



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA  
CONFIABILIDAD Y SU INFLUENCIA EN LA  
DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA VEHICULAR RAM  
V700”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autor:**

Ricardo Miranda Chavarria

**Asesor:**

Ing. Juan Carlos Durand Porras

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

Para mi familia,

Por haberme dado apoyo moral en esta etapa de mi vida.

A dios,

Por darme la fuerza para salir adelante ante las dificultades.

A los profesores,

Por impartir sus enseñanzas y conocimientos para ser mejores profesionales y personas.

## **AGRADECIMIENTO**

Por el presente trabajo de Tesis, me gustaría agradecer a mis padres, hermanos, esposa e hija por su apoyo constante.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por formar futuros profesionales con las actitudes, conocimientos para alcanzar el éxito.

A los profesores por su esmero, apoyo y paciencia en cada curso, que nos enriquecieron con sus experiencias y enseñanzas para lograr culminar favorablemente nuestros estudios.

## INDICE DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                     | <b>10</b> |
| 1.1. Realidad Problemática .....  | 10        |
| 1.1.1. Delimitación de la investigación – Descripción de la empresa ..... | 10        |
| 1.1.2. Realidad problemática internacional.....                           | 11        |
| 1.1.3. Realidad problemática nacional .....                               | 12        |
| 1.1.4. Realidad problemática local.....                                   | 13        |
| 1.2. Formulación del problema.....  | 16        |
| 1.2.1. Problema General.....  | 16        |
| 1.2.2. Problema Específico 1 .....  | 16        |
| 1.2.3. Problema Específico 2 .....  | 16        |
| 1.2.4. Problema Específico 3 .....  | 16        |
| 1.3. Objetivos de la investigación .....                                  | 16        |
| 1.3.1. Objetivo General .....   | 16        |
| 1.3.2. Objetivo Específico 1 .....  | 16        |
| 1.3.3. Objetivo Específico 2.....   | 16        |
| 1.3.4. Objetivo Específico 3.....   | 16        |
| 1.4. Hipótesis de la investigación.....                                   | 17        |
| 1.4.1. Hipótesis general.....   | 17        |
| 1.4.2. Hipótesis específico 1 .....                                       | 17        |
| 1.4.3. Hipótesis específico 2 .....                                       | 17        |
| 1.4.4. Hipótesis específico 3 .....                                       | 17        |
| 1.5. Justificación de la investigación. ....                              | 18        |
| 1.5.1. Justificación teórica.....   | 18        |
| 1.5.2. Justificación práctica.....  | 18        |
| 1.5.3. Justificación Cuantitativa.....                                    | 19        |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO .....</b>                                    | <b>20</b> |
| 2.1. Antecedentes de la investigación.....                                | 20        |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales.....                                  | 20        |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales. ....                                      | 25        |
| 2.2. Bases teóricas.....  | 29        |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.2.1.   | Primera variable (X): Mantenimiento centrado en la confiabilidad ..... | 29        |
| 2.2.2.   | Segunda variable (Y): Disponibilidad de la flota vehicular.....        | 47        |
| 2.2.3.   | Teorías relacionadas a las variables de estudio.....                   | 54        |
| 2.2.4.   | Definición de términos básicos .....                                   | 56        |
| <b>CAPÍTULO 3. METODOLOGIA .....</b>   |  | <b>58</b> |
| 3.1.   | Tipo de la investigación .....   | 58        |
| 3.2.   | Nivel de investigación.....  | 58        |
| 3.3.   | Diseño de investigación.....   | 58        |
| 3.4.   | Población, muestra y muestreo.....                                     | 60        |
| 3.4.1.   | Población de la investigación.....                                     | 60        |
| 3.4.2.   | Muestra de la investigación.....                                       | 61        |
| 3.4.3.   | Criterios de selección .....   | 61        |
| 3.5.   | Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....                   | 62        |
| 3.5.1.   | Técnica utilizada en la recolección de datos .....                     | 62        |
| 3.5.2.   | Instrumentos utilizados para la recolección de datos.....              | 62        |
| 3.5.3.   | Instrumentos de análisis de datos.....                                 | 64        |
| 3.5.4.   | Procedimiento de recolección de datos .....                            | 64        |
| 3.5.5.   | Validación y confiabilidad del instrumento .....                       | 65        |
| 3.6.   | Procedimiento de tratamiento y de análisis de datos.....               | 67        |
| 3.7.   | Aspectos Éticos .....  | 67        |
| <b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>  |  | <b>68</b> |
| 4.1.   | Resultado descriptivo.....   | 68        |
| 4.2.   | Estadística inferencial .....  | 69        |
| 4.3.   | Prueba de hipótesis .....  | 70        |
| 4.3.1.   | Contrastación de prueba de hipótesis específica 01 .....               | 70        |
| 4.3.2.   | Contrastación de prueba de hipótesis específica 02.....                | 73        |
| 4.3.3.   | Contrastación de prueba de hipótesis específica 03.....                | 76        |
| 4.3.4.   | Contrastación de prueba de hipótesis general .....                     | 79        |
| <b>CAPÍTULO 5. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....</b>   |  | <b>82</b> |
| 5.1.   | Discusión de resultados obtenidos. ....                                | 82        |
| 5.2.   | Limitaciones de la investigación. ....                                 | 84        |
| 5.3.   | Implicancias de la investigación.....                                  | 84        |
| 5.4.   | Conclusiones.....  | 85        |
| 5.5.   | Recomendaciones .....  | 86        |
| <b>REFERENCIAS .....</b>   |  | <b>87</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  |  | <b>91</b> |
| Anexo 1. Matriz de consistencia – Coherencia .....   |  | 91        |
| Anexo 2. Detalle de las 431 fallas de la flota vehicular en el año 2020 .....                        |  | 92        |
| Anexo 3. Detalle del tiempo de reparación por 6241.8 horas en la flota vehicular en el año 2020..... |  | 93        |
| Anexo 4. Detalle de gastos realizados en el año 2020.....  |  | 94        |

