



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Efecto del mantenimiento centrado en la confiabilidad  
(MCC) en la disponibilidad de los equipos auxiliares  
de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

**Chacón Ocas, Segundo Sebastián (ORCID: 0000-0002-0564-9904)**

**ASESOR:**

**Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Sistemas y Planes de Mantenimiento**

**CHICLAYO - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

*A mi familia por brindarme su  
incondicional apoyo durante la  
realización de esta investigación.*

**El Autor**

## **Agradecimiento**

A los docentes de la **Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad César Vallejo filial Chiclayo quienes con su sabiduría, conocimiento y apoyo contribuyeron con mi formación personal y profesional.

A la empresa GRUPO RAMINO E.I.R.L por su apoyo y brindarme las facilidades para realizar este trabajo de investigación.

A mis compañeros, amigos y familiares por su invaluable apoyo, consejos brindados y palabras de aliento que me impulsan a cumplir cada objetivo propuesto.

**Chacón Ocas, Segundo Sebastián**

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes .....	4
2.2 Mantenimiento.....	5
2.3 Indicadores de Mantenimiento .....	6
2.4 Disponibilidad .....	7
2.5 Confiabilidad.....	8
2.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).....	9
2.6.1 Metodología del MCC .....	9
2.6.2 Preguntas básicas de MCC .....	10
2.6.3 Herramientas del MCC .....	10
2.6.4 Resultado del análisis MCC.....	12
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización .....	14
3.3 Población y muestra .....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5 Procedimiento.....	18
3.6 Métodos de análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos .....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Análisis y procesamiento de información de los equipos auxiliares .....	20
4.1.1 Determinación de la disponibilidad inicial .....	20
4.2 Análisis de indicadores críticos.....	20
4.2.1 Determinación de fallas .....	21
4.3 Aplicación de los fundamentos del MCC.....	25

4.3.1	Análisis de funcionamiento de los equipos auxiliares.....	25
4.3.2	Identificación de los modos de fallas.....	31
4.3.3	Determinación del efecto, causas y controles .....	34
V.	CONCLUSIONES.....	38
VI.	RECOMENDACIONES.....	39
	REFERENCIAS .....	40

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Cuadro de operacionalización de variables - Variable independiente .....	14
<b>Tabla 2</b>	Cuadro de operacionalización de variables - Variable dependiente .....	14
<b>Tabla 3</b>	Inventario de los equipos del Grupo Ramino E.I.R.L.....	15
<b>Tabla 4</b>	continuación de Inventario de los equipos del Grupo Ramino E.I.R.L.....	16
<b>Tabla 5</b>	Inventario de Equipos auxiliares .....	17
<b>Tabla 6</b>	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	18
<b>Tabla 7</b>	Fases de estudio para realizar esta investigación.....	18
<b>Tabla 8</b>	Disponibilidad inicial de los equipos auxiliares.....	20
<b>Tabla 9</b>	Frecuencia de fallas en el camión lubricador .....	21
<b>Tabla 10</b>	Frecuencia de fallas en el camión grúa.....	22
<b>Tabla 11</b>	Frecuencia de fallas en luminarias.....	23
<b>Tabla 12</b>	Frecuencia de fallas en grupos electrógenos.....	24
<b>Tabla 13</b>	Identificación del modo de fallo del camión lubricador .....	32
<b>Tabla 14</b>	Identificación del modo de fallo del camión grúa.....	33
<b>Tabla 15</b>	Identificación del modo de fallo de luminarias.....	33
<b>Tabla 16</b>	Identificación del modo de fallo grupos electrógenos.....	34
<b>Tabla 17</b>	Identificación de los efectos, causas y controles de fallo del camión lubricador	34
<b>Tabla 18</b>	Identificación de los efectos, causas y controles de fallo del camión grúa .....	35
<b>Tabla 19</b>	Identificación de los efectos, causas y controles de fallo de luminarias .....	35
<b>Tabla 20</b>	Identificación de los efectos, causas y controles de fallo de grupos electrógenos .....	36
<b>Tabla 21</b>	Disponibilidad final de los equipos auxiliares .....	36

## Índice de gráficos y figuras

<b>Gráfico 1</b> Diagrama de Pareto del camión lubricador.....	22
<b>Gráfico 2</b> Diagrama de Pareto del camión grúa .....	23
<b>Gráfico 3</b> Diagrama de Pareto de luminarias.....	24
<b>Gráfico 4</b> Diagrama de Pareto de grupos electrógenos.....	25
<b>Figura 1</b> Diseño experimental descriptivo - correlacional .....	13
<b>Figura 2</b> Fotografía de camión lubricador.....	26
<b>Figura 3</b> Fotografía de camión grúa .....	28
<b>Figura 4</b> Componentes del brazo del camión grúa .....	29
<b>Figura 5</b> Imagen referencial de una torre de iluminación o luminaria .....	30
<b>Figura 6</b> Imagen referencial de grupo electrógeno MODASA.....	31

## Resumen

El presente informe tuvo como propósito determinar de qué manera influye el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en la disponibilidad de los equipos auxiliares de la empresa GRUPO RAMINO E.I.R.L., esto aplicando los fundamentos del mantenimiento aplicando la metodología MCC, dado que en el área de mantenimiento de la empresa no se alcanzan la confiabilidad y disponibilidad requerida. Éstos equipos tales como camión lubricador, camión grúa, luminarias y grupos electrógenos, tienen un alto índice de probabilidad de falla e indisponibilidad debido a las altas exigencias a las que son sometidos, además de la inadecuada evaluación de fallas y plan de mantenimiento, lo que origina el soporte deficiente a los equipos principales, por ende, afectando la productividad. Por lo que, el presente proyecto de investigación está enfocado en determinar el efecto del MCC sobre la disponibilidad de tales equipos. Para ello se determinó inicialmente la disponibilidad, con ello se logró identificar los indicadores críticos, con los cuales se realizó un análisis de modos y fallas de mantenimiento existentes para identificar las causas que generan el alto índice y plantear la implementación de procedimientos o acciones para incrementar su disponibilidad. Es así como, la disponibilidad de los equipos auxiliares se ve afectada positivamente al aplicar los fundamentos de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (MCC); en el caso del camión lubricador aumento un 13 % respecto a la disponibilidad inicial, el camión grúa 15%, la luminaria de 13 % y finalmente el grupo electrógeno también incrementó un 11%.

**Palabras Clave:** Mantenimiento, Análisis de falla, disponibilidad



## **Abstract**

The purpose of this report was to determine how reliability-centered maintenance (MCC) influences the availability of auxiliary equipment of the GRUPO RAMINO EIRL company, applying the fundamentals of maintenance by applying the MCC methodology, given that in the The company's maintenance area does not achieve the required reliability and availability. This equipment such as lubricating truck, crane truck, lighting fixtures and generator sets, have a high probability of failure and unavailability due to the high demands they are subjected to, in addition to the inadequate failure assessment and maintenance plan, which it causes poor support for the main equipment, therefore, affecting productivity. Therefore, this research project is focused on determining the effect of the MCC on the availability of such equipment. For this, the availability was initially determined, with which it was possible to identify the critical indicators, with which an analysis of existing modes and maintenance failures was carried out to identify the causes that generate the high index and to propose the implementation of procedures or actions to increase his availability. Thus, the availability of the lubricating truck 13%, like the crane truck 15%, 13% lighting fixtures and 11% generator sets.

**Keywords:** Maintenance, Failure Analysis, Availability

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país existe un gran número de empresas mineras a tajo abierto, y dentro de ellas está la utilización masiva de equipos gigantes y facilidades como infraestructura para el desarrollo de la principal actividad que es la extracción del material preciado (Oro y Plata), en dicho proceso se requiere la utilización de equipos auxiliares como: grupos electrógenos, luminarias auto soportadas con diésel, camión grúa, camión lubricador, etc., los cuales precisan de un plan de mantenimiento para contar con la disponibilidad que requiere la operación y brindar un soporte adecuado a los equipos principales e infraestructura utilizada en dicha industria.

Sin embargo, la mayoría de empresas mineras a nivel nacional tienen dificultades en la ejecución y cumplimiento de su plan de mantenimiento, a pesar de que, son elaborados por profesional especializado y software adecuado para tal fin, no alcanzan los índices establecidos por la empresa. Esto, debido a que, independientemente de la industria, especialidad o disciplina existe una alta probabilidad que los planes de mantenimiento tanto preventivo, predictivo o correctivo programados fallen, y no se realice de manera eficiente, generando un alto índice de indisponibilidad de los equipos, lo que ocasiona retrasos en el proceso y pérdidas en la producción.

En la localidad de Cajamarca, la empresa Grupo Ramino E.I.R.L. que ofrece servicios de alquiler de equipos electromecánicos a compañías mineras, no es ajena a esta problemática, al margen de que cuenta con todos los recursos necesarios tiene problemas de disponibilidad de equipos auxiliares, no alcanzado la confiabilidad y disponibilidad requerida. Éstos equipos tales como luminarias, grupos electrógenos, *telehandler*, cisternas de agua, compresores, lubricadores, montacargas, camiones grúa, etc. tienen un alto índice de probabilidad de falla e indisponibilidad debido a las altas exigencias a las que son sometidos, además de la inadecuada evaluación de fallas y plan de mantenimiento, lo que origina el soporte deficiente a los equipos principales, por ende, afectando la productividad.

Dado que, el problema de mantenimiento de equipos auxiliares en Grupo Ramino E.I.R.L no ha sido estudiado lo suficiente como para determinar las condiciones existentes, la presente tesis está enfocada en la revisión del plan de mantenimiento existentes para identificar las causas que generan el alto índice de fallas y plantear la implementación de procedimientos o acciones para incrementar su disponibilidad.

Teniendo en cuenta que, el mantenimiento es de vital importancia para los equipos de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L., éstos deben gestionarse de manera apropiada para cumplir con los objetivos de la organización. Actualmente el alto índice de indisponibilidad y no confiabilidad de los equipos auxiliares (luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos) impacta negativamente en la productividad de operaciones mina, por lo que, aplicando los fundamentos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad favorecería la productividad global de la empresa, incrementando la vida útil de los equipos y previniendo gastos adicionales en el presupuesto del área de mantenimiento por fallas y paradas imprevistas, además, de reducir los riesgos de accidentabilidad e impactos negativos al medio ambiente.

