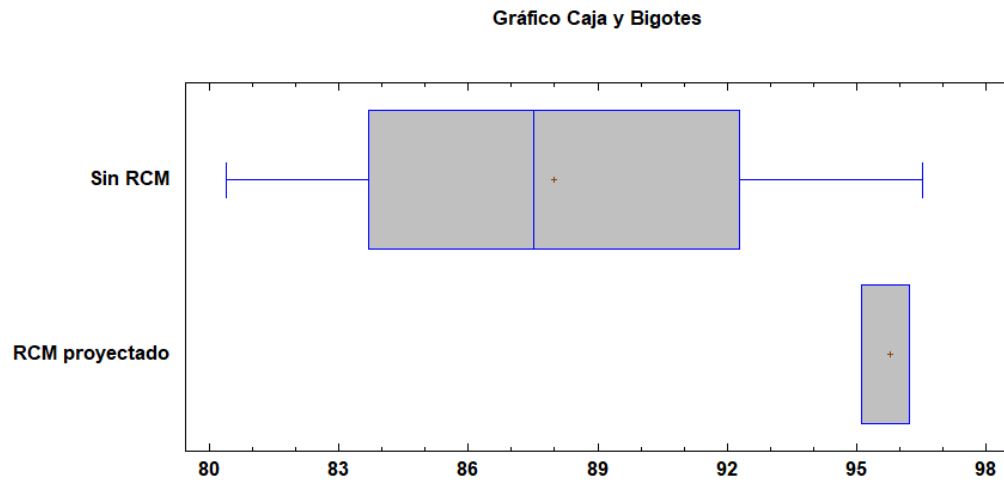
Hipótesis Alt.:  $media1 \neq media2$

suponiendo varianzas iguales:  $t = -2,66002$  valor-P = 0,0324661

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

En la Figura 27 la caja de bigotes muestra las medias, que es mayor con el RCM proyectado, los cuales pone en evidencia el incremento de la disponibilidad.

**Figura 27**  
*Gráfico caja y Bigotes*



Entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa H1, con un P-valor de 3,25% de error.

### 5.3. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio evidencian la necesidad de efectuar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo en 80,39% a 96,22%. Este descubrimiento coincide con lo hallado por varios investigadores, cuyas unidades de estudio se enfocaron también en el ámbito minero y la aplicación de un plan RCM. Desarrollando una investigación no experimental, se encuentran tres investigadores que proyectaron la mejora del indicador. Vilca (2018) pronosticó que la disponibilidad de una flota de equipos de cargadores subterráneos crecería de 89% a 92%. Palomino et al. (2020) analizaron una flota de equipos pesados y minicargadoras y proyectaron el aumento de la disponibilidad general de 76% a 81% gracias a un plan de mantenimiento híbrido entre enfoques RCM y TPM. También está Chacaliaza y Eybis (2020) quienes propusieron un plan RCM para una retroexcavadora, una excavadora y un volquete minero, proyectando la mejora de la disponibilidad mecánica de 84% a 94%.

Utilizando un diseño pre experimental y experimental, por otra parte, otros estudios confirmaron el éxito de la implementación del plan de mantenimiento RCM. Casachagua (2017) determinó que un plan RCM para 336 excavadoras que participaban en el procesamiento del mineral aumentó la disponibilidad mecánica de 81% a 90%. Medrano (2020) estableció que la disponibilidad de una flota de

vehículos de acarreo Scooptram aumentaba de 84,7% a 96,9% gracias a la implementación de la estrategia RCM. Escarcena y Carrillo (2019) lograron incrementar de 75,82% a 83% la disponibilidad de equipos Bolter para mina. Sin embargo, la mejor propuesta fue la de Mendoza y Urbe (2020) porque, después de evaluar los grupos electrógenos Caterpillar de una distribuidora de equipos para mina, obtuvieron un crecimiento de 73% a 92%, traduciéndose a una mejora del 19%.

Comparando con procesos de producción y elementos pertenecientes a otras industrias, los resultados de la presente investigación también concuerdan. Por ejemplo, para el sector alimentario, hubo tres estudios que alcanzaron una mejora significativa. Cotos y Mejía (2020) analizaron los equipos de peletizado de una planta de alimento balanceado y proyectaron el incremento de la disponibilidad de 84,74% a 91,53% como mínimo y 99,54% como máximo. Geldrés (2019) se enfocó en el mezclador de una dosificadora, planificando el crecimiento del nivel de disponibilidad de 92,94% a 97,85%. Alfaro (2016), por su parte, realizó un plan RCM para las máquinas Super Cavemill de una planta de golosinas, obteniendo un incremento de 74,6% a 78,3%. En el sector construcción, Palomino y Tokumori (2020) ejecutaron un plan RCM para los equipos pesados de una empresa que alquila dichos activos, logrando que la disponibilidad cambiara de 85% a 90%.

Hasta este punto, sin tomar en cuenta a Alfaro (2016), Escarcena y Carrillo (2019), los estudios, y la presente investigación, procuraron elevar el nivel de disponibilidad de 90% a más porque es la tasa esperada. Un rendimiento inferior afectaría otros aspectos de la empresa como productividad y utilidades.

Con la propuesta del plan de mantenimiento RCM, el indicador de tiempo medio entre fallas o TMEF aumentó de 17,86 a 161,31 horas por año. El cambio luce abrupto, pero coincide con el estudio de Mendoza y Urbe (2020) que identificó que el TMEF de los grupos electrógenos aumentó de 150 a 270 horas; asimismo, Medrano (2020) identificó el incremento de 55,02 a 133,37 horas para una flota de equipos Scooptram. En menor proporción, el indicador de los equipos pesados creció de 24,62 a 30,08 horas (Palomino y Tokumori, 2020); el indicador de equipos de peletizado se elevó de 9,93 a 23,17 horas (Cotos y Mejía, 2020). Por otro lado, los resultados de la presente investigación no concuerdan con otras: el plan RCM de Vilca (2018) mantuvo constante el indicador TMEF para equipos de carguío y transporte, el cual fue de 720 horas. También no coincide con la investigación de Guillen y Reyna (2020) quienes hallaron una disminución de 4149 a 2094 horas para calderos de una empresa azucarera, hecho que se traduciría a una menor duración para una producción continua.

En cuanto al indicador tiempo promedio para reparación o TPPR, este estudio identificó un aumento de 4 a 8 horas por año. Este hecho no coincide con

otros estudios. En menor proporción, Mendoza y Urbe (2020) encontraron que el TPPR se redujo de 28 a 21 horas, Vilca (2018) estableció una disminución de 79,25 a 70 horas y Medrano (2020) determinó la reducción de 9,59 a 4,23 horas. En mayor proporción, Guillen y Reyna (2020) identificaron que dicho tiempo descendió de 406 a 109 horas. Esto podría interpretarse como la necesidad de un menor tiempo para reparar por una mayor cantidad de actividades de mantenimiento. Sin embargo, la presente investigación propone actividades cuyas duraciones son desde 10 minutos hasta 260 minutos, lo cual evidencia una gran brecha.

Evidentemente, un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos, máquinas u otros activos. Ser consciente de las fallas y del hecho de que algunas de estas podrían afectar la producción continua ayuda a la generación de un plan más acertado y, por ende, más ajustado a la realidad, según las circunstancias particulares de los equipos y la empresa. Por lo tanto, este estudio respalda la efectividad del método RCM y refleja la mejora en los vehículos de acarreo de una minera.

Por último, se compara la variación en los costos de mantenimiento alcanzada por esta propuesta y otros estudios similares. La presente investigación denota una reducción de costos a S/ 56 757,00 y un ahorro anual de S/ 71 322,00 lo que se traduce en un descenso del 56%. Todas las investigaciones, en conjunto con la presente, coinciden en que un plan RCM también incide positivamente en los

costos que debe solventar la empresa estudiada. Sin embargo, existe un sesgo en los descubrimientos debido a que unos demarcan la recuperación de menos del 50% lo presupuestado y otros denotan el ahorro de más de la mitad. Por ejemplo, los estudios de Vilca (2018) y Álvarez (2018) evidenciaron una reducción moderada en los costos de 20% y 32%, respectivamente; de forma nominal, Palomino y Tokumori (2020) identificaron un ahorro de S/ 311 235,00 por horas extras y horas paradas. Sin embargo, son Villacrés (2016) y Alfaro (2016) quienes demuestran un descenso más marcado. Por un lado, Villacrés (2016) indicó una recuperación del 80% de los gastos en el mantenimiento de una flota de vehículos hidrocleaners. Por otro lado, Alfaro (2016) identificó el ahorro por paradas de 6,3 millones de dólares en una planta de golosinas. Si bien S/ 56 757,00 no parece una cifra tan relevante a comparación de lo señalado por los dos últimos autores, esta cantidad simboliza el 44% del total que la Minera Veta Dorada normalmente costea.

La formulación de tareas preventivas enfocadas en las fallas críticas de los vehículos de acarreo previene un gasto futuro de mayor monto monetario, por ello, es coherente que el Plan de Mantenimiento RCM ayude no solamente al aspecto operacional sino al económico. El presente estudio no hace más que ratificar la conveniencia de adoptar la metodología RCM para la construcción de planes de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

Se determinó que con la implementación del Plan de Mantenimiento RCM mejoró la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada porque, basándose en el nivel de disponibilidad del año 2020 que fue 80,39%, se pronosticó que su implementación aumentaría en 15,83% y 14,71% para el primer y segundo año, respectivamente. Una vez realizada la prueba de T-Student, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ , con un P-valor de 3,25% de error. De igual forma la caja de bigotes nos muestra las medias, en donde indica que es mayor la disponibilidad aplicando el mantenimiento RCM.

Se describió los 10 vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada que brindan soporte para el traslado de material minero a los centros de acopio. En el año 2017, dichos vehículos registraron una disponibilidad total de 96,53%; sin embargo, a finales del año 2020, dicho indicador disminuyó en 16,14% a causa del aumento de actividades de mantenimiento y su respectiva duración.

Se implementó el Plan de Mantenimiento RCM enfocado en los vehículos de acarreo, en donde se identificó 113 modos de falla, de los cuales 64 se denominan “críticas”. Para estas últimas, se formularon 68 actividades de mantenimiento tipo preventivas, dejando 49 modos de falla para el mantenimiento correctivo (por su poca frecuencia e impacto operacional). Este plan alcanza a ahorrar S/ 71 322,78 en costos anuales de mantenimiento.

Se determinó el nivel de disponibilidad de los vehículos de acarreo que resultó del Plan de Mantenimiento RCM se elevaría a 96,2%

Para el primer, tercer y quinto año proyectado; asimismo, dicho nivel ascendería a 95,1% para el segundo y cuarto año proyectado.