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 5. Repuesto vehicular.....   | 95  |
| Anexo 6. Estrategia del plan de mantenimiento. ....                            | 96  |
| Anexo 7. Organigrama del area de flota – Empresa Ezentis Peru S.A.C .....      | 97  |
| Anexo 8. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo .....                    | 98  |
| Anexo 9. Consecuencias de fallas del año 2020.....                             | 99  |
| Anexo 10. validación de expertos.....  | 100 |
| Anexo 11. Resultado del SPSS25 de la hipótesis especifica 01 - T Student ..... | 106 |
| Anexo 12. Resultado del SPSS25 de la hipótesis especifica 02 - T Student ..... | 106 |
| Anexo 13. Resultado del SPSS25 de la hipótesis especifica 03 - T Student. .... | 107 |
| Anexo 14. Resultado del SPSS25 de la hipótesis general - T Student. ....       | 107 |
| Anexo 15. Plan de mantenimiento preventivo para el año 2021 .....              | 108 |
| Anexo 16. Programa de mantenimiento preventivo para el año 2021 .....          | 108 |
| Anexo 17. Evaluación de vida útil de repuestos críticos en el año 2020.....    | 109 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla 1</b> .....   | <b>60</b> |
| <i>Cantidad de fallas y tiempo de reparación de la flota vehicular periodo enero a diciembre (año 2020).....</i> | <b>60</b> |
| <b>Tabla 2</b> .....   | <b>65</b> |
| <i>Validez de expertos para el instrumento de la investigación .....</i>   | <b>65</b> |
| <b>Tabla 3</b> .....   | <b>68</b> |
| <i>Indicadores de mantenimiento en el periodo enero a diciembre (año 2020) .....</i>                             | <b>68</b> |
| <b>Tabla 4</b> .....   | <b>69</b> |
| <i>Indicadores de mantenimiento en el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto).....</i>                  | <b>69</b> |
| <b>Tabla 5</b> .....   | <b>71</b> |
| <i>Valores mensuales de la mantenibilidad (MTTR) .....</i>   | <b>71</b> |
| <b>Tabla 6</b> .....   | <b>71</b> |
| <i>Resultado para la hipótesis específica 01 .....</i>   | <b>71</b> |
| <b>Tabla 7</b> .....   | <b>74</b> |
| <i>Valores mensuales de la confiabilidad (MTBF).....</i>   | <b>74</b> |
| <b>Tabla 8</b> .....   | <b>74</b> |
| <i>Resultados prueba para Hipótesis Específica 2 .....</i>   | <b>74</b> |
| <b>Tabla 9</b> .....   | <b>77</b> |
| <i>Valores mensuales del costo de mantenimiento .....</i>  | <b>77</b> |
| <b>Tabla 10</b> .....  | <b>77</b> |
| <i>Resultados para la hipótesis específica 03.....</i>   | <b>77</b> |
| <b>Tabla 11</b> .....  | <b>80</b> |
| <i>Valores Mensuales de la disponibilidad en el año 2020 y en el año 2021 .....</i>                              | <b>80</b> |
| <b>Tabla 12</b> .....  | <b>80</b> |
| <i>Resultado para la hipótesis general .....</i>   | <b>80</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1.</b> ....   | <b>15</b> |
| <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....   | <b>15</b> |
| <b>Figura 2.</b> ....   | <b>45</b> |
| <i>Hoja de información de confiabilidad de equipo</i> .....   | <b>45</b> |
| <b>Figura 3.</b> ....   | <b>45</b> |
| <i>Evolución de la gestión de mantenimiento</i> .....   | <b>45</b> |
| <b>Figura 4.</b> ....   | <b>50</b> |
| <i>Gráfico de indicadores.</i> .....  | <b>50</b> |
| <b>Figura 5.</b> ....   | <b>55</b> |
| <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....   | <b>55</b> |
| <b>Figura 6.</b> ....   | <b>72</b> |
| <i>Mantenibilidad de la flota vehicular en el año 2020 y mantenibilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.</i> .....                 | <b>72</b> |
| <b>Figura 7.</b> ....   | <b>75</b> |
| <i>Confiabilidad de la flota vehicular en el año 2020 y confiabilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.</i> .....                   | <b>75</b> |
| <b>Figura 8.</b> ....   | <b>78</b> |
| <i>Costo de mantenimiento de la flota vehicular en el año 2020 y costo de mantenimiento de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.</i> ..... | <b>78</b> |
| <b>Figura 9.</b> ....   | <b>81</b> |
| <i>Disponibilidad de la flota vehicular en el año 2020 y disponibilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.</i> .....                 | <b>81</b> |