Para ello, la investigación tiene como base el proceso de observación y análisis, recolectando información del responsable del mantenimiento de estos equipos, estableciendo los lineamientos de partida que nos dirigirá hacia el objetivo principal de esta investigación, considerando que los resultados de este estudio sirvan de base para sugerir la implementación de procedimientos y herramientas para mejorar el índice de disponibilidad.

Bajo este enfoque, la presente investigación parte de la hipótesis ¿Al aplicar los fundamentos del Mantenimiento Centrado a la Confiabilidad (MCC) a los equipos auxiliares (luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos) de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L., incrementará la disponibilidad de los equipos auxiliares?

El objetivo general de este estudio es determinar el efecto del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) en la disponibilidad de los equipos auxiliares (luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos) de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L, para lo cual se planteó los objetivos específicos:

- Determinar la disponibilidad inicial de los equipos auxiliares.
- Identificar los indicadores críticos de los equipos auxiliares que afecta la disponibilidad y aplicar la metodología MCC.
- Determinar la relación entre el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) y la disponibilidad de los equipos auxiliares.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Espinoza (2012) en su tesis “Mantenimiento Centrado a la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de Jumbos DD310 de la empresa Semiglo-Unidad Minera Chungar” para optar el título de Ingeniero mecánico, inicialmente registro de paradas de equipos en base a las fallas que presentaron por el sistema de motor, percusión, eléctrico, hidráulico, etc., Con ello elaboró una tabla de criticidad, siendo la base del estudio de investigación para plantear medidas, estrategias (Plan de Mantenimiento Centrado a la Confiabilidad) y mitigar las fallas.

Cáceres y León (2017) en su tesis “Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo Caterpillar 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional” para obtener el título de Ingeniero en Energía, aplicando herramientas del MCC determinaron indicadores de mantenimiento y análisis de criticidad, Pareto, ACR y AMEF para determinar las deficiencias o fallas, mejorando la confiabilidad operacional de la flota CAT 793F reflejándose en la disminución de tiempo en la ejecución de mantenimiento en 24.83%, aumento de TPR en 8.18%, TPEF mejora en 34.98% y la confiabilidad en 13%.

Soto (2016) en su tesis “Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A.” consiguió estrategias de mejora para el área de producción en proyectos de la compañía GYM S.A. Luego de aplicar la metodología MCC consiguió mejora la disponibilidad en un 92%. Recopilando información de formatos checklist de equipos, inspecciones de equipos y observaciones diarias.

Raymundo (2017) en su tesis “Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60”x113” de minera Chinaldo”, identificó los modos de falla mediante del análisis de modos

y efectos de fallas (AMEF), analizando de criticidad a los componentes de la chancadora para determinar el NPR. En base a esto, implementó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad logrando una mejora de un 92,08% de la disponibilidad de la Chancadora cónico 60"x113

Farfán (2014) en su tesis "Plan de mantención preventiva del Chancador Primario Fuller en División Codelco Andina", determinó componentes críticos utilizando herramientas basadas en el MCC y con el análisis Pareto determino componentes críticos del chancador, analizando el historial de fallas se modeló el modo de falla crítica, empleando la distribución de Weibull, a través del software apropiado, con los parámetros encontrados determinó el TPEF, la curva de tasa de fallas, el tiempo de reemplazo de equipos, el intervalo de inspecciones, etc. Bajo este enfoque, logro reducir el costo global de mantención (CGM), objetivo prioritario en todo plan de mantenimiento.

## **2.2 Mantenimiento**

El mantenimiento "es un conjunto de actividades que mantienen un equipo, sistema, instalación o facilidades en condición operativa, de tal manera que cumpla las funciones para las cuales fueron diseñados y destinados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde" (Rodríguez 2012); por lo cual "la principal función de mantenimiento es mantener la funcionalidad y el buen estado de los equipos y máquinas a través del tiempo" (Cáceres y León 2017). Existen tipos de mantenimiento, los que según las condiciones de operación presentan características particulares:

El mantenimiento correctivo, conocido también como Run to Failure (RTF), es una acción de carácter específico a causa del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores, de componentes, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin ningún tipo de planificación. Denominado también mantenimiento reactivo, es aquel que involucra determinadas tareas de reparación no programadas con el objetivo de restaurar la función de un activo una vez producido una parada forzada. Las causas que pueden originar una

para forzada serian desperfectos no identificados durante las inspecciones predictivas, errores operacionales, ausencia de mantenimiento, sobre utilización de los equipos en condiciones anormales de operatividad del diseño, problemas de fabricación de piezas de equipos y, a exigencia de producción que generan políticas como la de “repara si falle”, o “no te detengas que el equipo soporta” (Sarzoza, 1987).

El Mantenimiento Preventivo se define como las tareas necesarias de mantenimiento para evitar la ocurrencia de fallas en instalaciones, equipos, facilidades y maquinaria en general, conocido también por algunos autores como Mantenimiento Proactivo Programado, cuya finalidad es consolidar la disponibilidad permanente de las edificaciones, facilidades, equipos, sistemas e instalaciones en una empresa, evitando al máximo las paradas forzadas e interferencias en los procesos, además es un proceso planeado, organizado y controlado de tareas de mantenimiento a realizar dentro los parámetros establecidos, los cuales generalmente son definidas por el fabricante, y a falta de estas acoger a las mejores prácticas del mercado de este tipo de servicios, también denominados de Manutención. Es así que, “con un buen Mantenimiento Preventivo, se consigue determinar las causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como identificar puntos débiles de instalaciones, facilidades, máquinas, etc.” (Espinoza 2012).

El Mantenimiento Predictivo, consiste en reemplazar o reparar componentes antes que empiecen a fallar, también se analizan las condiciones del equipo en funcionando. Consiste en el análisis del mantenimiento para su optimización, permitiendo de esta manera ajustar las operaciones y su periodicidad a un máximo de eficiencia. Siendo de menor costo y mayor confiable que el intervalo de mantenimiento preventivo de frecuencia fija, fundamentado en factores como las horas máquina o alguna fecha prefijada (García 2012).

## **2.3 Indicadores de Mantenimiento**

### **2.3.1 Tiempo de operación**

Es el tiempo en el cual el equipo de encuentra operativo, realizando la función por la cual fue adquirido.

### **2.3.2 Tiempo de mantenimiento o reparación**

Es el tiempo que el equipo se encuentra fuera de servicio ya sea para mantenimiento preventivo o correctivo, inspecciones y monitoreos.

### **2.3.3 Número de Fallas**

Es el número de ocasiones que el equipo ha requerido mantenimiento no planificado durante el tiempo total de operación. Sin considerar cuando el equipo está en mantenimiento preventivo, inspecciones o monitoreos.

### **2.3.4 Tiempo Promedio entre falla (MFBF)**

Es el tiempo promedio entre fallas, es decir, entre dos fallas consecutivas.

$$MFBF = \frac{\textit{Tiempo de operación}}{\textit{Nº de fallas}}$$

### **2.3.5 Tiempo Promedio para reparación (MTTR)**

Es el tiempo activo neto de reparación sin ninguna demora y con todos los recursos disponibles al iniciarse la reparación.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo de reparación}}{\textit{Nº de fallas}}$$

## **2.4 Disponibilidad**

La disponibilidad se define como la probabilidad de que el equipo funcione de manera óptima en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico.



$$\text{Disponibilidad} = \frac{HL - PP - PR}{HL}$$

donde, *HL* = horas laborables de la empresa o tiempo calendario

*PP* = paradas programadas de mantenimiento

*PR* = paradas de mantenimiento no programado

La Disponibilidad Mecánica es una función para calcular en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para el cumplimiento de su función. Mediante el estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TPEF y el TPPR, es posible analizar distintas alternativas de acción para conseguir incremento de disponibilidad (Mora 2009).

## 2.5 Confiabilidad

Se define como “la probabilidad de que un equipo o sistema funcione sin falla por un determinado período, bajo ciertas condiciones de operación establecidas” (Farfán 2014). La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. En teoría, un equipo bien diseñado, montado, probado y con el apropiadamente mantenido no debe fallar nunca, sin embargo, la experiencia ha demostrado que incluso los equipos mejor diseñados, montados y mantenidos fallan alguna vez.

$$\text{Confiabilidad} = R(t) = e^{-\left(\frac{MTBF}{\eta}\right)^\beta} * 100 \%$$

donde,  $\beta$  = parámetro de forma

$\eta$  = parámetro de escala

*MTBF* = Tiempo promedio entre fallas

## **2.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) es una metodología utilizada para determinar que debe hacerse para asegurar que todo activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional. Además, “proporciona un enfoque práctico y estructurado para llegar a una estrategia de mantenimiento satisfactoria para cada componente de un sistema dado. Al elegir una estrategia, la metodología tiene en cuenta los requisitos de seguridad, los costos de mantenimiento y los costos de producción. En esencia, MCC se puede definir como una técnica para organizar actividades de mantenimiento que sean rentables. Su objetivo central es determinar las acciones necesarias para garantizar que todos los activos físicos continúen cumpliendo sus funciones previstas en su entorno operativo actual” (Fonseca y Knapp 2000).

### **2.6.1 Metodología del MCC**

El objetivo primario del MCC es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica de MCC se resume en seis pasos (García 2012):

1. Identificar los sistemas básicos de los equipos y definir sus funciones principales.
2. Identificar los modos de falla que puedan ocasionar cualquier falla funcional.
3. Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos por medio un análisis de criticidad.
4. Determinar la criticidad de los equipos y los efectos de las fallas funcionales.
5. Utilizar herramientas para establecer la estrategia de mantenimiento.
6. Seleccionar actividades proactivas convenientes, u otras acciones que conserven la función del sistema.

## 2.6.2 Preguntas básicas de MCC

Los procesos basados en la metodología MCC responden siete preguntas claves para su implementación (Ayala Porras y Jiménez Vásquez 2016):

- Estándares de funcionamiento: ¿Cuál es la función del equipo?
- Fallas funcionales: ¿Cuál es la falla funcional?
- Modos de fallas: ¿Cuál es el modo de falla?
- Efectos de fallas: ¿Cuál es el efecto/impacto de la falla?
- Consecuencias de la falla: ¿Cómo afecta la falla?
- ¿Cómo se puede predecir o prevenir la consecuencia de la falla?
- ¿Qué se hace si una tarea proactiva no se puede realizar?