## **RECOMENDACIONES**

Con base en los hallazgos de esta investigación, se recomienda a los directivos de la Minera Veta Dorada:

Poner en marcha el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para los 10 vehículos de acarreo puesto que aumentaría su disponibilidad y, simultáneamente, las toneladas de mineral procesado. Esto no solamente repercutiría en una mejor conservación de los vehículos, sino que se traduciría en un mayor rendimiento operacional y económico.

Formular un análisis RCM y un plan de mantenimiento para otros equipos y máquinas que posee la minera a razón de identificar otras tantas fallas críticas que pasan desapercibidas y puedan afectar el plan de producción.

Realizar un nuevo Plan de Mantenimiento RCM para los vehículos de acarreo en cinco años más adelante (coincidiendo con el término de la vida útil de algunos de los vehículos) para reestablecer la criticidad de las mismas fallas e identificar otras tantas que pudieron surgir con el paso del tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro Solis, R. (2016). Implementación de un Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas Nestlé Perú. *[Tesis de Pregrado]*. Universidad Tecnológica de Lima Sur, Villa el Salvador. Obtenido de

[http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/477/1/Alfaro\\_Rene\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2016.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/477/1/Alfaro_Rene_Trabajo_Suficiencia_2016.pdf)

Alvarez Delgado, R. (2018). Propuesta de Plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016. *[Tesis de Pregrado]*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7595>

Ballesteros, S., Gómez, N. y Robles, W. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. *Revista Matices Tecnológicos*, 12, 45-51.

Behar, D. (2008). Metodología de la Investigación . *Shalom*.

Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M. y Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Revista Científica*, 23(1),

51-59. Obtenido de  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Resumen%3A%20El%20mantenimiento%20centrado%20en,satisfacci%C3%B3n%20del%20usuario%20o%20propietario.>

Casachagua, C. (2017). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1652/TESIS%20MECANICA%202017%20%20CESAR%20CASACHAGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chacaliaza, Y. y Eybis, E. (2020). *Aplicación de la metodología RCM mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos de carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca 2021*. Universidad Privada del Norte, Lima.

Cotos, J. y Mejía, L. (2020). Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una planta de alimento balanceado en La Libertad, Trujillo. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad César Vallejo, Trujillo, Obtenido de

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64166/Cotos\\_BJG-Mejia\\_BLC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64166/Cotos_BJG-Mejia_BLC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Diestra, J. P., Esquiviel, L. y Guevara, R. (2017). Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para optimizar la Disponibilidad Operacional de la máquina con mayor criticidad. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(1), 1-10. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530/505>

Escarcena, C. y Carrillo, R. (2019). *Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de sostenimiento Bolter*. Universidad Nacional del Callao.

Geldres Marchena, R. (2019). Propuesta de mejora del sistema de Gestión de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23416/Geldres%20Marchena%20Ronald%20Ra%c3%bal.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Gómez, F. (2019). *Plan de gestión de mantenimiento de equipos pesados de perforación y acarreo para mejorar la disponibilidad mecánica*. Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

González Fernández, J. (2015). *Teoría y práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: Fundacion Confemetal.

Guerra, E. y Oca, A. (2019). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 45, 14-21. doi:10.15446/rbct.n45.68711

Guillen Casamayor, E. y Reyna Vásquez, W. (2020). Sistema de mantenimiento RCM con el fin de optimizar la disponibilidad de equipos del área de calderos en una empresa azucarera. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad César Vallejo, Trujillo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51134/Guillen\\_CET-Reyna\\_VWA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51134/Guillen_CET-Reyna_VWA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gutiérrez Gallego, J. (2008). *Desarrollo de una metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para líneas de transmisión en alta tensión*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Hernández, R., Fernández, R. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta Edición ed.). McGraw Hill.

IAEA. (2008). *Application of Reliability Centred Maintenance to optimize operation and maintenance in nuclear power plants*. IAEA in Austria.

Obtenido de [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1590\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1590_web.pdf)

Klimasauskas, R. (2005). *Mantenimiento en minería*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/mineria.pdf>

Llamba, W. (2014). Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la central Hidráulica Illuchi N°2. [*Para optar el Título de Ingeniero en Electromecánica*]. Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador.

Macedo, D. y López, F. (2020). *Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho-Perú, utilizando RCM*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Mantenimiento Planificado. (2005). Obtenido de RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: [http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos\\_rcm\\_archivos/ariel%20ZYLBEBERBERG/RCM\\_Scorecard\\_overview.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/ariel%20ZYLBEBERBERG/RCM_Scorecard_overview.pdf)

Medrano, J. A. (2020). *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los Scooptram LH307 en una minera subterránea, Huaraz 2019*. Universidad César Vallejo, Lima.

Mendoza Alcarraz, P. y Urpe Pareja, A. (2020). Implementación de la metodología RCM en el área Rental de la empresa Unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrógenos OLYMPIAN - CATERPILLAR. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25077/SUFICIENCIA%20MENDOZA\\_URPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25077/SUFICIENCIA%20MENDOZA_URPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mesa, D., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Revista Scientia et Technica*, XII(30), 155-160.

MINEM. (2020). *2020: Minería peruana, motor de crecimiento en un contexto de crisis*. Boletín Estadístico Minero. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2020/BEMdic2020.pdf>

MINEM. (s.f.). Obtenido de Perú: Un país minero lleno de oportunidades: [http://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159](http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159)

Montalban, E., Arenas, E., Talavera, M. y Magaña, R. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 230-240.

Moubray, J. (2000). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. North Carolina: Edwards Brothers.

Olarte, W., Botero, M. y Cañón, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Revista Scientia Et Technica*, XVI(44), 354-356.

Palomino, A. y Tokumori, M. (2020). Propuesta para mejorar la disponibilidad de equipos en el sector construcción para una empresa de alquiler de máquinas pesadas. [Tesis de Pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653444/Palomino\\_VA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653444/Palomino_VA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Palomino, A., Tokumori, M., Castro, P., Raymundo, C. y Dominguez, F. (2020). TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1-10. doi:10.1088/1757-899X/796/1/012008

Pilco, J. (2017). *Aplicación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la productividad de máquinas perforadoras de chimeneas del área de mantenimiento, Tumi Contratistas Mineros S.A.C. Lurín 2017*. Lima: Universidad César Vallejo.

- Poveda Guevara, J. (2011). Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Desarrollo de Planes de Mantenimiento. *Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 1-6.
- Prat, M. (2014). Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital. *UPC*.  
Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf>
- Ramírez, M., Viscaíno, P. y Mera, A. (2018). Evaluación de un sistema de gestión de mantenimientocentrado en la confiabilidad (RCM). *Polo del Conocimiento*, 3(3), 148-156. doi:10.23857/pc.v3i3.635
- Espinoza, C. (2010). Metodología de investigación tecnológica (Primera ed.). *Huancayo: Imagen Grafica SAC*.
- SAE JA1011. (1999). *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*. Obtenido de <http://dl.mpedia.ir/e-books/25-%5BSAE%5DSAE-JA1011-RCM%5Bmpedia.ir%5D.pdf>
- Torell, W. y Avelar, V. (s.f.). *Mean Time Between Failure: Explanation and Standards*. APC.
- Vilca, P. (2018). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la mejora de la disponibilidad de los equipos

del sistema de carga y transporte en una empresa minera, Lima 2018. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15227/Vilca%20Yaranga%2c%20Peter.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villacrés Parra, S. (2016). Desarrollo de un Plan de Mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento basado en la Confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa EP. [*Tesis de Pregrado*]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4749/1/20T00717.pdf>

Zavala Medina, C. (2018). Plan de Mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operación Mantoverde. [*Tesis de Pregrado*]. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40797/3560900257693UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<b>General</b>	<b>General</b>	La implementación de un Plan de Mantenimiento RCM incrementa la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.	<b>VI:</b> Implementación de mantenimiento RCM  <u>Dimensiones:</u> - Hoja de decisión RCM II - Plan de mantenimiento	<u>Método:</u> Sistémico <u>Tipo:</u> Tecnológico <u>Nivel:</u> Aplicado <u>Diseño:</u> Descriptivo longitudinal <u>Enfoque:</u> Cualitativo y cuantitativo  <u>Técnicas e instrumentos:</u> - Análisis documental: Ficha de revisión documental (anexo 2) - Entrevista: Guía de entrevista (anexo 3)  <u>Procesamiento de datos:</u> Análisis descriptivo con Microsoft Excel  <u>Población y muestra:</u> 10 vehículos de acarreo
¿De qué manera la implementación de un Plan de Mantenimiento RCM puede mejorar la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?	Determinar en qué medida la implementación de un Plan de Mantenimiento RCM mejora la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.			
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>		<b>VD:</b> Disponibilidad  <u>Dimensiones:</u> - Cálculo de disponibilidad operativa	
¿Cuál es la situación actual de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?	Describir la situación actual de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.			
¿Cómo brindar soporte para las fallas más críticas que presentan los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?	Implementar un Plan de Mantenimiento basado en la metodología RCM para los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.			
¿Cómo afecta el Plan de Mantenimiento RCM a la disponibilidad de los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC?	Determinar el nivel de disponibilidad que resulta de la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM en los vehículos de acarreo de la Minera Veta Dorada SAC.			

## Anexo 2. Ficha de revisión documental

Fecha:

Responsable:

Marcar con una (X) según el documento que posea o no el área de mantenimiento sobre equipos de acarreo de la Minera Veta Dorada:

Nro.		SÍ	NO	NO DISPONIBLE
1	Plan de mantenimiento general			
2	Plan de mantenimiento preventivo			
3	Diagrama de procesos de mantenimiento preventivo			
4	Diagrama de procesos de mantenimiento correctivo			
5	Registro de tareas de mantenimiento específicas			
6	Registro de costos de mantenimiento			
7	Manual de mantenimiento para los equipos de acarreo			


### **Anexo 3. Guía de entrevista**


Cargo:

Fecha:

1. ¿Con cuántos vehículos de acarreo cuenta la minera? ¿Qué tipo de vehículos son?
2. ¿Qué tan importantes son para el procesamiento del mineral?
3. ¿La minera cuenta con programas de mantenimiento? ¿Qué tan efectivo han sido dichos programas para los vehículos?
4. ¿Cuáles son las principales fallas que presentan los vehículos?
5. A su punto de vista, ¿considera que es necesario reestructurar el plan de mantenimiento formulado por la minera?