## RESUMEN

En la presente investigación tiene como objetivo dar a conocer el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, donde la planificación, programación y cumplimiento de tareas, van a generar el cuidado, rendimiento, operatividad para los cuales han sido adquiridos, así mismo se reducirá las paradas no programadas las cuales afectan a la disponibilidad mecánica y producción de la empresa.

La empresa no ha aplicado el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad, es por ello que la disponibilidad promedio semestral (enero a junio en el 2020) fue de 96.82% esto a consecuencia de tener unidades inoperativas por falta de repuesto en stock, mantenimientos desfasados, demora en la compra de repuesto, mantenimiento correctivo no programados las cuales generan gastos elevados y unidades paradas en taller, todo lo mencionado afecta además en la baja producción la cual repercute en los egresos de la empresa. Actualmente la empresa cuenta con 124 vehículos marca RAM modelo V700 del año 2019. El objetivo es lograr que los mantenimientos (Preventivo, Correctivo recurrentes) se realicen según el kilometraje estipulado, ya que se tendrá una tabla matriz donde indicara los trabajos a realizar, por eso el área de flota realizara un plan de mantenimiento preventivo anual para lograr mejorar disponibilidad en base a la disminución de tiempo de reparación de las unidades y esto será informado al area la operación. Con esto se logrará atención oportuna de las unidades, reducción de paradas no programadas, incremento en la disponibilidad.

**Palabras clave:** Mantenimiento centrado en la confiabilidad, mantenimiento preventivo, disponibilidad.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

#### **1.1.1. Delimitación de la investigación – Descripción de la empresa**

Ezentis Peru S.A.C es una empresa española, inicia sus operaciones en Perú en el año de 1994, actualmente es una de las empresas líderes en los servicios de telecomunicaciones, esto se ha logrado por el desempeño de los servicios que damos a nuestro principal cliente que es Telefónica del Perú. Con 26 años de experiencia garantizamos la excelente calidad en el servicio que da nuestro personal técnico, la cual ejerce también un arduo trabajo del personal administrativo. Actualmente contamos con 124 vehículos de marca Ram modelo V700 que fueron adquiridos mediante un leasing financiero, cada unidad está asignada a un técnico para que se desplace a los distintos distritos de Lima norte con el fin de atender los servicios de instalación, reparación, soporte en cable, internet y telefonía.

A fines del año 2018 se firmó un contrato por 5 años con nuestro cliente Telefónica del Perú, el cual generaría anualmente una producción en servicios de 1.1 millón de dólares. La oficina administrativa se encuentra en la Av. República de Panamá nro 3505 en el distrito de San Isidro. Actualmente Ezentis tiene una sede operacional en Av. Chacra Cerro mz c lt 97, en el distrito de Comas, donde se encuentra la parte operativa de las áreas así mismo la flota vehicular.

### **1.1.2. Realidad problemática internacional**

A *nivel internacional*, la gestión del mantenimiento se complementa con métodos como el mantenimiento preventivo, correctivo, RCM y TPM que ayudan a mejorar los procesos de mantenimiento a través de la optimización de costos, control del trabajo a realizar de forma segura, tiempos planificados para asegurar disponibilidad y metas de producción . (Alvarez 2017).

A *nivel internacional*, desde la época de la revolución industrial, las empresas han estado buscando la forma en que las maquinarias y equipos estén operando la mayor parte del tiempo, con el fin de lograr la producción deseada, ya que para tal fin fueron adquiridos y diseñados, por eso el mantenimiento busca con sus diferentes tareas, mantener una disponibilidad óptima y continua, que podemos evaluar mediante cálculos y así poder tomar acciones preventivas o correctivas. (Salazar 2017).