## 2.6.3 Herramientas del MCC

### Análisis de criticidad

Es un método que facilita la jerarquización de sistemas, instalaciones, facilidades y equipos, según su impacto general, con la finalidad de favorecer la toma de decisiones. El objetivo principal de un Análisis de Criticidad es implantar un método que sirva de herramienta para la toma de decisiones y facilite desglosar en secciones los elementos que puedan ser controlados. Para cuantificar la criticidad, se emplea la siguiente ecuación matemática (Cáceres y León 2017).

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia por falla} \times \text{consecuencia}$$

El análisis de criticidad se puede realizar considerando los siguientes pasos (Leiva Tapia 2018):

1. En primer lugar, se debe elaborar un inventario de los equipos o componentes que serán parte del análisis.
2. Se realiza el diagnóstico de la situación inicial de equipos o componentes para determinar su estado.
3. Finalmente, se pondera y clasifica los equipos o componentes según el grado de criticidad, en base a la siguiente matriz.

### **Diagrama de Pareto**

Consiste en un gráfico en donde se organiza y clasifica la información por relevancia, con la finalidad de reconocer los principales problemas en los cuales deberíamos enfocarnos para encontrar soluciones. Es considerado un principio (Principio de Pareto) dado que se emplea para analizar y ponderar los problemas de acuerdo a su significancia. Este principio muestra la existencia de problemas insignificantes o poco importantes frente a problemas graves, frente a esto, el principio de Pareto establece que la solución de la mayoría de éstos problemas se resuelven con las pocas causas graves (Cáceres y León 2017).

### **Análisis causa raíz**

El análisis de causa raíz es un método para resolver problemas identificando las causas raíz e implementando soluciones. En la aplicación al MCC, este análisis parte de un enfoque general relacionado a la falla, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos, investigando las causas que originan la falla, deduciendo y verificando los hechos, determinando el efecto que produce e implementando controles para evitar su recurrencia.

### **Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF)**

Es un instrumento básico que garantiza la identificación de todos los posibles modos de falla de un equipo. El AMEF se enfoca en identificar las causas, predecir la probabilidad de ocurrencia y el efecto de una falla, permitiendo enfocarse en los puntos críticos de falla de los sistemas, con ello, evitarlas o controlar las fallas para asegurar la disponibilidad de los equipos o sistemas.

Los objetivos primordiales de la aplicación del AMEF son:

1. Indagar y evaluar los modos de fallas potenciales.
2. Encontrar los efectos de las fallas potenciales.

3. Identificar las acciones correspondientes para mitigar la incidencia de falla.
4. Cuantificar la confiabilidad del sistema
5. Documentar cada actividad el proceso.

#### **2.6.4 Resultado del análisis MCC**

El resultado de analizar la metodología MCC, será observable y medible, consolidando una lista de actividades para realizar mantenimientos que permitan incrementar la confiabilidad, disponibilidad, y rendimientos de los equipos. Es así que, el MCC permite obtener resultados exitosos debido a su filosofía, la cual permite implantar requerimientos necesarios de diferentes sistemas en el contexto operacional de los equipos. Por lo anterior, el MCC se convierte hoy en día, en una estrategia principal de las empresas de clase mundial (García 2012).

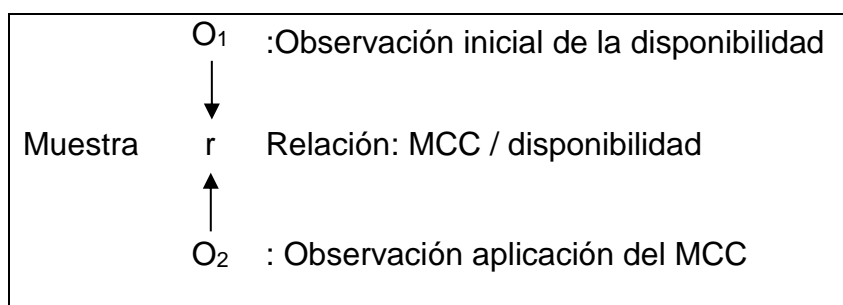
### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis es **aplicada** dado que se aprovechó los conocimientos de la investigación teórica para la solución de problemas inmediatos, tal como se define en el Manual de términos de investigación (Sanchez; Reyes; Mejía 2018).

El diseño de es **no experimental** de tipo transversal descriptivo. La investigación descriptiva “ tiene como finalidad conocer las situaciones predominantes a través de la descripción exacta de las actividades y no se limita únicamente a la recolección de datos sino que también predice e identifica las relaciones existentes entre dos o más variables” (Deobold B. Van Dalen, William J. Meyer, 1981). Bajo este concepto, el tipo de estudio en el presente proyecto es investigación descriptiva correlacional dado que se recolectará la información del área de mantenimiento de los equipos de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L., describiendo los indicadores actuales y aplicando el MCC para evaluar el efecto que tiene sobre la disponibilidad.

Para determinar la relación existente entre las variables del estudio: el MCC y la disponibilidad, se aplicó la técnica basada en el análisis correlacional, tal como se ilustra en la Figura 1.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1** Diseño experimental descriptivo - correlacional

### 3.2 Variables y operacionalización

- **Variable independiente:** Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).

**Tabla 1** Cuadro de operacionalización de variables - Variable independiente

Definición Conceptual	Indicador	Escala de Medición
El <b>MCC</b> es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente fallas de equipos o sistemas, visibles, que asegure que todo activo físico se mantengan operativamente.	Cantidad de fallas	Número de fallas
	Determina el tipo de tarea y el periodo	Horas

Fuente: Elaboración propia

- **Variables dependientes:** Disponibilidad de equipos auxiliares.

**Tabla 2** Cuadro de operacionalización de variables - Variable dependiente

Definición Conceptual	Indicador	Escala de Medición
La <b>Disponibilidad</b> , es el tiempo total que el equipo está disponible para su operación.	Tiempo medio para reparar (MTTR)	Horas de reparación
	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Horas de operación

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO de Matriz de operacionalización de variables.

### 3.3 Población y muestra

- Población: Base de datos de los equipos del área de mantenimiento de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L.

Los equipos del Grupo Ramino E.I.R.L., se encuentran inventariados e identificados por un código asignado al momento de la adquisición de cada equipo, tal como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3** *Inventario de los equipos del Grupo Ramino E.I.R.L*

ÍTEM	CÓDIGO	PLACA	TIPO	MARCA
1	12B009	AVK-879	LUBRICADOR	VOLVO
2	12K003	SP	LUBRICADOR	VOLVO
3	12H002	M5E-920	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
4	12H004	M5E-928	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
5	12H006	M5E-923	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
6	12H007	M5E-924	DOMINATOR	KENWORTH
7	12M001	D3Y-863	CAMIÓN GRUA	FREIGHTLINER
8	12M002	D4R-925	CAMIÓN GRUA	FREIGHTLINER
9	12M006	C6K-788	CAMIÓN GRUA	FREIGHTLINER
10	125004	SP	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
11	TKBP-0011	D1W-836	CAMIÓN GRUA	INTERNATIONAL
12	120011	T7D-865/WD-8026	CAMIÓN GRUA	VOLVO
13	120012	T7D-891	CAMIÓN GRUA	VOLVO
14	121005	AAV-833	CAMIÓN GRUA	VOLVO
15	12B001	AAV-886	CAMIÓN GRUA	VOLVO
16	12B002	AAV-834	CAMIÓN GRUA	VOLVO
17	12B003	AAU-852	CAMIÓN GRUA	VOLVO
18	12B005	AAX-810	CAMIÓN GRUA	VOLVO
19	12B006	AAU-854	CAMIÓN GRUA	VOLVO
20	231003	SP	LUMINARIA	ALLMAND BROS
21	231004	SP	LUMINARIA	ALLMAND BROS
22	231005	SP	LUMINARIA	ALLMAND BROS
23	231006	SP	LUMINARIA	ALLMAND BROS
24	232001	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
25	232002	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
26	232005	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
27	232006	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
28	232007	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
29	233001	SP	LUMINARIA	AMIDA

Fuente: Base de datos Grupo RAMINO E.I.R.L



**Tabla 4** continuación de Inventario de los equipos del Grupo Ramino  
E.I.R.L

<b>ÍTEM</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>PLACA</b>	<b>TIPO</b>	<b>MARCA</b>
30	233002	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
31	233003	SP	LUMINARIA	AMIDA
32	233005	SP	LUMINARIA	AMIDA
33	233006	SP	LUMINARIA	AMIDA
34	233007	SP	LUMINARIA	AMIDA
35	233008	SP	LUMINARIA	TEREX
36	233009	SP	LUMINARIA	TEREX
37	233010	SP	LUMINARIA	TEREX
38	233011	SP	LUMINARIA	TEREX
39	202003	SP	G.ELECTROGENO	CAT
40	202004	SP	G.ELECTROGENO	CAT
41	232005	SP	G.ELECTROGENO	CAT
42	204001	SP	G.ELECTROGENO	CAT
43	209001	SP	G.ELECTROGENO	ONAM
44	209002	SP	G.ELECTROGENO	ONAM
45	20C003	SP	G.ELECTROGENO	ONAM
46	20E001	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
47	20E002	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
48	20E006	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
49	20E009	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
50	20E010	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
51	20E005	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
52	GNDP-0006	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
53	GNDP-0007	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
54	GNDP-0009	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
55	GNDP-0011	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
56	GNDP-0017	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
57	GNDP-0018	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
58	GNDP-0003	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
59	GNDP-0016	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
60	GECAGN001	SP	G.ELECTROGENO	CAT
61	GEH 300-1	SP	G.ELECTROGENO	OLYMPIAN
64	C27	SP	G.ELECTROGENO	CAT

Fuente: Base de datos Grupo RAMINO E.I.R.L

- Muestra: Datos de los equipos auxiliares: luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos.

De los equipos del Grupo Ramino E.I.R.L., se tomó como muestra los equipos auxiliares, tales como camiones, grupos electrógenos y luminarias dado que se cuenta mayor información de éstos equipos en el histórico de mantenimiento de la empresa, lo que permitió un análisis efectivo de la información. De los 64 equipos, se tomó una muestra de 20 equipos auxiliares conformados por 9 camiones, 5 luminarias y 6 grupos electrógenos, los cuales se especifican en la Tabla 5.