## Anexo 4. Ficha técnica de Vehículos 1 y 2: Cargador frontal


	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------

	<p>Su función principal del cargador frontal en la planta es cargar mineral hacia los volquetes, quienes las suministran a los circuitos de chancado N° 1, 2 y 3.</p>
--	---

<b>EQUIPO</b>	CARGADOR FRONTAL N° 1
<b>TAG</b>	EAU-CFR-001

Ubicación del Equipo		Alto	3450MM
Ubicación	ACOPIO	Largo	8705MM
Area	ACARREO	Ancho	3130MM
Datos de la Unidad de Equipo		Peso Neto	20.2 TON
Fecha de Instalación	2016	Tamaño de los neumáticos	23.5 - 25 - 20PR
Redundación de Equipo	2	Presión de los neumáticos (MPa)	0,37 ~ 0,39
Características Técnicas de la maquinaria		Tipo de freno	disco hidrostáticos
Marca	YUTONG	Diámetro del disco de freno (mm)	536
Modelo	966H	Características del motor	
N° Serie	CHQ185F8	Marca	Dong feng
Año de fabricación	2015	Modelo	SC11CB255G2B1
Capacidad del cucharón	4.5m <sup>3</sup>	N° de motor	C9154001275
Carga nominal	6 TON	Potencia	187 KW
Tipo de combustible	diesel	Velocidad (rev/min)	2200
Tipo de Transmisión	automatica	Familia del motor	G2SDECL1045C04
Potencia	187 Kw	Banda de poder	130 - 568 kw
Duración del ciclo hidráulico	12.8 seg.	N° Cilindros	6
Vel. de desplazamiento (km/h) 1°	0 ~ 4.89	N° de ciclos	4 tiempos
Vel. de desplazamiento (km/h) 2°	0 ~ 9.71	Par a max. carga (N/m / rev/min)	≥969 / 1400
Vel. de desplazamiento (km/h) 3°	0-21.25	Número de cilindros del actuador - diámetro x carrera del pistón (mm)	2 (100 X 375)
Vel. de desplazamiento (km/h) 4°	0-42.25	Peso (kg)	960
Tracción trasera I-II (km/h)	0 ~ 9.71		
Tracción trasera III-IV (km/h)	0-42.25		
Max. ángulo de subida de la máquina cargada	25°		

## Anexo 5. Ficha técnica de Vehículos 3, 4 y 5: Volquete

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------



La función del camión volquete es trasladar el mineral chancado de los C-1 y C-2 hacia la cancha de minerales, posteriormente traslada el mineral chancado hacia la cancha Blending de mineral C-3.

<b>EQUIPO</b>	CAMION VOLQUETE
TAG	EAU-VOL-001


Ubicación del Equipo	
Ubicación	ACOPIO
Area	ACARREO
Datos de la Unidad de Equipo	
Fecha de Instalacion	2016
Redundacion de Equipo	4
Placa	ANJ-722

Longitud (mts)	8.15
Altura (mts)	3.15
Ancho (mts)	2.50
Peso neto (kg)	14850
Peso bruto (kg)	42000
Carga util (kg)	27150
Capacidad de la tolva (m3)	18

Características Técnicas de la maquinaria	
Marca	DONGFENG
Modelo	DFL3251C
Serie/Chasis	F3814697
VIN	LGAX4DD39F3814697
Año de fabricación	2015
Año del modelo	2015
Version	T-LIFT PLUS
Formula rodante	6X4
Tipo de Transmision	Mecanica
Color	Blanco
Categoría	N3
N° ejes	3
Asientos	3
Pasajero	2
Ruedas	10
Carrocería	Volquete

Características del motor	
N° de cilindros	6
Cilindrada	8.900 CC
N° de motor	78161341
Potencia (Kw)	275
Vel. Angular (RPM)	2200
Tipo de combustible	Diesel

## Anexo 6. Ficha técnica de Vehículo 6: Volquete

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------



La función principal del camión volquete es trasladar el carbón de planta a balanza y de balanza a desorción, Entre otras funciones que se ameriten en la empresa.

<b>EQUIPO</b>	CAMION VOLQUETE
<b>TAG</b>	EAU-VOL-002

Ubicación del Equipo	
Ubicación	PLANTA
Area	ACARREO


Datos de la Unidad de Equipo	
Fecha de Instalación	2016
Redundación de Equipo	4
Placa	ANM-880

Características Técnicas de la maquinaria	
Marca	DONGFENG
Modelo	DF-1016L
Serie/Chasis	GH106384
VIN	LGDCSA1P7GH106384
Año de fabricación	2016
Año del modelo	2016
Version	DF-1016L PLUS
Formula rodante	4X2
Tipo de Transmision	Mecanico
Color	Blanco rojo
Categoría / Clase	N2
N° ejes	2
Asientos	3
Pasajero	2
Ruedas	6
Carrocería	Volquete

Longitud (mts)	6.295
Altura (mts)	2.87
Ancho (mts)	2.36
Peso neto (kg)	5920
Peso bruto (kg)	10500
Carga util (kg)	4580
Capacidad de la tolva (m3)	4

Características del motor	
Marca	CUMMINS
Modelo	ISBe 160-30
N° de cilindros	4
Cilindrada	3.922 CC
N° de motor	78292966
Potencia (Kw)	118
Vel. Angular (RPM)	2500
Torque (Nm)	510 a 1400 RPM
Tipo de combustible	Diesel D2
Norma de emisiones	Euro III
Bomba de inyeccion	Common Rail Bosch

## Anexo 7. Ficha técnica de Vehículo 7: Montacarga

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------




Es un equipo de elevación que sirve para cargar y transportar materiales de gran peso y tamaño. Lo hace a través de una plataforma que se desliza a lo largo de dos guías rígidas paralelas.

<b>EQUIPO</b>	MONTACARGA HELI
TAG	EAU-MCG-001

Ubicación del Equipo		Inclinación del mastil atrás	
Ubicación	PLANTA		12°
Area	PLANTA	Distancia máxima entre las horquillas del elevador (mm)	
			1020
Datos de la Unidad de Equipo		Vel. De elevación (m/min)	
Fecha de Instalación	2016		18.6
Redundación de Equipo	1	Despeje sobre el suelo (mm)	
Placa	N/A		135
		Longitud hasta las horquillas (mm)	
			2695
		Altura (mm)	
			2180
		Ancho (mm)	
			1225

Características Técnicas de la maquinaria		Características del motor	
Marca	HELI	Fabricante	Isuzu
Modelo	CPCD35	Vel. Angular (RPM)	2450
N° serie	1035104806	Potencia (Kw)	44.9
N° configuración	Q3K	Torque (Nm)	186.3
Capacidad nominal (kg)	3500	Tipo de combustible	diesel
Peso útil (kg)	4700		
N° licencia de fabricación	TS2510341-2016		
Altura de elevación (mts)	3		
Tipo de Transmisión	automatico		
Color	naranja		
N° rueda delantera	2		
N° rueda trasera	2		
Vel. Máxima (km/h)	19km/h		
Tipo de neumático delantero	28x9-15		
Tipo de neumático trasero	6.50-10 - 10PR		
Inclinación del mastil adelante	6°		

## Anexo 8. Ficha técnica de Vehículo 8: Camión cisterna

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------

	<p>La función principal del camión cisterna en la empresa es suministrar agua a las diversas áreas, riego de los caminos en la planta para disminuir el polvo, para una mejor operatividad de los equipos pesados. Entre otras funciones que se ameritan en la empresa.</p>
--	---

<b>EQUIPO</b>	CAMION CISTERNA
<b>TAG</b>	EAU-CAC-001

Ubicación del Equipo		Longitud (mts)		9.9	
Ubicación	ACOPIO	Altura (mts)	3.35		
Area	ACARREO	Ancho (mts)	2.49		
Datos de la Unidad de Equipo		Peso neto (kg)	10370		
Fecha de Instalacion	2016	Peso bruto (kg)	24990		
Redundacion de Equipo	1	Carga util (kg)	14620		
Placa	AJS-740	Capacidad del tanque (m3)	18		
Características Técnicas de la maquinaria		Características del motor			
Marca	YUTONG	Modelo del motor	C230 33		
Modelo	YTZ5252GSS20F	N° de cilindros	6		
N° Serie	BG0493F8	Cilindrada	8.300 cc		
VIN	LGHXLH4S4F6104298	N° de motor	78159043		
Modelo del chasis	EQ1251GLJ5	Potencia (Kw)	170		
Año de fabricacion	2015	Vel. Angular (RPM)	2200		
Año del modelo	2015	Tipo de combustible	Diesel		
Version	230				
Formula rodante	6X4				
Tipo de Transmision	Mecanico				
Color	Anaranjado				
Categoria / Clase	N3				
N° ejes	3				
Asientos	2				
Pasajero	1				
Ruedas	10				
Carroceria	Cisterna				

## Anexo 9. Ficha técnica de Vehículo 9: Camión furgón

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------

	<p>Su función principal del camión furgón es transportar insumos, repuestos, EPP, herramientas etc. Tener en stock todos los materiales necesarios para realizar sus respectivos mantenimiento a los equipos y el buen desempeño del trabajador.</p>
--	--

<b>EQUIPO</b>	CAMION FURGON
<b>TAG</b>	EAU-CAM-003

Ubicación del Equipo		Características del motor	
Ubicación	ALMACEN	N° de cilindros	6
Area	ALMACEN	Cilindrada	5.900 CC
Datos de la Unidad de Equipo		N° de motor	36316934
Fecha de Instalacion	2016	Potencia (Kw)	184
Redundacion de Equipo	1	Vel. Angular (RPM)	2500
Placa	COR-923	Tipo de combustible	Diesel
Características Técnicas de la maquinaria			
Marca	VOLKSWAGEN		
Modelo	CONSTELLATION		
Modelo de chasis	9535N8241CR168280		
VIN	9535N8241CR168280		
Año de fabricacion	2011		
Año del modelo	2012		
Version	24ABN4		
Formula rodante	6X2		
Tipo de Transmision	Mecanico		
Color	Blanco		
Categoría	N3		
N° ejes	3		
Asientos	2		
Pasajero	2		
Ruedas	10		
Carrocería	FURGON		

## Anexo 10. Ficha técnica de Vehículo 10: Camión grúa

	<b>FICHA TECNICA - MVD</b>
---	----------------------------

	<p>En la planta el camión grúa realiza trabajos de izaje, el cual le permite tener mayor independencia a la hora de cargar y descargar material o equipo transportado. Se utiliza con mayor frecuencia en los mantenimientos de los tanques de agitación.</p>
--	---

<b>EQUIPO</b>	CAMION GRUA
TAG	EAU-CAG-002

Ubicación del Equipo	
Ubicación	TALLER
Area	MANTENIMIENTO

Datos de la Unidad de Equipo	
Fecha de Instalacion	2016
Redundacion de Equipo	1
Placa	AJR-745

Características Técnicas de la maquinaria	
Marca	YUTONG
Modelo	YTZ5250JS021E
Modelo de chasis	DFL1250A9
VIN	LGAX4C440DC000115
Año de fabricacion	2015
Año del modelo	2015
Version	C280
Formula rodante	6X4
Tipo de Transmision	Mecanico
Color	Rojo amarillo
Categoria	N3
N° ejes	3
Asientos	2
Pasajero	1
Ruedas	10
Carroceria	Camion grua