A *nivel internacional*, el mantenimiento se ha manejado en las últimas décadas como un proceso obligatorio y rutinario, que las empresas realizaban sin conocer su importancia; Sin embargo, una vez puestas en práctica las estrategias de mejora continua de la producción, se ha hecho mayor la necesidad de gestionar un mantenimiento eficaz, especialmente hoy en día donde los procesos de automatización requieren de mayor disponibilidad, rendimiento y calidad, así como la competitividad ha cobrado una importancia considerable en el desarrollo y productividad de las empresas. (Sutharsan y Kaple, 2018).

### **1.1.3. Realidad problemática nacional**

A *nivel nacional*, un estudio de Alban (2017) sobre el mantenimiento centrado en la confiabilidad, llegó a la conclusión que el RCM no es considerado por las empresas como un valor agregado para alcanzar la producción deseada, pero las fallas de los activos en nivel crítico impactan de forma negativa los indicadores de mantenimiento y los ingresos económicos; de ahí la necesidad de ver la función de mantenimiento como una unidad de negocio específica en las organizaciones y tratarla en consecuencia, de modo que las medidas de disponibilidad, rendimiento y calidad puedan asegurar que los sistemas de producción permanezcan alineados con el contexto operativo.

A *nivel nacional*, un estudio de Li & Mescua (2016) sobre un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, llegó a la conclusión que una estrategia de mantenimiento inadecuada conduce a una serie de paradas no planificadas la cual ocasiona altos costos por trabajos de correctivos, por eso es importante identificar los problemas mediante las medidas de AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla) posteriormente el Análisis de Criticidad para que las horas de paradas no impacten de forma negativa los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, así lograr el uso óptimo de los activos.

A *nivel nacional*, la problemática de la disponibilidad, nos indica que los activos en las empresas han optado por un tipo de mantenimiento de clase mundial, para obtener mayor productividad de sus procesos, una buena optimización con ayuda de metodologías busca obtener el 100% de operatividad, evitando averías o paradas inesperadas de la maquinaria. La palabra disponibilidad está ligada a aspectos importantes como: uso correcto del activo, atención oportuna de mantenimiento. (Camara de minería del Perú, 2019).

#### **1.1.4. Realidad problemática local**

A *nivel local*, en la empresa Ezentis Peru S.A.C. donde se realizará la investigación, tiene baja disponibilidad de la flota vehicular Ram V700 esto es a consecuencia de la falta de atención oportuna en las unidades, porque en muchas oportunidades se encuentran desfasados en su mantenimiento la cual conlleva a generar daños a otros componentes, falta de stock de repuestos, demora en la compra de repuestos.

La problemática es que tenemos muchos casos de falla vehicular en campo la cual afectan negativamente la disponibilidad de la flota, muchas de estas fallas son por desgaste de componentes, las cuales no pueden ser cambiadas de manera inmediata porque falta de stock de repuesto, esto ocasiona tener parado la unidad hasta que el área de compras realice la adquisición de los mismos, esto puede demorar entre 2 a 5 días porque internamente se tiene un proceso de aprobación para que sea emitido la OC y así el proveedor pueda atender el pedido. En otros casos también se tiene deficiencia en las programaciones de mantenimiento porque en varias ocasiones se encuentran vehículos desfasados en su mantenimiento preventivo la cual ocasionan daños a otros componentes por la falta de revisión oportuna.

El área de flota tiene la gran parte de responsabilidad porque no maneja un mantenimiento centrado en la confiabilidad, no realiza programaciones de mantenimiento, no maneja un stock de repuestos críticos, no tiene un plan de mantenimiento acorde a cada kilometraje.

En términos generales los vehículos están presentando desgastes de componentes por uso, las cuales no se atienden de manera oportunamente, esto se ve reflejado en la disponibilidad promedio del 96.82% que se ha tenido en el semestre de enero a junio del año 2020, la cual ha impactado de forma negativa la producción.

También se hace énfasis que las unidades pernoctan en el domicilio del conductor, esto es una facilidad que da la empresa para ganar tiempo en las movilizaciones.

El proceso diario que realiza el conductor antes de salir a trabajar es la siguiente:

(1) El conductor en su domicilio verifica los niveles de aceite y condiciones externas del vehículo, después procede con el encendido para constatar el correcto funcionamiento de luces, frenos y embrague (Si hubiera fallas, este reporta al Encargado de Flota para la verificación del problema), para tomar las siguientes opciones.

Opción A: La falla es leve, el conductor podrá traer conduciendo el vehículo al taller de la empresa para su revisión.