**Tabla 5** *Inventario de Equipos auxiliares*

ÍTEM	CÓDIGO	PLACA	FAMILIA	MARCA
1	12B009	AVK-879	LUBRICADOR	VOLVO
2	12K003	SP	LUBRICADOR	VOLVO
3	12H006	M5E-923	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
4	12M001	D3Y-863	CAMIÓN GRUA	FREIGHTLINER
5	12M006	C6K-788	CAMIÓN GRUA	FREIGHTLINER
6	125004	SP	CAMIÓN GRUA	KENWORTH
7	12B002	AAY-834	CAMIÓN GRUA	VOLVO
8	12B005	AAX-810	CAMIÓN GRUA	VOLVO
9	12B006	AAU-854	CAMIÓN GRUA	VOLVO
10	231005	SP	LUMINARIA	ALLMAND BROS
11	232007	SP	LUMINARIA	INGERSOL RAND
12	233001	SP	LUMINARIA	AMIDA
13	233005	SP	LUMINARIA	AMIDA
14	233007	SP	LUMINARIA	AMIDA
15	20C003	SP	G.ELECTROGENO	ONAM
16	GNDP-0007	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
17	GNDP-0009	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
18	GNDP-0011	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
19	GNDP-0017	SP	G.ELECTROGENO	MODASA
20	GNDP-0018	SP	G.ELECTROGENO	MODASA

Fuente: Base de datos Grupo RAMINO E.I.R.L

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 6** *Técnicas e instrumentos para la recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Análisis de documentos</b>	Manuales de operación y mantenimiento de los equipos auxiliares	Recolectar información de los equipos auxiliares.
<b>Información de Campo</b>	Reportes operacionales de los equipos auxiliares	Analizar el historial de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimiento

**Tabla 7** *Fases de estudio para realizar esta investigación*

<b>Fase de estudio</b>	<b>Fuente de recolección de datos</b>	<b>Procesamiento de datos</b>	<b>Resultados esperados</b>
Estudio de la situación inicial	Reportes de mantenimientos de los equipos auxiliares	Análisis de la información	Diagnóstico de la disponibilidad inicial
Evaluación	Resultados de análisis de indicadores de disponibilidad y confiabilidad	Análisis de la información	Indicadores del MCC
Correlación	Resultados de análisis de causa de falla, Pareto, tablas y gráficos	Análisis de la información	Relación del MCC y la disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

En la presente tesis los datos son numéricos por lo tanto el método de análisis será cuantitativo partiendo del análisis de hipótesis el cual deberá de ser verificable, es decir que se pueda medir para determinar el efecto del MCC en la disponibilidad de los equipos auxiliares. Por otro, lado el análisis descriptivo, será utilizado para describir el comportamiento de las variables en la población. Para la investigación usaremos el programa Microsoft Excel 2016 para el análisis y registro de datos. Así mismo, los datos serán analizados para la contrastación con un nivel de significancia del 5% y confiabilidad del 95%.

### **3.7 Aspectos éticos**

Se mantendrá en reserva la información que pueda causar un conflicto de intereses dentro de la investigación, y se tendrá en cuenta el consentimiento de los involucrados para poder utilizar la información que sea brindada. Se respetará los derechos de autor de los textos de cualquier publicación de la cual sea utilizada la información, citándolos dentro del informe del proyecto.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis y procesamiento de información de los equipos auxiliares

A continuación, se presenta el proceso de análisis del MCC para determinar su efecto en la disponibilidad de los equipos auxiliares tales como camión grúa, camión lubricador, grupos electrógenos y luminarias, para ello se recopiló datos de operación y falla, identificando los indicadores críticos que permitieron establecer la relación del MCC y la disponibilidad.

#### 4.1.1 Determinación de la disponibilidad inicial

La empresa Grupo Ramino E.I.R.L. cuenta con equipos auxiliares tales como luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos, los cuales brindan servicios específicos para operaciones en unidades mineras dependiendo del requerimiento de cada área, durante el año 2019 se registró un historial de trabajo tanto de operación y falla de cada equipo como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 8** Disponibilidad inicial de los equipos auxiliares

DISPONIBILIDAD ANUAL - 2019						
EQUIPO	TO	TR	N° F	MTBF	MTTR	D%
LUBRICADOR (02)	11232.0	6048.0	36	312.0	168.0	65%
CAMIÓN GRUA (07)	42940.8	17539.2	48	894.6	365.4	71%
LUMINARIA (05)	32400.0	10800.0	38	952.6	384.2	75%
G.ELECTROGENO (06)	35251.2	16588.8	36	979.2	460.8	68%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se aprecia los indicadores obtenidos en base al historial de falla de los equipos, la disponibilidad inicial (D%) es el promedio de la disponibilidad de equipos auxiliares por familia, esto debido a que, la disponibilidad desde una perspectiva operacional de cada sistema ya sea camiones, grupos electrógenos y luminarias comprende la disponibilidad de cada subsistema y sus componentes.

### 4.2 Análisis de indicadores críticos

Los indicadores críticos de cada familia de equipos se determinaron según los tipos de falla con mayor incidencia en cada uno de los equipos auxiliares.

#### 4.2.1 Determinación de fallas

Los tipos de falla que se incluyeron dentro de este estudio fueron seleccionados bajo la supervisión de ingenieros de procesos y mantenimiento, identificándose las fallas más influyentes en la operación de los equipos. Para la determinación de la falla con mayor frecuencia en cada equipo auxiliar se utilizó el principio de Pareto. Se muestra en la Tabla 9 la frecuencia de fallas en el camión lubricador, camión grúa, luminaria y grupo electrógeno.

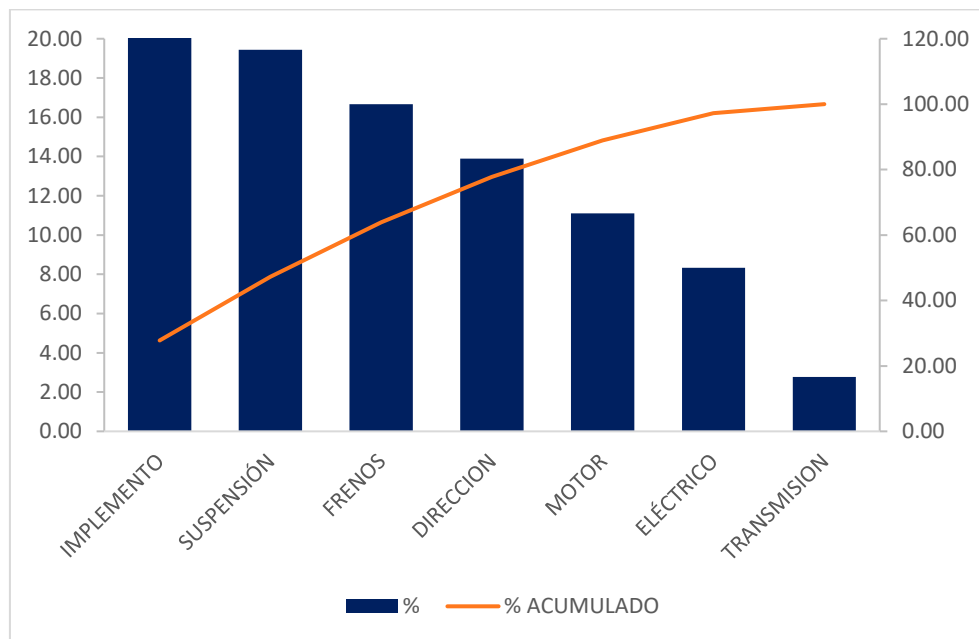
**Tabla 9** Frecuencia de fallas en el camión lubricador

<b>CAMIÓN LUBRICADOR</b>				
<b>SISTEMAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
<b>IMPLEMENTO</b>	10	27.78	10	27.78
<b>SUSPENSIÓN</b>	7	19.44	17	47.22
<b>FRENOS</b>	6	16.67	23	63.89
<b>DIRECCION</b>	5	13.89	28	77.78
<b>MOTOR</b>	4	11.11	32	88.89
<b>ELÉCTRICO</b>	3	8.33	35	97.22
<b>TRANSMISIÓN</b>	1	2.78	36	100.00

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8 muestra la frecuencia de fallas en el camión lubricador, con esta información se analizarán los sistemas que presentan mayor incidencia mediante un diagrama de Pareto, el cual consiste en los valores de frecuencias acumuladas donde se identifican el 20% de causas graves, que provocan alrededor del 80% de fallas, en contraste con el 80% restante de frecuencias que sólo ocasiona el 20% de las fallas, por este concepto se le conoce como el principio 80-20. En el Gráfico 1, se observa que la mayor incidencia de falla se presenta en los sistemas de

implemento, la suspensión, los frenos y la dirección. El sistema de implemento representa el 27.78% acumulado del total de fallas.



Fuente: Elaboración propia

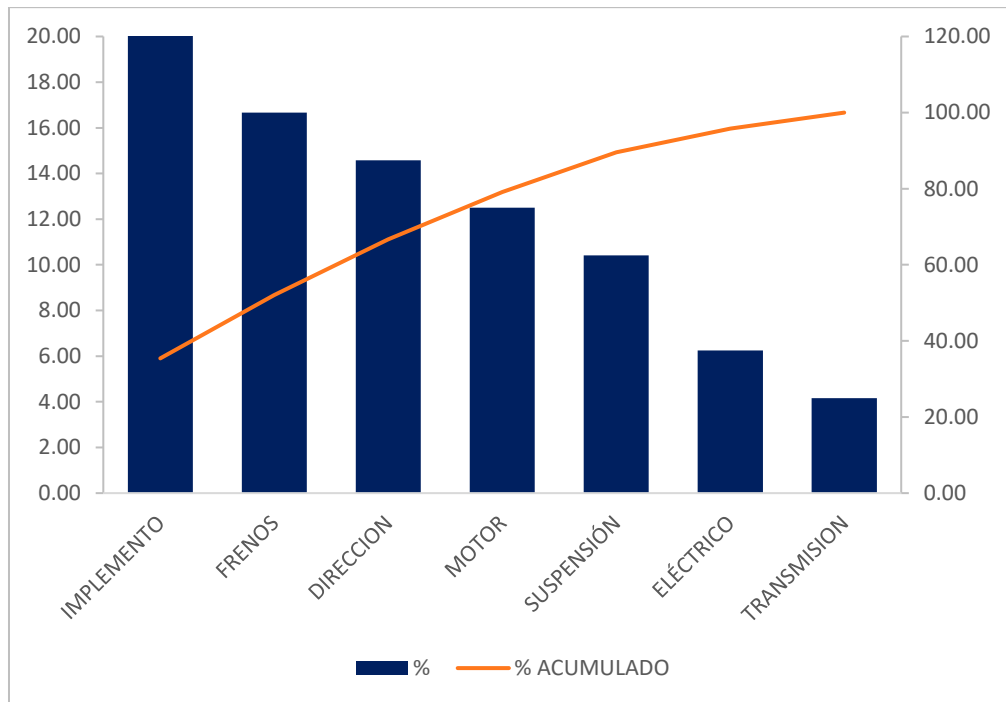
**Gráfico 1** Diagrama de Pareto del camión lubricador

Para analizar la frecuencia de fallas en el camión grúa, se muestra en la Tabla 10 los componentes que presentan mayor incidencia de falla. En el Gráfico 2, se observa que éstos fueron los sistemas de implemento, frenos y dirección.