Longitud (mts)	11.96
Altura (mts)	3.85
Ancho (mts)	2.50
Peso neto (kg)	15935
Peso bruto (kg)	31935
Carga util (kg)	16000

Características del motor	
Modelo	C280 - 33
N° de cilindros	6
Cilindrada	8.300 cc
N° de motor	87645231
Potencia (Kw)	191
Vel. Angular (RPM)	2500
Tipo de combustible	Diesel

**Anexo 11. Lista de vehículos de acarreo**

**LISTA DE MAQUINARIAS**

Item	TAG	Descripcion del Equipo	Placa	CHASIS/EQUIPO					MOTOR			Tiempo de vida útil	Costo
				Marca	Modelo	Serie	Año	Capacidad	Marca	Modelo	Pot. HP		
1	<a href="#">EAU-CFR-001</a>	Cargador Frontal N° 1	S/P	YUTONG	966H	CHQ185F8	2015	4,5 m3	Dongfeng	SC11CB255G2B1	187 kW	7-8 años	\$ 210.500,00
2	<a href="#">EAU-CFR-002</a>	Cargador Frontal N° 2	S/P	YUTONG	966H	CE0293F8	2015	4,5 m3	Dongfeng	SC11CB255G2B1	187 kW	7-8 años	\$ 210.500,00
3	<a href="#">EAU-VOL-001</a>	Camion Volquete ANJ-722	ANJ-722	DONGFENG	DFL3251C	F3814697	2015	18 m3			275 kW	7-8 años	\$ 148.000,00
4	<a href="#">EAU-VOL-002</a>	Camion Volquete ANM-880	ANM-880	DONGFENG	DF-1016L	GH106384	2016	4 m3	Cummins	ISBe 160-30	118 kW	7-8 años	\$ 118.000,00
5	<a href="#">EAU-VOL-003</a>	Camion Volquete AAE-904	AAE-904	DONGFENG	DFL3160	E1811289	2014	7 m3			198 kW	7-8 años	\$ 126.000,00
6	<a href="#">EAU-VOL-004</a>	Camion Volquete C1R-876	C1R-876	VOLKSWAGEN	17-220	9533M82T0BR111780	2011	7 m3			160 kW	7-8 años	\$ 124.050,00
7	<a href="#">EAU-CAC-001</a>	Camion Cisterna AJS-740	AJS-740	YUTONG	YTZ5252GSS20F	BG0493F8	2015	18 m3		C230 33	170 kW	10 años	\$ 46.500,00
8	<a href="#">EAU-CAG-002</a>	Camion Grúa AJR - 745	AJR - 745	YUTONG	YTZ5250JS021E	DFL1250A9	2015			C280 33	191 kW	10 años	\$ 55.400,00
9	<a href="#">EAU-CAM-003</a>	Camion Furgon COR-923	COR-923	VOLKSWAGEN	CONSTELATION	9535N8241CR168280	2012				184 kW	10 años	\$ 45.800,00
10	<a href="#">EAU-MCG-001</a>	Montacarga	S/P	HELI	CPCD35	135104806	2015		Isuzu		44,9 kW	10 años	\$ 11.870,00

Nota: Minera Veta Dorada

## Anexo 12. Registro de tareas de mantenimiento de equipos de acarreo, año 2020

Descripción Equipo	Descripción de Orden de Trabajo	Personal	Tareas realizadas	HH Totales	Observaciones
CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H	CAMBIAR CUCHILLA DE LAMPON	WALTER HINOSTROZ	se cambio cuchilla del cargador frontal.	4	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T3	WALTER HINOSTROZ	Se realizo el mantenimiento preventivo. + Se cambio aceite de motor y	5	
CAMION CISTERNA AJS-740	CAMBIAR TUBERIA FLEXIBLE DE COBRE	PERCY CHAVEZ	se cambio manguera de 10mm	3,5	Pedir conos de 10mm. + No retiene aire en el sistema, hay fu
MONTA CARGA HELI	MANTENIMIENTO DE CADENA Y LUBRICACION	PERCY CHAVEZ	Mantenimiento de cadena de levante. + Engrase general	3,5	Operativo
VOLQUETE DONGFENG ANM-880	REVISAR LUCES DE RETROCESO Y ESTACIONAMIENTO	CUSI FLORES	Se reparo luces de retroceso y estacionamiento	2	Queda operativo
CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T7	WALTER HINOSTROZ	Se realizo el mantenimiento preventivo se cambio aceite y filtros en ge	7	
CAMION CISTERNA AJS-740	CAMBIAR SERVO EMBRAGUE	WALTER HINOSTROZ	se reparo otro servoembrague usado. + quedo operativo.	3	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	CAMBIAR CUCHILLA	WALTER HINOSTROZ	se cambio cuchilla del lampon.	3	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H	VOLTEAR CUCHILLA	CARLOS HERRERA	se volteo cuchilla.	3	
VOLQUETE DONGFENG AAE-904	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T3	WALTER HINOSTROZ	se realizo mantenimiento preventivo. + se cambio aceite de motor, filtra	7	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	REVISAR FALLA DE ALARMA DE RETROCESO/REPAR MAN	YURI MEDINA	se reviso alarma de retroceso. + se cambio alarma de retroceso.	1,5	
VOLQUETE DONGFENG ANM-880	PARCHAR LLANTA POSTERIOR (DERECHO)	WALTER HINOSTROZ	se parcho camara de llanta posterior.	4	
VOLQUETE DONGFENG AAE-904	MANTENIMIENTO GENERAL DE SISTEMA DE ILUMINACION	YURI MEDINA			
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T5	CARLOS HERRERA	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite motor, filtro de aceite, con	6	
VOLQUETE VOLKSWAGEN C1R-876	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T5	CARLOS HERRERA			
VOLQUETE VOLKSWAGEN C1R-876	COLOCAR PUERTA DE LA TOLVA	CARLOS HERRERA	se coloco puerta de la tolva. + se dejo listo para dar de baja. Trasaldo	2	
VOLQUETE VOLKSWAGEN C1R-876	REVISAR SISTEMA DE ILUMINACION	CESAR ANAMPA	se coloco luz en la placa. + soldeo de cable al socket del foco. + conex	1	
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	REVISAR LUCES DIRECCIONALES	ANTONIO PRADO	se reviso luces direccionales. + se cambio foco. + se reparo cable.	3	
CAMION CISTERNA AJS-740	CAMBIAR SWITCH DE MARCHA ATRÁS (DEJAR OPERATIV	CESAR ANAMPA/PER	se instalo switch de marcha atrás (nuevo). + se realizo conexionado y	1	quedo operativo alarma de retroceso y alarma.
VOLQUETE DONGFENG ANM-880	CAMBIAR SENSOR DE TANQUE DE AIRE (TROMPO DE FRE	CESAR ANAMPA/PER	se instalo y se realizo conexionado de sensor de aire (nuevo).+ quedo	4	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T2	PERCY CHAVEZ	se realizo mantenimiento preventivo. + se cambio aceite de motor, filtra	3	
VOLQUETE DONGFENG AAE-904	CAMBIAR PINES Y BOCINAS DE LA RUEDA DELANTERA	WALTER HINOSTROZ	se cambio pines y bocinas de la rueda delantera izquierdo y derecho.	24	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	REVISAR FUGA DE ACEITE	PERCY CHAVEZ	inspeccion de cualquier fuga.	0,5	tanque de combustible con fisura.
CAMION CISTERNA AJS-740	REVISAR FALLA	PERCY CHAVEZ	se lubrico freno de motor.	0,5	
CAMION CISTERNA AJS-740	REVISAR SISTEMA DE ARRANQUE	YURI MEDINA	revision del circuito electrico y circuito de control. + revision de las bate	6	
VOLQUETE DONGFENG AAE-904	REVISAR SISTEMA DE TRANSMISION (CAJA DE CAMBIO)	PERCY CHAVEZ	revision de la falla en la caja de cambio. + se encontro terminal de caj	5	
VOLQUETE DONGFENG ANM-880	REVISAR ALARMA DE RETROCESO	YURI MEDINA	se realizo revision del sistema electrico. + se empalmo cables seccion	2	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H	CAMBIAR ACEITE DE LA CAJA DE CAMBIOS	PERCY CHAVEZ	se dreño aceite de la caja de cambios. + se inspecciono carter. + se o	3,5	
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	INSTALAR PERNO DE RETENCION DE GRASA - PIN DEL M	PERCY CHAVEZ	se cambio retenedor de grasa del pin del muñon (engrase del muñon	4,5	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	CAMBIAR PERNO DE FIJACION DEL MOTOR DE AIRE ACO	PERCY CHAVEZ	se desmonto motor del aire acondicionado. + se extrajo pernos rotos	4	operativo
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T3	PERCY CHAVEZ	se cambio aceite del motor, filtro separador, combustible. (no se cam	3,5	
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	REVISAR SISTEMA DE ARRANQUE	YURI MEDINA	se reviso el sistema electrico (fusibles, cables)	3	pendiente revision
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	VOLTEAR CUCHILLA DEL LAMPON	PERCY CHAVEZ	se volteo cuchilla del cargador frontal.	2	
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	REVISAR SISTEMA DE ARRANQUE	YURI MEDINA	revision del circuito electrico. + se cambio arrancador auxiliar.	7	porta fusible de bateria requiere cambio.
VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	FIJAR MANGUERA DEL SISTEMA DE REFRIGERACION	PERCY CHAVEZ	fijacion del soporte de mangueras del radiador. + colocacion del prote	3,5	
CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H	CAMBIAR FILTROS DE AIRE Y ACEITE	PERCY CHAVEZ	se cambio filtro de aire 1" y 2". + se cambio filtro de aceite.	2	