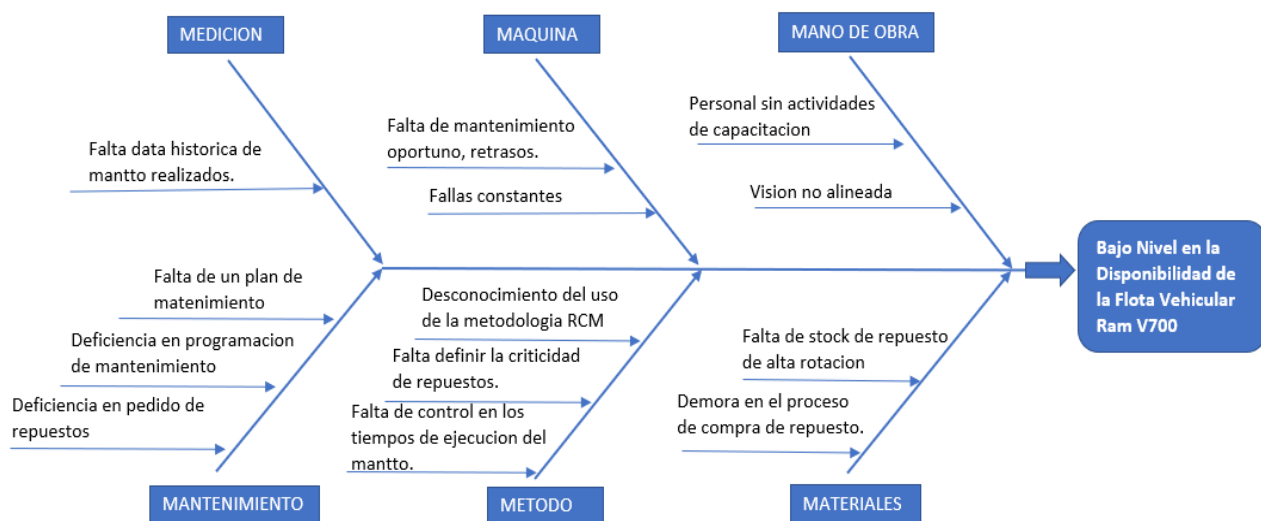
Opción B: La falla es grave, se solicitará grúa mediante la póliza para que traslade la unidad al taller de la empresa.

En ambas opciones si la falla requiere cambio de repuesto se solicitará al area de compras, la atención puede demorar de 2 a 5 días, si la falla solo es regulación o limpieza la unidad queda operativa en una hora.

(2) Cuando la unidad está en perfecta condiciones mecánica y eléctrica (Operativo), será usado por el técnico quien se dirigirá a los diversos lugares que debe atender, asimismo si ocurriera una falla en el trayecto, este informa al Encargado de Flota para tomar las mismas opciones anteriores.

**Figura 1.**

*Diagrama de Ishikawa*



*Nota: Se detalla el diagrama de Ishikawa mediante el método de las 6 M. Tomado de <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-ishikawa> ,por Arenhart, et al., 2019.*

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite incrementar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700?

### **1.2.2. Problema Específico 1**

¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia mejora la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700?

### **1.2.3. Problema Específico 2**

¿Cómo el Mantenimiento centrado en la Confiabilidad y su influencia mejora la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700?

### **1.2.4. Problema Específico 3**

¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia mejora los costos de la flota vehicular RAM V700?

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

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite incrementar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

### **1.3.2. Objetivo Específico 1**

Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700.

### **1.3.3. Objetivo Específico 2**

Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700.

### **1.3.4. Objetivo Específico 3**

Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar los costos de la flota vehicular Ram V700.



#### **1.4. Hipótesis de la investigación**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

El Mantenimiento centrado en la confiabilidad influye de forma positiva y significativa en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

##### **1.4.2. Hipótesis específico 1**

Existe relación significativa entre el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700.

##### **1.4.3. Hipótesis específico 2**

Existe relación significativa entre el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700.

##### **1.4.4. Hipótesis específico 3**

Existe relación significativa entre el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar los costos de la flota vehicular Ram V700.

## **1.5. Justificación de la investigación.**

### **1.5.1. Justificación teórica.**

La investigación es de vital importancia porque desde el punto teórico utiliza los conceptos del mantenimiento centrado en la confiabilidad tales como: el tiempo promedio de reparación, el tiempo promedio entre averías, análisis de criticidad, plan de mantenimiento, tareas de mantenimiento, análisis de modo falla y sus efectos, las cuales contribuyen a mejorar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, costos de mantenimiento, tiempos de atención. La Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad nos permitió detectar la deficiencia en las atenciones de mantenimientos correctivos, logrando incrementar la disponibilidad mecánica, mejorar los costos de mantenimiento y los tiempos de atención en la organización.