**Tabla 10** Frecuencia de fallas en el camión grúa

CAMIÓN GRÚA				
SISTEMAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
IMPLEMENTO	17	35.42	17	35.42
FRENOS	8	16.67	23	52.08
DIRECCIÓN	7	14.58	32	66.67
MOTOR	6	12.50	38	79.17
SUSPENSIÓN	5	10.42	43	89.58
ELÉCTRICO	3	6.25	46	95.83
TRANSMISIÓN	2	4.17	48	100.00

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 2** Diagrama de Pareto del camión grúa

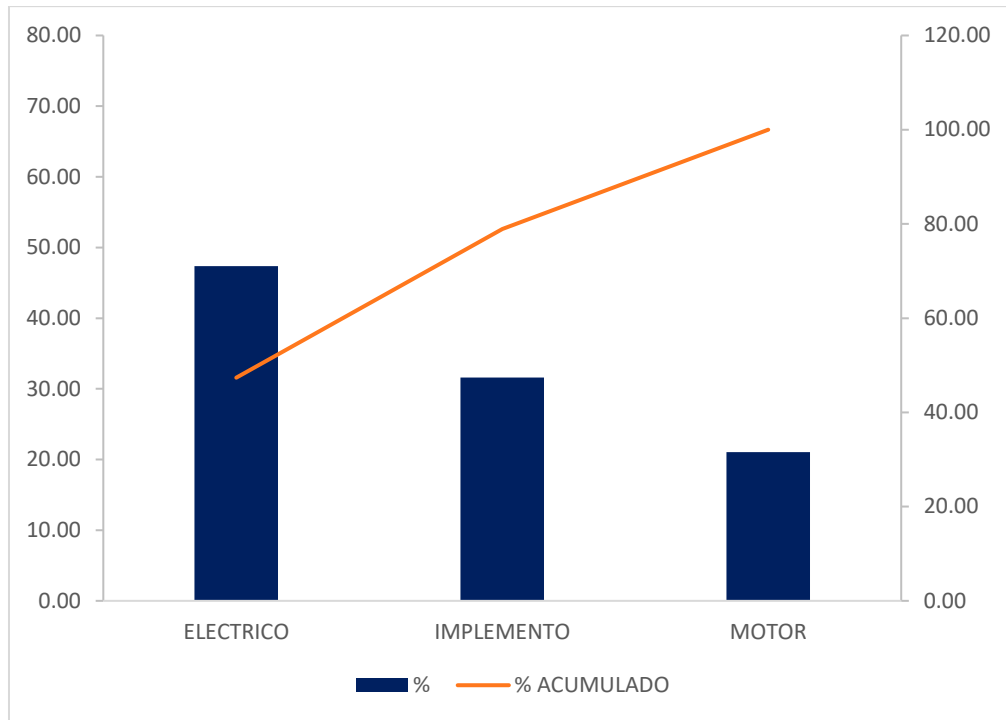
Para analizar la frecuencia de fallas en luminarias, la Tabla 11 muestra los sistemas que presentan mayor incidencia de falla. En el Gráfico 3, se observa que éste se presentó en el sistema eléctrico.

**Tabla 11** Frecuencia de fallas en luminarias

LUMINARIA				
SISTEMAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ELÉCTRICO	18	47.37	18	47.37
IMPLEMENTO	12	31.58	30	78.95
MOTOR	8	21.05	38	100

Fuente: Elaboración propia





Fuente: Elaboración propia

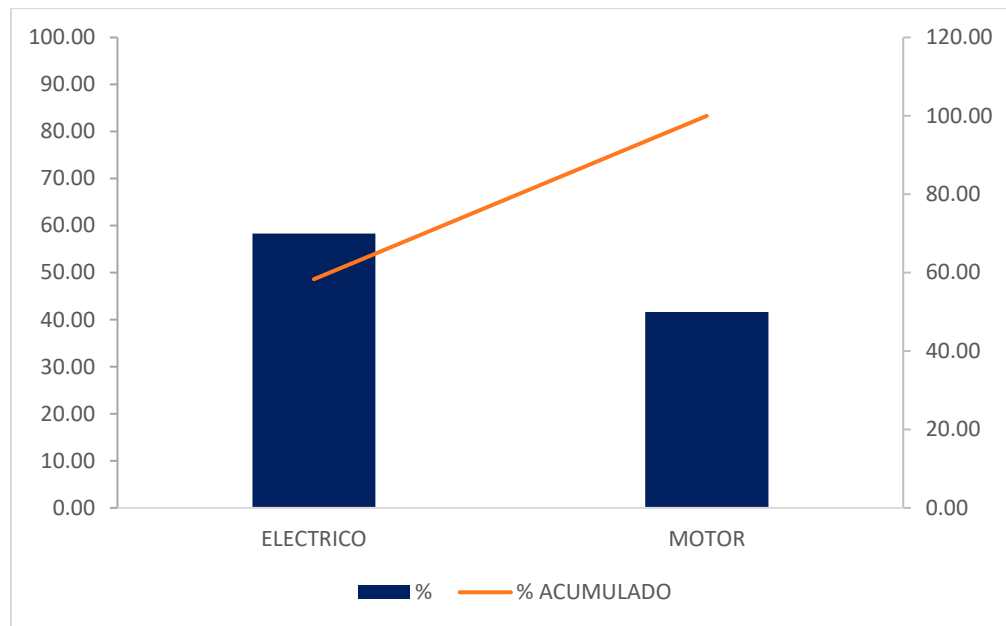
**Gráfico 3** Diagrama de Pareto de luminarias

Para analizar la frecuencia de fallas en grupos electrógenos, se muestra los sistemas que presentan mayor incidencia de falla en la Tabla 12. En el análisis del diagrama de Pareto, Gráfico 4, se observa que éste se presentó en el sistema eléctrico.

**Tabla 12** Frecuencia de fallas en grupos electrógenos

GRUPO ELECTRÓGENO				
SISTEMAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ELÉCTRICO	18	47.37	18	47.37
MOTOR	8	21.05	38	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4** Diagrama de Pareto frecuencia de fallas de grupos electrógenos

### 4.3 Aplicación de los fundamentos del MCC

Los fundamentos del MCC nos permitieron definir las funciones principales de los equipos auxiliares, identificar modos de fallo, determinar la criticidad de las fallas funcionales para tomar acciones preventivas.

#### 4.3.1 Análisis de funcionamiento de los equipos auxiliares

Para entender las fallas en los equipos auxiliares es importante conocer los elementos o componentes que permiten ejecutar su función, por lo que, a continuación, se describe los sistemas que presentaron fallas en los camiones lubricadores, grúa, luminarias y grupos electrógenos, así también el contexto operacional de cada equipo.

#### Sistemas del camión lubricador

Los camiones lubricadores están ubicados en las instalaciones de una empresa minera y operan alternativamente las 24 horas del día según el requerimiento de servicio de soporte en el mantenimiento de infraestructura, facilidades y camiones gigantes.



Fuente: Fotografía propia

**Figura 2** Fotografía de camión lubricador

Los lubricadores son camiones volvo modelo FM12 con motor de combustión interna de 4 tiempos D12-D, estos equipos cuentan con una instalación adicional en el chasis la cual está diseñada para portar implementos de lubricación cada uno con sus contenedores de lubricantes, a este conjunto de accesorios e insumos se denomina como sistema de IMPLEMENTO.

El conjunto de implementos de lubricación está conformado por tanques o contenedores de lubricantes líquidos (Aceites y refrigerante) y sólidos (Grasa), bombas neumáticas de pistones 84804 LINCOLN las cuales son accionadas para surtir los lubricantes a otros equipos, bombas de diafragma las cuales sirven para el drenaje o succión de los lubricantes usados, un compresor de aire de pistones LE-11 suministra energía neumática a todas las bombas del sistema y equipos externos al sistema.

Así también el camión lubricador cuenta con un sistema de suspensión. La suspensión está conformada por amortiguadores (cilindros hidráulicos) en ruedas delanteras y ejes posteriores, conjunto de ballestas en ruedas

delanteras y ejes posteriores, barra estabilizadora posterior, resortes progresivos posteriores.

El sistema de FRENOS, están conformados por un compresor de aire, válvula relé, válvula de pedal de freno, válvula de freno de mano, pulmón de frenos, caliper de pastillas, pastillas de freno, zapatas de freno, tambores de freno.

La DIRECCIÓN está compuesta por servo (bomba hidráulica), cilindros hidráulicos de doble efecto, columna de dirección, barra corta, barra estabilizadora delantera, barra de reacción, terminales, barra-V.

El MOTOR modelo D12D está formado por una culata de una sola sección, árbol de levas de cabeza, inyectores unitarios (inyector bomba electrónico), freno de motor VEB, válvulas sin pasador guía, sistema de combustible, sistema de admisión y escape (turbocompresor), sistema de refrigeración por agua (refrigerante), módulo de control (ECM), Sensores de la unidad de mando.

El sistema ELÉCTRICO se encuentra presente en todos los sistemas del equipo, ya que, la mayoría de sistemas son controlados electrónicamente, asimismo en el ECM se reporta los códigos de fallas por componentes o sistemas a través de sensores eléctricos, también consideramos dentro del sistema eléctrico a los mazos o ramales eléctricos de motor y luces.

Finalmente, el sistema de TRANSMISIÓN está conformado por una caja de cambios SPLIT, toma fuerza, conjunto de embrague, cardan principal, cardan intermedio, cubos reductores.