Nota: Minera Veta Dorada

**Anexo 13. Análisis de Modos de Falla y Efectos**

<b>Vehículo</b>	<b>Componente</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modos de falla</b>	<b>Efectos</b>
Cargador frontal	Cuchilla de lampón	La cuchilla no ejerce la misma fuerza o se encuentra deteriorada.	Pernos desajustados Desgaste	El cargador frontal no puede cargar ni trasladar las rocas o los minerales de forma eficiente.
	Bomba de freno	El frenado no es preciso ya que demora en detener el vehículo o dura más de lo efectuado por el conductor.	Fuga Desgaste	El conductor puede sufrir un accidente a causa de un mal frenado.
	Pastillas de freno	El freno está duro o produce un ruido chirriante. Además, el conductor siente una vibración al momento de frenar y tiene la sensación de que el accionar no es del todo efectivo.	Suciedad Desgaste	El conductor puede sufrir un accidente a causa de un mal frenado. Además, ocasiona pérdida de material o volcadura del cargador frontal.
	Alternador	El vehículo no arranca, las luces no se activan como debe ser y/o el sistema de climatización no funciona.	Regulador de voltaje defectuoso Desgaste de batería Luces tenues o parpadeantes	El cargador frontal no puede ser activado y llega a sufrir un desgaste más rápido.
	Llanta	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	Ruptura de la llanta Neumático desinflado Desgaste	El cargador frontal no puede ser activado ni utilizado.
	Circulina	La circulina no enciende o presenta una luz tenue.	Fundición Desgaste	Puede ocasionar un accidente a causa de baja o nula visibilidad de la maquinaria en circulación.
	Radiador	El motor presenta un aumento anormal de temperatura y expele un humo vaporoso.	Fuga de líquido refrigerante Contaminación o suciedad Mangueras desgastadas o dañadas	Sobrecalentamiento del motor de combustión.
	Limpiaparabrisas	El limpiaparabrisas no se mueve con continuidad y/o presenta partículas de polvo.	Desajuste Suciedad	La ventana delantera sucia o mojada obstaculiza la conducción del vehículo.
	Solenoides	El solenoide emite un ruido o chasquido al momento en el que el vehículo es activado.	Mal cableado Temperatura excesiva Desgaste	El cargador frontal no puede ser activado y llega a sufrir un desgaste más rápido
	Faro	El faro no enciende o emite luces tenues y/o parpadeantes.	Fundición Desgaste	La conducción nocturna del cargador frontal se ve imposibilitada.
	Sistema hidráulico	El vehículo no es capaz de alzar el lampón o de retener el peso que está cargando.	Fuga de aceite hidráulico Rotura mangueras o cañerías	El cargador frontal no puede cargar ni trasladar las rocas o los minerales.
	Filtros	El vehículo se recalienta. Existe una fricción alta y fuerte generando un alto desgaste.	Rotura Falta o fuga de líquido lubricante Desgaste	El vehículo no puede ser activado o sufre un paro durante las actividades.

Vehículo	Componente	Falla funcional	Modos de falla	Efectos
Volquete	Disco de embrague	El vehículo emite chirridos al momento de cambiar la dirección de marcha o le cuesta avanzar.	Suciedad	El conductor no puede maniobrar con soltura durante la conducción del volquete.
			Posición incorrecta	
			Desgaste	
	Caja de cambio	El vehículo huele a aceite quemado. El conductor oye ruidos al momento de cambiar de velocidad y siente que el clutch está tieso o atorado.	Fuga de aceite de transmisión	El conductor no puede realizar cambios durante el manejo del volquete.
			Deformación de las varillas de cambio	
			Desgaste	
	Llanta	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	Rotura	El volquete no puede ser activado ni utilizado.
			Neumático desinflado	
			Desgaste	
	Filtro de aire	El vehículo está consumiendo una cantidad mayor y anormal de combustible. Además, presenta un bajo rendimiento en la aceleración.	Suciedad	El volquete no funciona con la velocidad regular. Además, produce una mayor pérdida de combustible.
			Desgaste	
	Cinturón de seguridad	El cinturón sufrió una ruptura. El cinturón presenta una elongación anormal y no brinda seguridad al conductor.	Ruptura	El conductor no puede manejar el vehículo por la falta de una herramienta de seguridad.
			Elongación anormal	
	Cremallera	El vehículo emite chirridos fuertes y no es tan preciso ante las órdenes del volante. Hay un mayor desgaste en las llantas.	Fuga de líquido de dirección	El volquete no puede ser activado y las llantas sufren un desgaste más rápido.
Falta de lubricación				
Sistema de frenos	El vehículo no obedece con precisión las órdenes del conductor y se balancea de un lado al otro. El pedal se encuentra muy duro o muy esponjoso.	Suciedad	El conductor está expuesto a sufrir accidentes por la falta de precisión al frenar. Asimismo, otros trabajadores y equipos están predispuestos a sufrir accidentes.	
		Falta de regulación		
		Mangueras rotas		
		Nivel bajo del líquido de frenos		
Tolva	La tolva no se levanta y no puede descargar el montículo. Además, presenta restos de piedras y minerales.	Suciedad	Las rocas ni los minerales pueden ser descargados en el centro de acopio.	
		Sistema eléctrico no funciona		
		Sistema hidráulico no funciona		
Batería	El arranque del vehículo es lento y muy débil, e incluso, no llega a encender	Desajuste de los pernos de cable	El volquete tiene dificultades al encender.	
		Corrosión de los terminales		
Motor	Al momento de ser activado, el vehículo es brusco, produce un golpeteo y vibración.	Falta o fuga de líquido refrigerante	El volquete avanza con brusquedad y un balanceo inusual.	
		Falta o fuga de aceite de motor		
Luces o faros	El faro no enciende o emite luces tenues y/o parpadeantes.	Fundición	El conductor no avanza ni se estaciona con seguridad por falta de señales lumínicas.	
		Desgaste		
Solenoides	El solenoide emite un ruido o chasquido al momento en el que el vehículo es activado.	Mal cableado	El vehículo no puede ser activado o se detiene durante las actividades. Además, sufre de un desgaste más rápido.	
		Temperatura excesiva		
		Desgaste		
Circulina	La circulina no enciende o presenta una luz tenue.	Fundición	Puede ocasionar un accidente a causa de baja o nula visibilidad de la maquinaria en circulación.	
		Desgaste		

Vehículo	Componente	Falla funcional	Modos de falla	Efectos
Montacarga	Luces	El faro no enciende o emite luces tenues y/o parpadeantes.	Fundición	El conductor no puede avanzar ni estacionarse con seguridad por falta de señales lumínicas.
			Desgaste	
	Llanta	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	Rotura	El montacarga no puede ser activado.
			Neumático desinflado	
			Desgaste	
	Filtro	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El vehículo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	Falta de combustible	El montacarga no avanza o se detiene durante las actividades de producción.
			Suciedad	
			Falta de lubricación	
	Circulina	La circulina no enciende o presenta una luz tenue.	Fundición	Puede ocasionar un accidente a causa de baja o nula visibilidad de la maquinaria en circulación.
			Desgaste	
Cadena	La cadena del montacargas tiene una elongación muy larga a causa del constante uso, está desgastada o se percibe la presencia de óxido y corrosión.	Elongación anormal	El montacarga no puede levantar o sostener la carga.	
		Presencia anormal de óxido		
		Desgaste		
Camión cisterna	Caja de cambio	El vehículo huele a aceite quemado. El conductor oye ruidos al momento de cambiar de velocidad y siente que el clutch está tieso o atorado.	Fuga del líquido de transmisión	El conductor no puede realizar cambios durante el manejo del camión cisterna.
			Deformación de las varillas de cambio	
			Desgaste	
	Barandas de soporte	Las barandas de soporte no son firmes y están presentando un color oscuro (oxidación).	Presencia anormal de oxidación	Los trabajadores no pueden treparse para acceder a la apertura de la cisterna.
			Desgaste	
	Bomba de agua	El motor del vehículo se está sobrecalentando, e incluso los pistones puede llegar a trabarse.	Fuga de líquido refrigerante	El camión cisterna no puede ser activado.
			Desgaste	
	Válvula de paso de agua	El paso fluido del agua se ve obstaculizado por cierres o aperturas incompletas.	Ruptura	El camión cisterna pierde agua o no expelle agua con la fuerza necesaria.
			Instalación inadecuada	
	Puerta	La puerta no cierra a totalidad	Desgaste del resorte retráctil	El canal abierto permitirá que el agua se escape.
Alternador	El vehículo no arranca, las luces no se activan como debe ser y/o el sistema de climatización no funciona.	Regulador de voltaje defectuoso	El camión cisterna no puede ser activado y llega a sufrir un desgaste más rápido.	
		Desgaste de baterías		
		Luces tenues o parpadeantes		
Alarma de retroceso	La alarma no está funcionando y no avisa al conductor en el momento en que retrocede.	Switch de la caja de cambios dañado	El conductor no puede desempeñar una actividad de retroceso eficiente.	
Llanta	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	Rotura	El camión cisterna no puede ser activado.	
		Neumático desinflado		
		Desgaste		

<b>Vehículo</b>	<b>Componente</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modos de falla</b>	<b>Efectos</b>
Camión furgón	Motor	Al momento de ser activado, el vehículo es brusco, produce un golpeteo y vibración.	Falta o fuga de líquido refrigerante	El camión furgón avanza con brusquedad y un balanceo inusual.
			Falta o fuga de aceite de motor	
	Sistema de frenos	El vehículo no obedece con precisión las órdenes del conductor y se balancea de un lado al otro. El pedal se encuentra muy duro o muy esponjoso.	Suciedad	El conductor está expuesto a sufrir accidentes por la falta de precisión al frenar. Asimismo, otros trabajadores y equipos están predispuestos a sufrir accidentes.
			Falta de regulación	
			Nivel bajo de líquido de frenos	
	Filtro	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El vehículo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	Falta de combustible	El vehículo no puede ser activado o sufre un paro durante las actividades.
Suciedad				
Falta de lubricación				
Camión grúa	Bomba de agua	El motor del vehículo se está sobrecalentando, e incluso los pistones puede llegar a trabarse.	Fuga de líquido refrigerante	El camión grúa no puede ser activado.
			Desgaste	
	Sistema eléctrico	El vehículo no enciende ni puede ser activado.	Quema de caja de fusibles	El material del volquete no puede ser extraído y, por lo tanto, se detiene la producción.
			Desgaste del arrancador	
	Filtro	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El vehículo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	Falta de combustible	El vehículo no puede ser activado o sufre un paro durante las actividades.
			Suciedad	
			Falta de lubricación	
	Cilindro hidráulico	El brazo hidráulico del vehículo no puede ser maniobrado ni puede sostener el peso puesto que ha perdido fuerza.	Suciedad	El brazo hidráulico no es capaz de levantar la carga ni sostenerlos.
Desgaste				
Recalentamiento del cilindro				
Pérdida de lubricación del cilindro				
Rotura de manguera de presión hidráulica				
Desgaste de manguera de presión hidráulica				