La investigación se fundamentó en la teoría del libro Bloom (2005), la teoría de la implementación sintetizada, la cual menciona las ventajas del RCM en las organizaciones, donde una aplicación correcta minimizará el mantenimiento no programado, mejorando la disponibilidad y tiempos de atención.

### **1.5.2. Justificación práctica.**

La presente investigación es importante porque aporta a mejorar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, mantenibilidad (MTTR), confiabilidad (MTBF) y costos de mantenimiento, mediante los tiempos de atención y del control de tareas en el proceso de mantenimiento, empleando el RCM por el método AMEF (análisis de modo falla y efecto), la cual permite detectar de manera oportuna el desgaste de componentes por uso, eliminando de esa forma las posibles fallas que podrían ocurrir en el tiempo de utilización de la flota vehicular Ram V700.

La investigación en la práctica se justifica porque presenta fases favorables para su fortalecimiento y fases desfavorables para su corrección y sirve de base para otras investigaciones relacionadas con ella.

### **1.5.3. Justificación Cuantitativa.**

La presente investigación es importante porque nos permite cuantificar la disponibilidad de la flota, tiempos de atención y costos de mantenimiento de la flota vehicular Ram V700. Para el caso de disponibilidad mecánica se tuvo un promedio de 96.82% semestral, en base a 431 fallas la cual tuvo tiempo de reparación total por 6,241.80 horas para su operatividad. Sobre el indicador de mantenibilidad (MTTR) se tuvo un promedio semestral por 14.28 horas por el tiempo promedio de reparación. Mediante el indicador de confiabilidad (MTBF) se tuvo un promedio semestral por 479.38 horas por el tiempo promedio entre fallas. En el caso de los costos de mantenimiento se tuvo un promedio semestral de S/ 17,490.88 (enero a junio del 2020).

## CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales.

Lizcano (2019) para optar el grado de Especialista en Gerencia de Mantenimiento y Confiabilidad con su tesis titulada *“Elaboración de una propuesta de mantenimiento mediante la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para los cargadores frontales de bajo perfil Sandvik LHD410 en la sociedad Minera de Santander S.A.S”* de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga - Colombia. Su objetivo general es elaborar una propuesta del Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los cargadores frontales para generar actividades de forma proactiva en base al mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los activos en la operación. El método que se utilizó es de investigación tipo aplicada mediante el análisis-síntesis la cual logro identificar cuáles serán los efectos y consecuencias de un modo de falla y cómo estos afectarán la confiabilidad y disponibilidad durante la operación. La investigación extrae las actividades que se resumen en los servicios de mantenimiento controlados por los horarios de operación y son el documento rector para que el departamento de mantenimiento logre sus objetivos dentro de los tiempos establecidos; además, con esta metodología se ha podido definir una lista de repuestos críticos que son imprescindibles para satisfacer los requisitos operativos. Por otro lado, los costos del ciclo de vida del activo se calcularon en un período de cinco años de operación continua, encontrándose la intervención de 2000 horas como la más crítica, confirmando que la metodología RCM ayuda a reducir los costos de mantenimiento, optimizar los recursos de mano de obra y repuestos invertidos que serán usados en los futuros mantenimientos preventivos. En sus conclusiones expresa que el análisis que se realizó al costo del ciclo de vida mediante la metodología RCM permite una reducción en los costos de mantenimiento y que esto representa solo un total de 8 % del ciclo



de vida del activo proyectado a 5 años de operación continua, además, se recomienda que el análisis de modos y efectos de falla sea un documento que debe ser actualizado constantemente tanto por el operador como por el personal del área de mantenimiento, también menciona que el indicador de confiabilidad que se obtuvo en los cargadores LHD410 evidencian que el equipo se encuentra en las etapas iniciales de su vida útil. Sin embargo, estos activos tuvieron fallas considerables que se reflejan en las 73 órdenes de servicio ejecutadas donde el tiempo promedio entre fallas es de 1684.2 y 2354,70 horas, además, el indicador de mano de obra que el personal de mantenimiento dedica el 69,8% de su tiempo a corregir fallas, afirmando la importancia de aplicar una metodología que promueva el cambio en la gestión de mantenimiento de la empresa.