### **Sistemas del camión grúa**

Los camiones grúa son equipos de diferente marca y configuración, esto es requerido de acuerdo a la capacidad de la grúa a instalar, en este caso

de estudio se tomaron los camiones de las siguientes marcas y modelos: KENWORTH T-300 Y T-800, FREIGHTLINER M2 112 y VOLVO FM12.



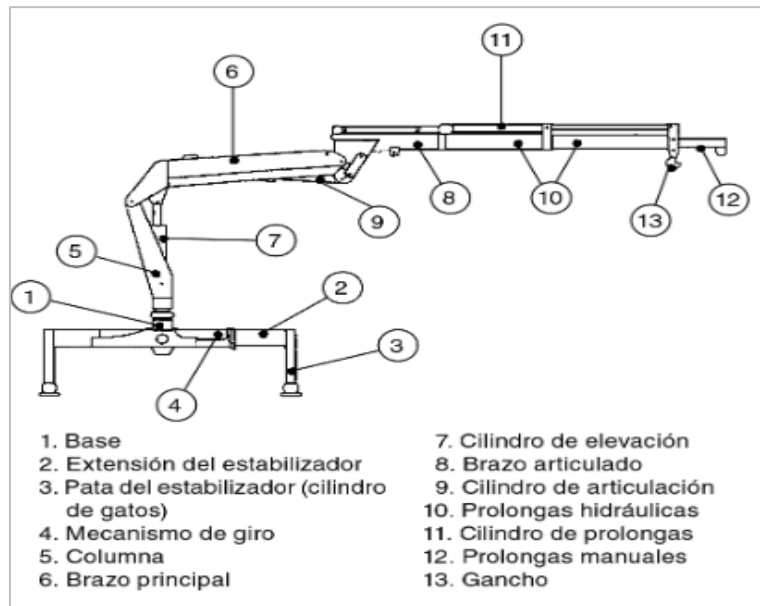
Fuente: Fotografía propia

**Figura 3** Fotografía de camión grúa

El IMPLEMENTO de un camión grúa viene a ser una grúa de brazo articulado (HIAB) de que puede ser desde 3.83 hasta 18.00 toneladas, está conformada por los siguientes componentes: base o tornamesa, estabilizadores, patas de estabilizadores, mecanismo de giro, columna, brazo principal, cilindro de elevación, brazo articulado, cilindro de articulación, prolongas hidráulicas, cilindros de prolongas, prolongas manuales y gancho. Tal como ilustra en la Figura 4.

La SUSPENSIÓN está conformada por amortiguadores (cilindros hidráulicos) en ruedas delanteras y ejes posteriores, conjunto de ballestas en ruedas delanteras y ejes posteriores, barra estabilizadora posterior, resortes progresivos posteriores.

Los FRENOS están conformados por un compresor de aire, válvula relé, válvula de pedal de freno, válvula de freno de mano, pulmón de frenos, caliper de pastillas, pastillas de freno, zapatas de freno, tambores de freno.



Fuente: (Cursos Profesionales 2017)

**Figura 4** Componentes del brazo del camión grúa

La DIRECCIÓN de un camión grúa está compuesta por servobomba hyd, cilindros hidráulicos de doble efecto, columna de dirección, barra corta, barra estabilizadora delantera, barra de reacción, terminales, barra-V.

Las configuraciones o diseños del MOTOR son variables debido a que estamos hablando de tres marcas de camiones, sin embargo, cabe mencionar que todos son motores de combustión interna Diésel.

El sistema ELÉCTRICO se encuentra presente en todos los sistemas del equipo, ya que la mayoría de sistemas son controlados electrónicamente, asimismo en el módulo de control ECM se reporta los códigos de fallas por componentes o sistemas a través de sensores eléctricos, también consideramos dentro del sistema eléctrico a los mazos o ramales eléctricos de motor y luces.

La TRANSMISIÓN del camión grúa está conformada por una caja de cambios, toma fuerza, conjunto de embrague, cardan principal, cardan

intermedio, cubos reductores. Algunos de estos sistemas podrían variar según la marca y modelo del camión (en el caso de los camiones grúa).

### **Sistemas de las luminarias**

Las luminarias físicamente son iguales en todas las marcas los cuales consta de un chasis para remolque, de un solo eje de dos ruedas, la parte delantera se soporta en un estabilizador o gato manual, sus sistemas principales son un motor, un generador eléctrico y un conjunto de farolas las cuales van instaladas en un mástil de longitud regulable de posición vertical y horizontal.



Fuente: Ficha técnica de Equipos TEREX

**Figura 5** Imagen referencial de una torre de iluminación o luminaria

El MOTOR de las luminarias son modelo KUBOTA D1105 DIESEL de una capacidad de 25HP y 3 cilindros, es un motor que cuenta con subsistemas similares a los motores mencionados anteriormente en los equipos auxiliares.

El GENERADOR ELECTRICO es un generador modelo L-S 6KW 120/240 C106 SAE5 LSA36.

## **Sistemas de los grupos electrógenos**

Los Grupos Electrógenos constan de dos sistemas principales, Motor y Generador (Alternador), en este caso se tiene grupos electrógenos de la marca MODASA, modelo: MP-515 / MC-800.



Fuente: Ficha técnica de Equipos MODASA

**Figura 6** Imagen referencial de grupo electrógeno MODASA

MP-515:

Motor Perkins 2506C-E15TAG3 de combustión interna Diesel de 4 tiempos.

Generador UT NFC 51-111-105-110 468kw.

MP-800:

Motor CUMMINS QSK 23 - G3 de combustión interna Diesel de 4 tiempos

Generador UT NFC 51-111-105-110 640Kw.

### **4.3.2 Identificación de los modos de fallas**

Luego de conocer las funciones, contexto operacional y componentes de cada equipo, se identificó los modos y efectos de fallas de los equipos auxiliares que tienen más posibilidad de afectar negativamente en la funcionalidad de los equipos y por ende en la disponibilidad. La



identificación se realizó utilizando AMFE (Análisis modal de efectos y fallos), herramienta que permitió identificar los efectos de los modos de fallos de cada uno de los equipos auxiliares. A continuación, se muestra los modos de fallo de los componentes de cada sistema de los equipos auxiliares.

**Tabla 13** *Identificación del modo de fallo del camión lubricador*

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>MODOS DE FALLO</b>
<b>IMPLEMENTO</b>	Bombas neumáticas de pistones	Succionar e inyectar el lubricante	Desgaste de sellos internos de los pistones de la bomba
<b>SUSPENSIÓN</b>	Conjunto de ballestas	Soportar la carga y amortiguar impacto generados en las ruedas	Ruptura de ballestas
<b>FRENOS</b>	Zapatas de freno	Reducir la velocidad del equipo	Desgaste excesivo de zapatas
<b>DIRECCIÓN</b>	Servo	Transmitir presión hidráulica al cilindro de dirección	Desgaste de paletas internas
<b>MOTOR</b>	Inyectores de combustible	Dosificación de combustible a la cámara de combustión	Contaminación en los asientos de toberas
<b>ELÉCTRICO</b>	Ramales eléctricos	Conducción de energía eléctrica (24V) a diferentes componentes	Circuitos abiertos o cerrados
<b>TRANSMISIÓN</b>	Discos de embrague	Acoplar y desacoplar la transmisión de fuerza del motor a la caja de cambios	Desgaste del recubrimiento

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13, se muestra el análisis de modos de fallo en donde se identificaron los componentes y funciones de los sistemas del camión lubricador.

**Tabla 14** *Identificación del modo de fallo del camión grúa*

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>MODOS DE FALLO</b>
<b>IMPLEMENTO</b>	Grúa de brazo articulado	Izar, trasportar y soportar carga con un giro en 360°	Fuga de aceite hidráulico por retenes
<b>FRENOS</b>	Zapatas de frenos	Reducir la velocidad del equipo	Desgaste acelerado de revestimiento de zapatas
<b>DIRECCIÓN</b>	Columna de dirección	Direcciona el giro de las llantas	Deformación de la columna
<b>MOTOR</b>	Turbocompresor	Aprovechar los gases de escape y repotenciar la emisión de aire	Daño de turbina
<b>SUSPENSIÓN</b>	Conjunto de ballestas	Soportar la carga y amortiguar impacto generados en las ruedas	Ruptura de ballestas
<b>ELÉCTRICO</b>	Sistema de control de límite de carga	Alertar límite de carga y control de exceso	Falla de electroválvulas
<b>TRANSMISIÓN</b>	Cardán	Transmite el esfuerzo de rotación del motor hacia las ruedas	Deterioro de crucetas

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14, se muestra el análisis de modos de fallo en donde se identificaron los componentes y funciones de los sistemas del camión grúa.

**Tabla 15** *Identificación del modo de fallo de luminarias*

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>MODOS DE FALLO</b>
<b>ELÉCTRICO</b>	Farolas	Iluminación	Ruptura de filamento interno de la farola
<b>IMPLEMENTO</b>	Cable de mástil	Elevar el mástil y regulación de altura	Ruptura o deterioro de terones
<b>MOTOR</b>	Radiador	Refrigeración en el sistema del motor	Obstrucción en los paneles del radiador

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16, se muestra el análisis de modos de fallo los sistemas de los grupos electrógenos.

**Tabla 16** *Identificación del modo de fallo grupos electrógenos*

SISTEMA	COMPONENTES	FUNCIONES	MODOS DE FALLO
<b>ELÉCTRICO</b>	Tarjeta AVR	Regula la tensión y estabiliza corriente	Daño en los circuitos
<b>MOTOR</b>	Cigüeñal	Transforma movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme	Fuga de aceite por retén delantero

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3 Determinación del efecto, causas y controles

Para cada modo de fallo se determinó, el o los efectos que produce el fallo en los equipos auxiliares, las posibles causas identificadas y los controles establecidos para evitar que se originen las causas de los fallos. Las tablas mostradas a continuación, describen los efectos que los fallos identificados para cada sistema de cada equipo auxiliar.