**Anexo 14. Modos de falla de media y alta criticidad**

<b>Vehículo</b>	<b>Componente</b>	<b>Código</b>	<b>Modo de falla</b>
Cargador frontal	Cuchilla de lampón	1-01	Pernos desajustados y desgaste.
	Bomba de freno	1-02	Fuga de líquido de freno y desgaste.
	Pastilla de freno	1-03	Suciedad a causa partículas de polvo y desgaste.
	Llanta	1-05	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Faro	1-10	Fundición del foco o alcance de su vida útil.
	Sistema hidráulico	1-11	Fuga del aceite hidráulico y rotura de las tuberías.
	Filtros	1-12	Rotura de los filtros, fuga del líquido lubricante, falta de lubricación y desgaste.
Volquete	Llantas	2-03	Rotura o desinflado del neumático y desgaste.
	Filtro de aire	2-04	Suciedad a causa de partículas de polvo.
	Sistema de frenos	2-07	Suciedad, falta de regulación de frenos, manguera rota y falta de líquido de frenos.
	Tolva	2-08	Suciedad, error de funcionamiento en el sistema eléctrico e hidráulico.
	Batería	2-09	No puede ser activado por falta de energía almacenada y corrosión de terminales.
	Motor	2-10	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Faros	2-11	Fundición del foco o alcance de su vida útil
Montacarga	Llanta	3-02	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Filtros	3-03	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Cadena	3-05	Elongación anormal, presencia anormal de óxido y desgaste.
Camión cisterna	Alarma de retroceso	4-07	Interruptor dañado o switch de la caja de cambios dañado.
	Llanta	4-08	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
Camión furgón	Motor	5-01	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Sistema de frenos	5-02	Suciedad, falta de regulación de frenos, manguera rota y nivel bajo de líquido de frenos.
	Filtros	5-03	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
Camión grúa	Sistema eléctrico	6-02	Quema de la caja de fusibles y los terminales de arrancador.
	Filtros	6-03	Ruptura o desinflado del neumático y desgaste.
	Cilindro hidráulico	6-04	Suciedad, desgaste, recalentamiento del cilindro y pérdida de lubricación

**Anexo 15. Hoja resumen**

<b>Vehículo</b>	<b>Componente</b>	<b>Cod</b>	<b>Funciones</b>	<b>Cod</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Cod</b>	<b>Modos de falla</b>
Cargador frontal	Cuchilla de lampón	1	Se encarga de recoger y trasladar el material aurífero hacia los centros de acopio.	A	La cuchilla no ejerce la misma fuerza o se encuentra deteriorada.	1	Pernos desajustados
						2	Desgaste
	Bomba de freno	2	Se encarga de convertir la fuerza mecánica sobre el freno en presión hidráulica para detener el vehículo.	A	El frenado no es preciso ya que demora en detener el vehículo o dura más de lo efectuado por el conductor.	1	Fuga
						2	Desgaste
	Pastillas de freno	3	Se encarga de generar la fricción necesaria para aminorar la velocidad y/o detenerlo.	A	El freno está duro o produce un ruido chirriante. Además, el conductor siente una vibración al momento de frenar y tiene la sensación de que el accionar no es del todo efectivo.	1	Suciedad
						2	Desgaste
	Llanta	4	Se encarga de soportar el peso del vehículo y transfiere tracción.	A	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	1	Ruptura de la llanta
						2	Neumático desinflado
						3	Desgaste
	Faro	5	Se encarga de iluminar el camino del trayecto del vehículo y que otros carros puedan distinguirlo.	A	El faro no enciende o emite luces tenues y/o parpadeantes.	1	Fundición
					2	Desgaste	
Sistema hidráulico	6	Permite que el cargador frontal pueda elevar y/o maniobrar la cuchilla de lampón.	A	El vehículo no es capaz de alzar el lampón o de retener el peso que está cargando.	1	Fuga de aceite hidráulico	
					2	Rotura de mangueras o cañerías	
Filtros	7	Se encarga de proteger el motor contra el polvo y la suciedad. Además, reduce la fricción entre los componentes del motor.	A	El vehículo se recalienta. Existe una fricción alta y fuerte generando un alto desgaste.	1	Rotura	
					2	Fuga o falta de líquido lubricante	
					3	Desgaste	
Volquete	Llanta	8	Se encarga de soportar el peso del vehículo y transfiere tracción.	B	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	1	Rotura
						2	Neumático desinflado
						3	Desgaste
	Filtro de aire	9	Se encarga de retener las impurezas a razón de que no puedan acceder al motor y lo contamine.	B	El vehículo está consumiendo una cantidad mayor y anormal de combustible. Además, presenta un bajo rendimiento en la aceleración.	1	Suciedad
						2	Desgaste
	Sistema de frenos	10	Se encarga de reducir o detener el vehículo con total precisión.	B	El vehículo no obedece con precisión las órdenes del conductor y se balancea de un lado al otro. El pedal se encuentra muy duro o muy esponjoso.	1	Suciedad
						2	Falta de regulación
						3	Mangueras rotas
						4	Nivel bajo de líquido de frenos
	Tolva	11	Se encarga de recepcionar el material aurífero.	B	La tolva no se levanta y no puede descargar el montículo. Además, presenta restos de piedras y minerales.	1	Suciedad
					2	Sistema eléctrico no funciona	
					3	Sistema hidráulico no funciona	

Volquete	Batería	12	Se encarga de guardar electricidad para el momento en que el vehículo le exija.	B	El arranque del vehículo es lenta y muy débil e incluso no llega a encender	1	Desajuste de los pernos de cable
						2	Corrosión de los terminales
	Motor	13	Se encarga de transformar el calor del combustible para generar movimiento y fuerza en las ruedas a razón de que se desplacen.	B	Al momento de ser activado, el vehículo es brusco, produce un golpeteo y vibración.	1	Falta o fuga de líquido refrigerante
						2	Falta o fuga de aceite de motor
	Luces o faros	14	Se encarga de iluminar el camino del trayecto del vehículo y que otros carros puedan distinguirlo.	B	El faro no enciende o emite luces tenues y/o parpadeantes.	1	Fundición
						2	Desgaste
Montacarga	Llanta	15	Se encarga de soportar el peso del vehículo y transfiere tracción.	C	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	1	Rotura
						2	Neumático desinflado
						3	Desgaste
	Filtros	16	Se encarga de proteger el motor contra el polvo y la suciedad. Además, reduce la fricción entre los componentes del motor.	C	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El equipo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	1	Falta de combustible
						2	Suciedad
						3	Falta de lubricación
Camión cisterna	Cadena	17	Permite que el vehículo pueda alzar las horquillas y regresarlas a su lugar.	C	La cadena del montacargas tiene una elongación muy larga a causa del constante uso, está desgastada o se percibe la presencia de óxido y corrosión.	1	Elongación anormal
						2	Presencia anormal de óxido
						3	Desgaste
	Alarma de retroceso	18	Se encarga de anunciar el retroceso del vehículo para que ponga incautos a los que se encuentran alrededor.	D	La alarma no está funcionando y no avisa al conductor en el momento en que retrocede.	1	Switch de la caja de cambios dañado
	Llanta	19	Se encarga de soportar el peso del vehículo y transfiere tracción.	D	El vehículo avanza con un desbalance, ocasionando un traqueteo dentro de la cabina.	1	Rotura
						2	Neumático desinflado
					3	Desgaste	
Camión furgón	Motor	20	Se encarga de transformar el calor del combustible para generar movimiento y fuerza en las ruedas a razón de que se desplacen.	E	Al momento de ser activado, el vehículo es brusco, produce un golpeteo y vibración.	1	Falta o fuga de líquido refrigerante
						2	Falta o fuga de aceite de motor
	Sistema de frenos	21	Se encarga de reducir o detener el vehículo con total precisión.	E	El vehículo no obedece con precisión las órdenes del conductor y se balancea de un lado al otro. El pedal se encuentra muy duro o muy esponjoso.	1	Suciedad
						2	Falta de regulación
						3	Nivel bajo de líquido de frenos
	Filtro	22	Se encarga de proteger el motor contra el polvo y la suciedad. Además, reduce la fricción entre los componentes del motor.	E	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El equipo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	1	Falta de combustible
					2	Suciedad	
					3	Falta de lubricación	

Camión grúa	Sistema eléctrico	23	Permite que el vehículo pueda ser encendido y arrancado. Así como también, permite que las luces puedan ser accionadas.	F	El vehículo no enciende ni puede ser activado.	1	Quema de caja de fusibles
						2	Desgaste de terminales de arrancador
	Filtro	24	Se encarga de proteger el motor contra el polvo y la suciedad. Además, reduce la fricción entre los componentes del motor.	F	El vehículo no enciende a causa de falta de combustible. El equipo se activa con dificultad a causa de suciedad en el filtro de aire o lubricación en el filtro de aceite.	1	Falta de combustible
						2	Suciedad
						3	Falta de lubricación
	Cilindro hidráulico	25	Permite que el camión grúa sea capaz de elevar el brazo hidráulico y sostener el peso afianzado.	F	El brazo hidráulico del vehículo no puede ser maniobrado ni puede sostener el peso puesto que ha perdido fuerza.	1	Suciedad
						2	Desgaste
						3	Recalentamiento del cilindro
						4	Pérdida de lubricación del cilindro

**Anexo 16. Propuesta de Plan de mantenimiento para los vehículos de acarreo**

Componente	Actividad	Acción a realizar	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Operario	Condiciones de máquina	Duración media de trabajo (en min)	Tipo de Mantto.
<b>CARGADOR FRONTAL</b>									
Cuchilla de lampón	Revisión de los pernos de ajuste que unifican la cuchilla de lampón con el brazo hidráulico.	Revisar	EPP	Llaves de apriete	Cada semana	Técnico mecánico	Vehículo detenido	15	Preventivo
	Verificación del buen estado de la cuchilla y búsqueda de zonas de desgaste.	Verificar	EPP / Informe de inspección de la cuchilla		Cada 13 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	30	Preventivo
	Cambio de cuchilla de cargador frontal.	Cambiar	EPP / Nueva cuchilla de lampón	Destornillador / Llaves	Cada 52 semanas	Técnico mecánico y electricista	Vehículo detenido	260	Preventivo
Bomba de freno	Verificación del buen estado de la bomba de freno y búsqueda de fugas de líquido de freno y potenciales roturas.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos / Filtro de líquido de freno		Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	35	Preventivo
	Cambio de bomba de freno.	Cambiar	EPP / Nueva bomba de freno	Destornillador / Alicata / Llave inglesa	Cada 48 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
Pastilla de freno	Limpieza y extracción de partículas de polvo y rocosas de la pastilla de freno.	Limpiar	EPP / Limpiador / Desengrasante	Trapo industrial / Mechero	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	40	Preventivo
	Cambio de pastilla.	Cambiar	EPP / Nueva pastilla de freno	Destornillador / Llaves / Gato	Cada 48 semanas.	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
Llanta	Verificación de la presión adecuada de la llanta y búsqueda de rupturas o cortes.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos	Válvula / Manómetro	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	45	Preventivo
	Cambio de llantas.	Cambiar	EPP / Nueva llanta	Conos / Gato / Llave de tubo	Cada 32 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	240	Preventivo
Faros	Limpieza y secado de los faros.	Limpiar	EPP / Limpiador	Trapo industrial	Cada 2 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
	Revisión del estado de los faros.	Revisar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 2 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
Sistema hidráulico	Revisión del estado del filtro de aceite hidráulico.	Revisar	EPP / Informe de inspección del sistema hidráulico		Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	50	Preventivo
	Reemplazo de las tuberías del sistema hidráulico.	Cambiar	EPP / Tuberías	Destornillador / Llaves	Cada 12 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo

Filtros	Verificar el buen estado de los filtros.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de transmisión		Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	30	Preventivo
	Reemplazo de los filtros de aire.	Cambiar	EPP / Filtros	Llaves / Aspirador	Cada 24 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	150	Preventivo
	Reemplazo de los filtros de lubricación.	Cambiar	EPP / Filtro de lubricante	Gato / Llaves / Embudo	Cada 24 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	140	Preventivo
<b>VOLQUETE</b>									
Llanta	Verificación de la presión adecuada de la llanta y búsqueda de rupturas o cortes.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos	Válvula / Manómetro	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Cambio de llanta.	Cambiar	EPP / Nueva llanta	Conos / Gato / Llave de tubo	Cada 32 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	240	Preventivo
Filtro de aire	Limpieza y extracción de partículas de polvo en el filtro de aire.	Limpiar	EPP	Llaves / Aspirador	Cada 2 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
	Cambio del filtro de aire	Cambiar	EPP / Nuevo filtro	Destornillador / Llave de apriete / Adhesivo	Cada 24 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	150	Preventivo
Sistema de frenos	Revisión y limpieza del sistema de frenos.	Limpiar	EPP / Desengrasante / Limpiador	Trapo industrial	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
	Regulación del sistema de frenos.	Regular	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos		Cada 26 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Revisión del estado de las mangueras.	Revisar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos / Sellador		Cada 26 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	50	Preventivo
	Verificación del nivel adecuado de líquido de frenos.	Verificar	EPP	Probador de líquido de frenos	Cada 52 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
Tolva	Limpieza de la tolva y extracción de residuo mineral.	Limpiar	EPP / Limpiador / Agua	Manguera	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Verificación del buen estado del sistema eléctrico de la tolva.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 12 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Verificación del buen estado del sistema hidráulico.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema hidráulico		Cada 12 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
Batería	Verificación del ajuste de los pernos del cable de batería.	Verificar	EPP	Llaves de apriete	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	40	Preventivo
	Limpieza del óxido y polvo de corrosión de la batería.	Limpiar	EPP / Limpiador	Trapo industrial	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	70	Preventivo

Motor	Revisión del filtro de líquido refrigerante.	Revisar	EPP / Informe de inspección de sistema motor / Líquido refrigerante	Gato / Embudo	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Cambio del filtro de líquido refrigerante.	Cambiar	EPP / Nuevo filtro	Destornillador / Llave / Adhesivo	Cada 20 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
	Revisión del filtro de aceite de motor.	Revisar	EPP / Informe de inspección de sistema motor / Aceite de motor	Gato / Embudo	Cada 26 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Cambio del filtro de aceite de motor.	Cambiar	EPP / Nuevo filtro	Destornillador / Llave / Adhesivo	Cada 52 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
Faros	Limpieza y secado de los faros.	Limpiar	EPP / Limpiador	Trapo industrial	Cada 2 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
	Revisión del estado de los faros.	Revisar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 2 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
<b>MONTACARGA</b>									
Llanta	Verificación de la presión adecuada de la llanta y búsqueda de rupturas o cortes.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos	Válvula / Manómetro	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Cambio de llantas.	Cambiar	EPP / Nueva llanta	Conos / Gato / Llave de tubo	Cada 32 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	240	Preventivo
Filtro	Verificación de la cantidad suficiente de combustible.	Verificar	EPP / Combustible		Cada semana	Técnico mecánico	Vehículo detenido	30	Preventivo
	Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	Limpiar	EPP / Limpiador	Aspirador / Trapo industrial / Desengrasante	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	150	Preventivo
	Verificación de la cantidad suficiente de lubricante.	Verificar	EPP / Líquido lubricante	Embudo	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
Cadena	Verificación de la elongación normal de la cadena y ajuste.	Verificar y ajustar	EPP / Informe de inspección de sistema eléctrico	Llaves de apriete	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Limpieza del óxido y lubricación de la cadena.	Limpiar	EPP / Limpiador / Alcohol / Lubricante	Trapo industrial / Mechero	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	90	Preventivo
	Cambio de la cadena	Cambiar	EPP / Cadena	Llaves / Destornillador	Cada 48 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
<b>CAMIÓN CISTERNA</b>									
Alarma de retroceso	Revisión del switch de la caja de cambio.	Revisar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 24 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo activo	30	Preventivo
	Cambio del switch.	Cambiar	EPP / Switch de caja de cambios		Cada 104 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	120	Preventivo

Llanta	Verificación de la presión adecuada de la llanta y búsqueda de rupturas o cortes.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos	Válvula / Manómetro	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Cambio de llantas.	Cambiar	EPP / Nueva llanta	Conos / Gato / Llave de tubo	Cada 32 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	240	Preventivo
Filtro	Verificación de la cantidad suficiente de combustible.	Verificar	EPP / Combustible		Cada semana	Técnico mecánico	Vehículo detenido	20	Preventivo
<b>CAMIÓN FURGÓN</b>									
Motor	Revisión del filtro de líquido refrigerante.	Revisar	EPP / Informe de inspección de sistema motor / Líquido refrigerante	Gato / Embudo	Cada 16 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Cambio del filtro de líquido refrigerante.	Cambiar	EPP / Nuevo filtro	Destornillador / Llave / Adhesivo	Cada 20 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
	Revisión del filtro de aceite de motor.	Revisar	EPP / Informe de inspección de sistema motor / Aceite de motor	Gato / Embudo	Cada 26 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Cambio del filtro de aceite de motor.	Cambiar	EPP / Nuevo filtro	Destornillador / Llave / Adhesivo	Cada 52 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
Sistema de frenos	Revisión y limpieza del sistema de frenos.	Limpiar	EPP / Desengrasante / Limpiador	Trapo industrial	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	120	Preventivo
	Verificación de la regulación del sistema de frenos.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema de llantas y frenos		Cada 26 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Verificación del nivel adecuado de líquido de frenos.	Verificar	EPP / Líquido de frenos	Probador de líquido de frenos	Cada 52 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	50	Preventivo
Filtro	Verificación de la cantidad de combustible.	Verificar	EPP / Combustible		Cada semana	Técnico mecánico	Vehículo detenido	30	Preventivo
	Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	Limpiar	EPP / Limpiador	Aspirador / Trapo industrial / Desengrasante	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	150	Preventivo
<b>CAMIÓN GRÚA</b>									
Sistema eléctrico	Verificación del buen estado de la caja de fusibles.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 12 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	40	Preventivo
	Cambio de la caja de fusibles.	Cambiar	EPP / Caja de fusibles	Destornillador / Detector de tensión / Pinza	Cada 104 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	120	Preventivo
	Verificación del buen estado de los terminales.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema eléctrico		Cada 48 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	40	Preventivo

	Reemplazo de terminales de arrancador.	Cambiar	EPP / Terminales de arrancador	Gato / Destornillador / Llave	Cada 104 semanas	Técnico eléctrico	Vehículo detenido	80	Preventivo
Filtro	Verificación de la cantidad suficiente de combustible.	Verificar	EPP / Combustible		Cada semana	Técnico mecánico	Vehículo detenido	30	Preventivo
	Limpieza de los filtros y extracción de partículas de polvo y mineral.	Limpiar	EPP / Limpiador	Aspirador / Trapo industrial / Desengrasante	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	150	Preventivo
	Verificación de la cantidad suficiente de líquido lubricante.	Verificar	EPP / Aceite de motor	Embudo	Cada 8 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
Cilindro hidráulico	Limpieza de óxido los filtros y tubos del brazo hidráulico y extracción de partículas de polvo y residuo mineral.	Limpiar	EPP / Limpiador / Desengrasante	Trapo industrial / Aspiradora	Cada 4 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	80	Preventivo
	Verificación del estado de los sub componentes del cilindro hidráulico.	Verificar	EPP / Informe de inspección del sistema hidráulico	Llaves de apriete	Cada 20 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	60	Preventivo
	Revisión de fuga o falta de líquido lubricante.	Revisar	EPP / Aceite hidráulico / Sellador de fugas	Llave / Embudo	Cada 12 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	40	Preventivo
	Cambio de filtro de aceite hidráulico	Revisar	EPP / filtro de agua	Llave	Cada 48 semanas	Técnico mecánico	Vehículo detenido	90	Preventivo

**Anexo 17. Costos de mantenimiento**

<b>Equipo</b>	<b>Componente</b>	<b>Materiales a comprar</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
<b>CARGADOR FRONTAL</b>	Cuchilla de lampón	Pernos de la cuchilla	S/ 22,86	32	S/ 731,52
		Tuerca para la cuchilla	S/ 1,07	32	S/ 34,24
		Cuchilla de lampón	S/ 6 110,00	2	S/ 12 220,00
	Bomba de freno	Sellador de fugas	S/ 358,96	0,2 bde	S/ 71,79
		Bomba de freno	S/ 2 008,60	2	S/ 4 017,20
	Pastilla de freno	Desengrasante	S/ 34,20	0,5	S/ 17,10
		Trapo industrial	S/ 5,08	2 kg	S/ 10,16
		Pastilla de freno	S/ 308,00	2	S/ 616,00
	Llanta	Neumático	S/ 958,48	2	S/ 1 916,95
	Faros	Trapo industrial	S/ 5,08	3 kg	S/ 15,24
		Faros	S/ 450,00	1	S/ 450,00
	Sistema hidráulico	Aceite hidráulico	S/ 134,43	16 bde	S/ 2 150,88
		Filtro hidráulico	S/ 37,99	2	S/ 75,98
	Filtros	Combustible	S/ 17,35	54 gal	S/ 936,90
		Filtro de aire primario	S/ 267,65	4	S/ 1 070,60
		Filtro de aire secundario	S/ 171,76	4	S/ 687,04
Aceite de motor		S/ 227,13	1,5 bde	S/ 340,70	
Filtro de aceite de motor		S/ 25,89	4	S/ 103,56	
<b>VOLQUETE</b>	Llanta	Neumáticos delanteros y traseros	S/ 958,48	8	S/ 7 667,80
	Filtro de aire	Filtro de aire primario	S/ 267,65	4	S/ 1 070,60
		Filtro de aire secundario	S/ 171,76	4	S/ 687,04
	Sistema de frenos	Desengrasante	S/ 34,20	0,5 bde	S/ 17,10
		Trapo industrial	S/ 5,08	1 kg	S/ 5,08
		Líquido de frenos	S/ 25,50	1	S/ 25,50
	Batería	Limpiador	S/ 46,97	0,2	S/ 9,39
		Trapo industrial	S/ 5,08	1 kg	S/ 5,08
	Motor	Líquido refrigerante	S/ 163,70	1 bde	S/ 163,70
		Filtro refrigerante	S/ 75,60	1	S/ 75,60
		Aceite de motor	S/ 816,72	1,5 bde	S/ 1 225,08
		Filtro de aceite de motor	S/ 96,25	2	S/ 192,50
	Faros	Combustible	S/ 17,35	40	S/ 694,00
		Trapo industrial	S/ 5,08	1 kg	S/ 5,08
	Faros	S/ 389,40	1	S/ 389,40	
<b>MONTACARGA</b>	Llanta	Neumáticos delanteros y traseros	S/ 329,93	4	S/ 1 319,72
	Filtro	Combustible	S/ 17,35	55 gal	S/ 954,25
		Filtro de combustible	S/ 24,76	1	S/ 24,76
		Aceite de motor	S/ 172,48	2 bde	S/ 344,96
	Cadena	Trapo industrial	S/ 5,08	3 kg	S/ 15,24
		Alcohol	S/ 37,84	1	S/ 37,84
		Lubricante	S/ 45,00	1	S/ 45,00
Cadena		S/ 217,05	5 m	S/ 1 085,25	
<b>CAMIÓN CISTERNA</b>	Alarma de retroceso	Switch	S/ 380,47	1	S/ 380,47
	Llanta	Neumático	S/ 936,44	10	S/ 9 364,40
	Filtro	Combustible	S/ 17,35	31 gal	S/ 537,85
<b>CAMIÓN FURGÓN</b>	Motor	Líquido refrigerante	S/ 163,70	2 bde	S/ 327,40
		Filtro refrigerante	S/ 75,60	1	S/ 75,60
		Aceite de motor	S/ 172,48	2 bde	S/ 344,96
		Filtro de aceite de motor	S/ 27,95	2	S/ 55,90
	Sistema de frenos	Desengrasante	S/ 34,20	0,5 bde	S/ 17,10
		Trapo industrial	S/ 5,08	2 kg	S/ 10,16
		Líquido de frenos	S/ 25,50	1 bde	S/ 25,50
	Filtro	Combustible	S/ 17,35	38 bde	S/ 659,30
		Desengrasante	S/ 34,20	0,5 bde	S/ 17,10
		Trapo industrial	S/ 5,08	2 kg	S/ 10,16