Alvarez (2017), para optar el grado de Ingeniero Mecánico Automotriz con su tesis titulada: *“Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca”* de la Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador. Su objetivo general es realizar un mantenimiento adecuado basándose en la criticidad de las unidades, teniendo así vehículos seguros que se prestan a ser fiables para el personal de la institución y pacientes. El método usado en esta investigación es de tipo descriptiva con una orientación cuantitativa. Las distintas unidades de emergencia fueron analizadas en base a ciertos parámetros como: Diagramas de Pareto, que permitieron analizar los costos acumulados con respecto a las fallas acumuladas. La distribución de Weibull, con la que analizó los tiempos de buen funcionamiento vs los tiempos de reparación con los que se trazaron algunos indicadores de mantenimiento, incluida la disponibilidad de cada unidad de emergencia. En sus conclusiones indicó que al utilizar la metodología RCM, se ha establecido un plan de mantenimiento para reducir la tasa de fallas en las unidades de emergencia. Se pudo analizar 257 tipos de fallas en las 28 unidades de emergencia, logrando determinar una medida preventiva para 27 de ellas, que resultó ser la más crítica, con lo cual se lograron vehículos más confiables y se minimizaron los costos de mantenimiento de las unidades. El cálculo de la tasa de fallas realizado de 2015 a junio de 2016 mostró que la unidad con mayor número de fallas es la ambulancia con el código U3 y el número de registro AMA-1009, la cual tiene 25 fallas durante este período de estudio a un precio de \$ 7,528.2.

López (2014), para optar el grado de Ingeniero Mecánico con su tesis titulada *“Aplicación de la Táctica de Mantenimiento Basada en la Confiabilidad (RCM) en la línea de Producción de Agua en bolsa de 350 ml”* de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas – Colombia. Su objetivo general es analizar e identificar los puntos críticos de los equipos que afectan la línea de producción utilizando el RCM. La metodología de esta investigación es de tipo aplicativo con un diseño longitudinal. Las averías de las maquinas están afectando de forma negativa la producción en la planta, así mismo se tiene baja disponibilidad por las constantes fallas, mediante el análisis de modo falla se quiere minimizar los costos de mantenimiento, anticipar y planificar las tareas de mantenimiento de forma eficiente. En sus conclusiones indico que el análisis de RCM ha sido de gran ayuda para el personal de mantenimiento y operación ya que pueden tomar decisiones más rápidas y cuidadosas sobre posibles fallas y la respectiva tarea proactiva a realizar. Mediante la información de los diagramas generales de tiempo en reparación, la importancia de la llenadora se ve claramente en todo el proceso de producción debido al impacto directo en la calidad del producto, generado por la variedad de fallas, además la cantidad de tiempo de inactividad de equipos que afecta la continuidad del proceso El desglose general del equipo ayuda a obtener una imagen completa de las piezas de repuesto o los componentes clave de un equipo.

Villacrés (2016) para optar el grado de magister en Gestion del Mantenimiento Industrial con su tesis titulada *“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”* de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador. Su objetivo general es desarrollar un plan de mantenimiento mediante la metodología de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) el vehículo de la flota de Hidrocleaners de la empresa municipal. La metodología de investigación es de tipo aplicada con nivel descriptivo. Se considera un problema que la mayoría de los Hidrocleaners hayan superado los veinte (20) años de servicio, por lo que se podría suponer que su vida útil está llegando al final. Se compró un nuevo equipo hace aproximadamente 6 años y el número de fallas ha sido significativo en comparación con los demás, con registros que muestran 12 fallas durante el último año de operación. Mediante ello se plantea un plan de mantenimiento basado en RCM para los activos críticos de la flota vehicular de Hidrocleaners, con el fin de reducir la tasa de fallas. En sus conclusiones indico que la aplicación de la metodología RCM permite la reducción de la tasa de fallas de los componentes en equipos críticos, también podemos destacar el cambio en los resultados presentados a la empresa, la muestra que seleccionó también proviene del período marzo de 2016 - febrero de 2017. Durante el proceso de implementación, realizó un análisis de criticidad de los equipos para priorizar su importancia. Como resultado, se puede comprobar que la variable disponibilidad tiene un incremento medio del 3,7%. Luego de haber aplicado el plan de mantenimiento a partir de 2015 y habiendo realizado las acciones correctivas (determinadas mediante la aplicación de la metodología RCM), se determinó que la tasa de fallas se redujo de 11 a 6 fallas por año, esto representa una reducción de 45 % en la tasa de fallas en el nuevo período analizado.



### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Torres (2017), en su trabajo de tesis denominado, “*Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60 x 113 de la Minera Chinalco*”, tiene como objetivo general mejorar la disponibilidad de la chancadora 60 x 113 mediante la ejecución del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, por lo cual se menciona que en el mes/año julio 2015 a junio 2016 ocurrió una baja en la disponibilidad mecánica a 88.91%, ya que en dicho tiempo se verifico que la disponibilidad del molino primario no llego al objetivo requerido para la actividad de extracción a 90%, generando elevadas pérdidas económicas para la empresa. El método que se utilizo es de investigación tipo aplicada mediante el análisis-síntesis. Mediante el Análisis de Modos de Falla y Efectos y también mediante el Análisis de Criticidad, fueron fundamentales para realizar la lista de clasificación de los componentes para evaluar el porcentaje de criticidad que presenta. En sus conclusiones expreso que en mes/año julio 2016 a junio 2017 se alcanzó una mejora significativa de los resultados y también un aumento en la disponibilidad mecánica de 3.17%. La aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) también pudo lograr identificar las fallas recurrentes (criticas) para poder mejorar el análisis de criticidad de los componentes del chancador de 60 "x 113" con miras a mejorar su vida útil.