**Tabla 17** *Identificación de los efectos, causas y controles de fallo del camión lubricador*

SISTEMA	EFEECTO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	CONTROLES
<b>IMPLEMENTO</b>	La bomba no inyecta el lubricante con el caudal adecuado	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo
<b>SUSPENSIÓN</b>	Inestabilidad en el equipo	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo
<b>FRENOS</b>	Rozamiento del metal con las paredes del tambor de freno	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo
<b>DIRECCIÓN</b>	Falta de presión hidráulica en el sistema	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo
<b>MOTOR</b>	Pérdida en la potencia del motos	Combustible con impurezas	Mantenimiento preventivo
<b>ELÉCTRICO</b>	Quemadura de conductos eléctricos	Deterioro en el aislante	Mantenimiento preventivo
<b>TRANSMISIÓN</b>	Pérdida de tracción en los ejes	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18** *Identificación de los efectos, causas y controles de fallo del camión grúa*

<b>SISTEMA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>CAUSAS DE FALLA</b>	<b>CONTROLES</b>
<b>IMPLEMENTO</b>	Descarga de presión hidráulica en los cilindros	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo
<b>FRENOS</b>	Imprecisión en el tiempo de frenado	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo
<b>DIRECCIÓN</b>	Desalineamiento de llantas	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo
<b>MOTOR</b>	Pérdida de potencia del motor	Mala operación	Capacitación en operación del equipo
<b>SUSPENSIÓN</b>	Inestabilidad en el equipo	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo
<b>ELÉCTRICO</b>	Bloqueo del sistema de la grúa	Corrosión de conectores	Mantenimiento preventivo
<b>TRANSMISIÓN</b>	Vibración del equipo en marcha	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19** *Identificación de los efectos, causas y controles de fallo de luminarias*

<b>SISTEMA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>CAUSAS DE FALLA</b>	<b>CONTROLES</b>
<b>ELÉCTRICO</b>	No cumple su función de iluminación	Vibración en el traslado del equipo	Mantenimiento preventivo
<b>IMPLEMENTO</b>	caída de mástil	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo
<b>MOTOR</b>	Recalentamiento del motor	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20** *Identificación de los efectos, causas y controles de fallo de grupos electrógenos*

<b>SISTEMA</b>	<b>EFEECTO DE FALLO</b>	<b>CAUSAS DE FALLO</b>	<b>CONTROLES</b>
<b>ELÉCTRICO</b>	Variación o anulación del flujo de corriente	Sobrecarga	Capacitación en operación del equipo
<b>MOTOR</b>	Desgaste de componentes internos	Trabajo de motor en vacío	Capacitación en operación del equipo

Fuente: Elaboración propia

En el presente trabajo, a partir de la base de datos del mantenimiento y falla de los equipos auxiliares se realizó un análisis de los indicadores críticos aplicando técnicas estadísticas como el análisis de Pareto que permitió identificar gráficamente las incidencias de fallas con mayor frecuencia de cada sistema. En base a esto, se logró aplicar los fundamentos del MCC y determinar el efecto en la disponibilidad de los equipos auxiliares (luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos) de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L.

**Tabla 21** *Disponibilidad final de los equipos auxiliares*

<b>DISPONIBILIDAD FINAL (MCC)</b>						
<b>EQUIPO</b>	<b>TO</b>	<b>TR</b>	<b>N° F</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>D%</b>
<b>LUBRICADOR (02)</b>	13478.4	3801.6	18	748.8	211.2	78%
<b>CAMIÓN GRUA (07)</b>	52012.8	8467.2	24	2167.2	352.8	86%
<b>LUMINARIA (05)</b>	38016.0	5184.0	13	2924.3	398.8	88%
<b>G.ELECTROGENO (06)</b>	40953.6	10886.4	15	2730.2	725.8	79%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron que al aplicar los fundamentos MCC, la disponibilidad de los equipos auxiliares aumentó en promedio un 13% respecto al promedio de la disponibilidad inicial.

Del mismo modo, como lo mencionan los antecedentes de esta investigación, se corrobora que aplicando la metodología del MCC se logra aumentar entre 1% - 15% la disponibilidad de los equipos en cuestión, a la vez que, se presenta una disminución en los tiempos promedios de reparación y aumento en los tiempos promedios entre fallas.

La empresa cuenta con un plan de renovación de equipo. Sin embargo, el objetivo de este estudio consistió incrementar la disponibilidad de los equipos actuales, que cuentan con una antigüedad de 12 y 15 años el camión grúa y camión lubricador, con respecto a los Grupos Electrógenos y Luminarias cuentan con mayor a 17000 horas de trabajo.

**Tabla 22** *Impacto positivo en facturación por incremento de disponibilidad*

<b>COSTO POR INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD FINAL (MCC)</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>TO</b>	<b>PU (USD)</b>	<b>PP (USD)</b>
<b>LUBRICADOR (02)</b>	561.6	28	15,725
<b>CAMIÓN GRUA (07)</b>	2268	25	56,700
<b>LUMINARIA (05)</b>	1404	3	4,212
<b>G.ELECTROGENO (06)</b>	1425.6	7.5	10,692

## V. CONCLUSIONES

1. La disponibilidad de los equipos auxiliares se ve impactada positivamente al aplicar los fundamentos del MCC; para el caso del camión lubricador la disponibilidad aumentó un 13 % respecto a la disponibilidad inicial, el camión grúa 15%, la luminaria de 13 % y finalmente el grupo electrógeno también incrementó un 11%.
2. Al determinar la disponibilidad inicial de los equipos auxiliares se identificaron indicadores críticos que afectaban la disponibilidad, los cuales aplicando los controles y tomando acciones se logró mitigar las fallas de los sistemas.
3. Al aplicar los fundamentos del MCC se logró establecer la relación existente con la disponibilidad de los equipos, mostrando resultados favorables, por lo cual, se puede concluir que el MCC afecta de manera positiva en la disponibilidad de los equipos auxiliares (luminarias, camión grúa, camión lubricador y grupos electrógenos) de la empresa Grupo Ramino E.I.R.L.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Considerando los resultados alcanzados en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

1. El éxito del MCC dependerá básicamente de las personas que están relacionadas e involucradas en el mantenimiento mecánico de los equipos, por lo que, se deberá enfocar en brindar inducción y capacitación a los participantes en este proceso.
2. Incentivar a los participantes del proceso, a realizar tareas y mejoras necesarias en el área de mantenimiento, mediante capacitaciones y programas para fomentar una cultura de mantenibilidad alineados con la seguridad, salud y responsabilidad ambiental.
3. Hacer seguimiento de la continuidad de las capacitaciones del recurso humano y programa de mantenimiento establecido, los mismos que deberán ejecutarse por el personal de involucrado en los plazos establecidos para disminuir la ocurrencia de fallas.



## REFERENCIAS

- AYALA PORRAS, E. y JIMÉNEZ VÁSQUEZ, E., 2016. *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del sistema de almacenamiento y despacho de GNL*. S.l.: s.n.
- CÁCERES, R.L. y LEÓN, A.L., 2017. *Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo Caterpillar 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2741/30760.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CURSOS PROFESIONALES, 2017. *MANUAL DE CAMION PLUMA O GRUA AUTOCARGANTE : ONLINE*. 2017. S.l.: s.n.
- ESPINOZA, R.L., 2012. *Mantenimeinto Centrado a la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de Jumbos DD310 de la empresa Semiglo-Unidad Minera Chungar*. S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- FARFÁN, F.M., 2014. *Plan de mantención preventiva del Chancador Primario Fuller en División Codelco Andina*. S.l.: Universidad Austral de Chile.
- FONSECA, D.J. y KNAPP, G.M., 2000. Expert system for reliability centered maintenance in the chemical industry. *Expert Systems with Applications*, vol. 19, no. 1, pp. 45. ISSN 09574174. DOI 10.1016/S0957-4174(00)00019-1.
- GARCÍA, O., 2012. Principios de Mantenimiento Industrial. *Gestión Moderna del Mantenimiento* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 2-29. ISBN 9789587620511.  
Disponible en:  
[http://www.infopl.net/files/documentacion/mantenimiento/infoPLC\\_net\\_MANTENIMIENTO.pdf](http://www.infopl.net/files/documentacion/mantenimiento/infoPLC_net_MANTENIMIENTO.pdf).
- LEIVA TAPIA, E., 2018. *Diseño de la gestión de mantenimiento basado en AMEF, a los vehículos con sistema GLP de la flota Taxi Tours Aquarelas E.I.R.L, para reducir emisiones contaminantes*. S.l.: s.n.

- MORA, L., 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Primera ed. México: Alfaomega Grupo Editor. ISBN 9788578110796.
- MORENO AGUIRRE, E.M., 2017. *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) al compresor estacionario de tornillo de una etapa de la empresa metalmecánica FAMECA SAC*. S.l.: s.n.
- RAYMUNDO, A.T., 2017. *Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60"x113" de Minera Chinalco*.
- RODRIGUEZ, M.A., 2012. *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*. S.l.: s.n.
- SANCHEZ; REYES; MEJÍA, 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124735141.  
Disponibile en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>.
- SOTO, J., 2016. *Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A*. S.l.: s.n.

## ANEXOS

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>			
<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de Medición</b>
El <b>MCC</b> es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente fallas de los equipos o sistemas, que son visibles, para asegurar que todo activo físico se mantengan en un contexto operacional.	Análisis de modos y efectos de fallas	Cantidad de fallas	Número de fallas
El <b>MCC</b> es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente fallas de los equipos o sistemas, que son visibles, para asegurar que todo activo físico se mantengan en un contexto operacional.	Identificación de tareas críticas en el diagrama de decisión	Determina el tipo de tarea y el periodo	Horas
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>			
<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de Medición</b>
La <b>Disponibilidad</b> , es el tiempo total calendario que el equipo está disponible para su operación.	Tiempo de reparación y mantenimiento	MTTR	HT: horas totales de mantenimiento
La <b>Disponibilidad</b> , es el tiempo total calendario que el equipo está disponible para su operación.	Tiempo entre fallas	MTBF	HP: horas entre fallas