<b>CAMIÓN GRÚA</b>	Sistema eléctrico	Caja de fusibles	S/ 450,00	1	S/ 450,00	
		Terminales de arrancador	S/ 355,00	1	S/ 355,00	
	Filtro	Combustible	S/ 17,35	30 gal	S/ 520,50	
		Filtro de combustible	S/ 24,76	1	S/ 24,76	
		Desengrasante	S/ 34,20	0,5	S/ 17,10	
		Trapo industrial	S/ 5,08	2 kg	S/ 10,16	
		Aceite de motor	S/ 172,48	2 bde	S/ 344,96	
		Desengrasante	S/ 34,20	0,5	S/ 17,10	
	Cilindro hidráulico	Trapo industrial	S/ 5,08	2	S/ 10,16	
		Aceite hidráulico	S/ 142,18	11 bde	S/ 1 563,98	
		Sellador de fugas	S/ 358,96	0,2 bde	S/ 71,79	
		Filtro de agua	S/ 19,99	1	S/ 19,99	
	<b>COSTO TOTAL</b>					<b>S/ 56 757,23</b>

*Nota:* Los precios refieren al Registro de insumos para mantenimiento de la Minera Veta Dorada, cuyo formato puede ser apreciado en el Anexo 18.

Anexo 18. Registro de compra de insumos para mantenimiento, año 2020

Descripción de Material	UND	COSTO MN	Cant. Calc.	Costo	AREA	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	Responsable	TIPO DE OT	SECCION
CUCHILLA PARA CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	UND	6354,40	1,0	6354,40	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	W. HINOSTROZA	PREV	MECANICO
PERNO CUCHILLA DE 1" X 3" GRADO 8	UND	13,85	8,0	110,80	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	W. HINOSTROZA	PREV	MECANICO
TUERCA P/CUCHILLA 1"	UND	3,39	8,0	27,12	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	W. HINOSTROZA	PREV	MECANICO
CORREA DE VENTILADOR (8PK 1227)	UND	88,75	1,0	88,75	ACARREO	EAU-VOL-001	VOLQUETE DONGFENG ANJ-722	W. HINOSTROZA	CPRO	MECANICO
FILTRO DE PETROLEO P550881 YUTONG 956 H	UND	46,57	2,0	93,14	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C. HERRERA	PREV	MECANICO
FILTRO DE ACEITE P553771 YUTONG 956 H	UND	24,21	2,0	48,41	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C. HERRERA	PREV	MECANICO
FILTRO SEPARADOR WK 1060/1 YUTONG	UND	70,86	1,0	70,86	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C. HERRERA	PREV	MECANICO
TRAPO INDUSTRIAL	KG	2,20	3,0	6,60	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C. HERRERA	PREV	MECANICO
LIQUIDO DE FRENOS	UND	24,54	2,0	49,09	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C. HERRERA	PREV	MECANICO
CAMARA PARA LLANTA DELANTERA (8.15-15) NHS MONT. HELLY-K-3	UND	44,55	1,0	44,55	ACARREO	EAU-MCG-001	MONTA CARGA HELI	C.HERRERA	PREV	MECANICO
FILTRO COMBUSTIBLE 20//DFL 1120-1140-3160 - FF5612 - FF5485	UND	62,67	1,0	62,67	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	D. CHOQUE	PREV	MECANICO
ACEITE RIMULA 15W40	UND	215,45	1,0	215,45	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF- 5421 ( 2R0 127177B )	UND	89,94	1,0	89,94	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE ACEITE LF16015	UND	34,19	1,0	34,19	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE AIRE PRIMA%SECUN A751// 3160 KINGRUN 20 (10148000)	UND	170,95	1,0	170,95	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO SEPARADOR FS 1212	UND	22,34	1,0	22,34	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE FS19816	UND	75,70	1,0	75,70	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
TRAPO INDUSTRIAL	UND	2,20	2,0	4,40	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FLASHER DE 24 V.	UND	43,01	1,0	43,01	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	C.ANAMPA	CPRO	ELECTRICO
CINTURON RETRACTIL 3 PUNTOS PILOTO Y COPOLITO - VOLQUETE VOI	UND	39,89	1,0	39,89	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	C.HERRERA	CPRO	MECANICO
PERNO ALLEN C/AVELLANADA M8 X 15MM PASO 1.25	UND	1,66	10,0	16,62	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	C.HERRERA	CPRO	MECANICO
ABRAZADERA DE 1/4" INOX PARA MANGUERA	UND	3,61	10,0	36,07	ACARREO	EAU-VOL-003	VOLQUETE DONGFENG AAE-904	C.HERRERA	CPRO	MECANICO
ALTERNADOR DE 24VDC C. FRONTAL 966H N° 2	UND	899,72	1,0	899,72	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	B.GOMEZ	PREV	MECANICO
FILTRO HIDRAULICO CRE030FV1	UND	433,71	1,0	433,71	ACARREO	EAU-VOL-005	VOLQUETE VOLKSWAGEN BBF-701	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO SEPARADOR WK 1060/1 YUTONG	UND	67,08	1,0	67,08	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE PETROLEO P550881 YUTONG 956 H	UND	46,25	2,0	92,50	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE ACEITE P553771 YUTONG 956 H	UND	23,59	2,0	47,19	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE AIRE PRIMARIO CARG. YUTONG 956H (2)	UND	276,17	1,0	276,17	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO CARG. YUTONG 956H (2)	UND	166,08	1,0	166,08	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
ACEITE RIMULA 15W40	BDE	215,45	1,5	323,18	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
ACEITE SHELL SPIRAX S3 ATF MD3 BALDE X 5 GLNS	BDE	488,40	2,0	976,80	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
ACEITE SHELL 85W/140	BDE	344,38	4,0	1377,51	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
REFRIGERANTE AKRON	BDE	219,96	4,0	879,82	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
TRAPO INDUSTRIAL	KG	2,20	5,0	11,00	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
PASTILLA DE FRENO P/CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H-I	UND	296,74	8,0	2373,89	ACARREO	EAU-CFR-004	CARGADOR FRONTAL YUTONG 956H N° 1	P.CHAVEZ	PREV	MECANICO
FILTRO SEPARADOR P551065	UND	81,22	1,0	81,22	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	B.GOMEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE PETROLEO P557440	UND	20,06	1,0	20,06	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	B.GOMEZ	PREV	MECANICO
FILTRO DE AIRE PRIMARIO CARGADOR. YUTONG 966H (2)	UND	196,62	1,0	196,62	ACARREO	EAU-CFR-002	CARGADOR FRONTAL YUTONG 966H N° 2	B.GOMEZ	PREV	MECANICO

Nota: Minera Veta Dorada

**Anexo 19. Horas de mantenimiento, por semana**

<b>Periodo</b>	<b>Cargador frontal</b>	<b>Volquete</b>	<b>Montacarga</b>	<b>Camión cisterna</b>	<b>Camión furgón</b>	<b>Camión grúa</b>
<b>Semana 1</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 2</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 3</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 4</b>	165	200	90	60	30	110
<b>Semana 5</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 6</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 7</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 8</b>	255	320	300	60	300	320
<b>Semana 9</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 10</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 11</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 12</b>	225	320	90	60	30	190
<b>Semana 13</b>	45	0	30	0	30	30
<b>Semana 14</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 15</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 16</b>	255	510	450	60	380	320
<b>Semana 17</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 18</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 19</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 20</b>	165	320	90	60	150	170
<b>Semana 21</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 22</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 23</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 24</b>	605	590	300	90	300	400
<b>Semana 25</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 26</b>	85	250	30	0	170	30
<b>Semana 27</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 28</b>	165	200	90	60	30	110
<b>Semana 29</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 30</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 31</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 32</b>	255	750	690	300	380	320
<b>Semana 33</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 34</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 35</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 36</b>	225	320	90	60	30	190
<b>Semana 37</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 38</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 39</b>	45	0	30	0	30	30
<b>Semana 40</b>	255	440	300	60	420	380
<b>Semana 41</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 42</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 43</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 44</b>	165	200	90	60	30	110
<b>Semana 45</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 46</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 47</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 48</b>	745	780	530	90	380	530
<b>Semana 49</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 50</b>	55	60	30	0	30	30
<b>Semana 51</b>	15	0	30	0	30	30
<b>Semana 52</b>	695	570	90	60	340	110
<b>Total (en min)</b>	<b>5370</b>	<b>6490</b>	<b>4370</b>	<b>1080</b>	<b>4110</b>	<b>4430</b>
<b>Total (en horas)</b>	<b>89,50</b>	<b>108,17</b>	<b>72,83</b>	<b>18,00</b>	<b>68,50</b>	<b>73,83</b>

Anexo 20. Costo por áreas para el mes de noviembre del 2020