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS DE LOS EQUIPOS AUXILLARES

CAMIÓN LUBRICADOR							
SISTEMA	COMPONENTES	FUNCIONES	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	CONTROLES	ACCIONES IMPLEMENTADAS
IMPLEMENTO	Bombas neumáticas de pistones	Succionar e inyectar el lubricante	Desgaste de sellos internos de los pistones de la bomba	La bomba no inyecta el lubricante con el caudal adecuado	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo	Cambio periódico de sellos
SUSPENSIÓN	Conjunto de ballestas	Soportar la carga y amortiguar impacto generados en las ruedas	Ruptura de ballestas	Inestabilidad en el equipo	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Controlar la carga
FRENOS	Zapatas de freno	Reducir la velocidad del equipo	Desgaste excesivo de zapatas	Rozamiento del metal con las paredes del tambor de freno	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo	Inspección periódica
DIRECCIÓN	Servo	Transmitir presión hidráulica al cilindro de dirección	Desgaste de paletas internas	Falta de presión hidráulica en el sistema	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo	Inspección periódica
MOTOR	Inyectores de combustible	Dosificación de combustible a la cámara de combustión	Contaminación en los asientos de toberas	Pérdida en la potencia del motor	Combustible con impurezas	Mantenimiento preventivo	Reducción de periodo de cambio de filtros
ELÉCTRICO	Ramales eléctricos	Conducción de energía eléctrica (24V) a diferentes componentes	Circuitos abiertos o cerrados	Quemadura de conductos eléctricos	Deterioro en el aislante	Mantenimiento preventivo	Inspección periódica
TRANSMISIÓN	Discos de embrague	Acoplar y desacoplar la transmisión de fuerza del motor a la caja de cambios	Desgaste del recubrimiento	Pérdida de tracción en los ejes	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Inspección periódica

CAMIÓN GRÚA							
SISTEMA	COMPONENTES	FUNCIONES	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	CONTROLES	ACCIONES IMPLEMENTADAS
IMPLEMENTO	Grúa de brazo articulado	Izar, trasportar y soportar carga con un giro en 360°	Fuga de aceite hidráulico por retenes	Descarga de presión hidráulica en los cilindros	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Control en límites de carga
FRENOS	Zapatas de frenos	Reducir la velocidad del equipo	Desgaste acelerado de revestimiento de zapatas	Imprecisión en el tiempo de frenado	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Fomentar la operación del equipo con freno de motor
DIRECCIÓN	Columna de dirección	Direcciona el giro de las llantas	Deformación de la columna	Desalineamiento de llantas	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Asegurar las condiciones de operación del equipo
MOTOR	Turbocompresor	Aprovechar los gases de escape y repotenciar la emisión de aire	Daño de turbina	Pérdida de potencia del motor	Mala operación	Capacitación en operación del equipo	Controlar el tiempo de apagado después de una jornada de trabajo
SUSPENSIÓN	Conjunto de ballestas	Soportar la carga y amortiguar impacto generados en las ruedas	Ruptura de ballestas	Inestabilidad en el equipo	Condiciones operacionales	Capacitación en operación del equipo	Controlar la carga
ELÉCTRICO	Sistema de control de límite de carga	Alertar límite de carga y control de exceso	Falla de electroválvulas	Bloqueo del sistema de la grúa	Corrosión de conectores	Mantenimiento preventivo	Inspección periódica
TRANSMISIÓN	Cardán	Transmite el esfuerzo de rotación del motor hacia las ruedas	Deterioro de crucetas	Vibración del equipo en marcha	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo	Engrase de crucetas

<b>LUMINARIAS</b>							
<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>CAUSAS DE FALLA</b>	<b>CONTROLES</b>	<b>ACCIONES IMPLEMENTADAS</b>
ELÉCTRICO	Farolas	Iluminación	Ruptura de filamento interno de la farola	No cumple su función de iluminación	Vibración en el traslado del equipo	Mantenimiento preventivo	Retiro de filamentos para el traslado
IMPLEMENTO	Cable de mástil	Elevar el mástil y regulación de altura	Ruptura o deterioro de terones	caída de mástil	Mantenimiento inadecuado	Mantenimiento preventivo	Engrase periódico
MOTOR	Radiador	Refrigeración en el sistema del motor	Obstrucción en los paneles del radiador	Recalentamiento del motor	Condiciones ambientales	Mantenimiento preventivo	Limpieza periódica del panel

<b>GRUPOS ELECTRÓGENOS</b>							
<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>	<b>CAUSAS DE FALLA</b>	<b>CONTROLES</b>	<b>ACCIONES IMPLEMENTADAS</b>
ELÉCTRICO	Tarjeta AVR	Regula la tensión y estabiliza corriente	Daño en los circuitos	Variación o anulación del flujo de corriente	Sobrecarga	Capacitación en operación del equipo	No exceder capacidad de carga
MOTOR	Cigüeñal	Transforma movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme	Fuga de aceite por retén delantero	Desgaste de componentes internos	Trabajo de motor en vacío	Capacitación en operación del equipo	Operar el motor en RPM adecuado

## REPORTES DE FALLAS DE CAMIONES

Motivo del informe		<b>REPORTAR LAS CONDICIONES DEL EQUIPO</b>		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN / MARCA / MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FAMILIA</b>	
12K003	CAMION LUBRICADOR/VOLVO/FM12	93KAS60D68E-737366	CAMIONES	
<b>OT</b>	<b>TIPO DE DAÑO</b>	<b>HOROMETRO</b>	<b>ESTADO</b>	
	DAÑOS OPERATIVOS	9106	OPERATIVO	
<b>OPERADOR / USUARIO</b>		<b>SUPERVISOR / USUARIO</b>		
<b>MANTENIMIENTO CAMPO</b>		<b>MANTTO</b>		
<b>LUGAR DEL ACCIDENTE</b>		<b>GUARDIA</b>	<b>FECHA Y HORA</b>	
TALLERES		A	04/04/2020 09:00	
<b>ANTECEDENTES</b>				
En la inspección realizada al equipo, se encontró hojas de muelles rotas (3y4), cilindros de vasculameinto de la cabina en mala estado, barra de dirección ligeramente doblada y desgaste en rotulas.				
<b>CAUSAS DE FALLA</b>				
Los daños se deben a las vibraciones e impactos bruzzcos debido a las condiciones propias de las labores de este equipo, que transitan por vias en mal estado.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
EQUIPO REQUIERE CAMBIO DE COMPONENTES				
<b>PARTES / SERVICIO</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>N° De parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sistema</b>	<b>ASUMIDO POR</b>
1	1635241	HOJA DE MUELLE POSTERIOR 3°	RUEDAS	MYSRL
1	1635243	HOJA DE MUELLE POSTERIOR 4°	RUEDAS	MYSRL
2	20922305	CILINDRO HYD DE VASC.	CABINA	MYSRL
1	20581086	BARRA DE DIRECCIÓN	DIRECCIÓN	MYSRL



HOJAS DE MUELLES NUEVAS

HOJAS DE MUELLES 3 Y 4 DE POSICIÓN 3-5



CILINDRO USADO

CILINDRO NUEVO

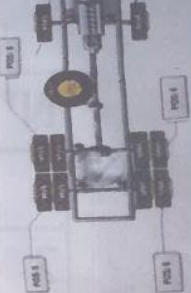
CILINDROS DE VASCULAMIENTO DE CABINA



BARRA DE DIRECCIÓN NUEVA

INFORME REALIZADO POR: TÉCNICO INSPECTOR

1.- FRENO DELANTERO P1	VALOR TOMADO (mm)	OBSERVACIONES	
DIAMETRO DE TAMBOR (132.00-143.00 mm)	120 mm	Se requiere cambio de tambor nuevo por causa de desgaste y por estar sucios	
ESPESOR DE FORRO SUPERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10.5 mm		
ESPESOR DE FORRO INFERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10.5 mm		
REGULACION (marca con X n° de vuelta)	1/8 1/4 1/2 1		
2.- FRENO DELANTERO P2	VALOR TOMADO (mm)	OBSERVACIONES	
DIAMETRO DE TAMBOR (132.00-143.00 mm)	118 mm	Se requiere cambio de tambor nuevo por causa de desgaste y por estar sucios	
ESPESOR DE FORRO SUPERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10.5 mm		
ESPESOR DE FORRO INFERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10.5 mm		
REGULACION (marca con X n° de vuelta)	1/8 1/4 1/2 1		
3.- FRENO DELANTERO P3	VALOR TOMADO (mm)	OBSERVACIONES	
DIAMETRO DE TAMBOR (132.00-143.00 mm)	115 mm	Se requiere cambio de tambor nuevo por causa de desgaste y por estar sucios	
ESPESOR DE FORRO SUPERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10 mm		
ESPESOR DE FORRO INFERIOR (18.00 - 5.00 mm)	10 mm		
REGULACION (marca con X n° de vuelta)	1/8 1/4 1/2 1		
4.- FRENO DELANTERO P4	VALOR TOMADO (mm)	OBSERVACIONES	
DIAMETRO DE TAMBOR (132.00-143.00 mm)	116 mm	Se requiere cambio de tambor nuevo por causa de desgaste y por estar sucios	
ESPESOR DE FORRO SUPERIOR (18.00 - 5.00 mm)	8 mm		
ESPESOR DE FORRO INFERIOR (18.00 - 5.00 mm)	8 mm		
REGULACION (marca con X n° de vuelta)	1/8 1/4 1/2 1		



SERVICIO REALIZADO POR:

- Carlos Hernandez B  
- Antonio Medina

Y "B" DEL SUPERVISOR:

## REPORTES DE FALLAS DE LUMINARIAS

**CLIENTE** : YANACOCCHA  
**ATENCIÓN** : ROBERTO PINEDO M.  
**C.C** : PEDRO SANCHEZ R / ARTURO HERRERA L. / WILSON AMPUERO D.  
**DE** : HERNAN GUARNIZ  
**ASUNTO** : EVALUACION DE DAÑOS EN EQUIPO  
**FECHA** : 07/04/20

### INFORMACION GENERAL:

<b>Lugar / Frente</b>	: TAJO LA QUINUA	<b>Tipo de Parada</b>	: Correctivo no Programado
<b>Equipo</b>	: LUMINARIA	<b>Fecha del Servicio:</b>	: -
<b>Marca</b>	: TEREX	<b>Horómetro</b>	: 12,161
<b>Codigo</b>	: 233005	<b>Estado Situacional</b>	: OPERATIVO

### DESCRIPCION DEL SERVICIO:

**1.- OBJETIVO:** Informar sobre daños encontrados.

#### **2.- ANTECEDENTES:**

- Durante el mantenimiento preventivo PM3, se constató falla en el ratchet principal del castillo.

**3.- TRABAJOS REALIZADOS:** Solo se realizó mantenimiento preventivo PM3 e inspección general.

Ratchet en mal estado



Ratchet en mal estado



#### **4.- CONCLUSIONES:**

- El equipo se encuentra operativo, con la condición observada, se requiere cambio de componente.

#### **5.- RECOMENDACIONES**

- No realizar movimientos bruscos en el traslado o en la operación de izaje del mástil.

#### **6.- REPUESTOS A PEDIR**

- Ratchet principal