Echevarría (2015), en su trabajo de tesis *“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para incrementar la disponibilidad operacional de los equipos críticos del área de congelado del complejo pesquero casamar SAC”*, nos indica que tuvo como objetivo general diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos. Se utilizó la metodología preexperimental. Se aplicó un Análisis de Criticidad (AC), esto ayudó a determinar que el equipo de la 80% de la zona de congelación era crítico o que tenía una disponibilidad operativa inicial generalizada del 72,4%. Luego se llevó a cabo un Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), que contribuyó al hecho de que los modos y efectos de fallas eran 55% críticos. En consecuencia, se utilizó el árbol de decisiones para tareas de mantenimiento (ALD), que ayudó a determinar las tareas a realizar, estas son: condición (35%), revisión (29%), mantenimiento no planificado (15%), reemplazo cíclico (13%) y resolución de problemas (8%). En las conclusiones de la investigación determinó que en los meses de enero-mayo del año 2014 se logró incrementar la Disponibilidad Operativa en un 15,73%, de igual forma, mediante el análisis de criticidad (AC) se determinó que 29 equipos son críticos (80%), 1 equipo es semi-crítico (10%) y 1 equipo es no crítico (10%). también con el estudio de ALD se conoció que 92.06% de las averías que presentan los equipos estudiados, han generado consecuencias operacionales y 7.9% de consecuencias no obvias.

Cubillas (2020), en su trabajo de suficiencia profesional *“Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y efectos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas en la empresa Italsolder S.A.C.”* nos menciona que tiene como objetivo general determinar cómo la implementación del RCM mejora la disponibilidad de las extrusoras. El método utilizado es de tipo de aplicada con un nivel descriptivo. Las extrusoras hidráulicas no tenían un plan de mantenimiento, por lo que se aplicó la metodología RCM, así mismo fueron de ayuda los registros de mantenimiento, por otro lado también se usó el manual de fabricante de la extrusora y finalmente se juntó información del personal de las áreas involucradas. mantenimiento. Las conclusiones de la presente investigación en la extrusora hidráulica LP250 - 1I demuestra que la disponibilidad se incrementó 10,4%. En la extrusora LP250 - 2I, la disponibilidad se elevó en un 8,5%. Los tiempos de ejecución de reparación de la extrusora hidráulica LP250-1I se redujeron en un 27,5%. En la extrusora hidráulica LP250-2I, disminuyó en un 23,3%. La cantidad de fallas de la extrusora LP250-1I se redujo en un 82,4%. En la extrusora LP250-2I, se redujo en un 73,3%. Los costos generados en los mantenimientos de la extrusora LP250-1I han disminuido en un 82%, en la extrusora LP250 - 2I, se generó una disminución en un 71,2%. El RCM ha ayudado a elevar la disponibilidad de las extrusoras, mejorar la comprensión del funcionamiento del activo y también indagar sobre las posibles de falla que se pueden generar en el sistema.

Indigoyen (2020) en su trabajo de tesis “*Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de la chancadora Sandvik CH870 – Compañía Minera Milpo S.A.A.*” El objetivo de la investigación es aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para incrementar la disponibilidad de la chancadora mencionada. El método de investigación es experimental, por lo que la variable independiente se manipula para controlar el aumento o la disminución de la disponibilidad. El problema preciso fue la disminución de la disponibilidad con un promedio mensual de 77.4%, para la maquina chancadora Sandvik. Esta baja disponibilidad tiene un impacto directo en la producción, por lo que la compañía Minera Milpo S.A.A. los objetivos trazados normalmente no se logran, porque en constantes oportunidades ocurrieron fallas que no solo tuvieron un impacto directo en la producción, sino que también tuvieron un impacto en los indicadores de mantenimiento como los costos de mantenimiento, el tiempo medio entre fallas y la mantenibilidad. Esto ocurrió porque no se conocía las posibles fallas, tampoco los efectos, y mucho menos intentar implementar algunas tareas para reducir los efectos de los errores. En la conclusión de la investigación menciona que mediante la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) se incrementó la disponibilidad promedio mensual en 85.2%, obteniendo un incremento promedio de 7,8% lo que nos ayuda a incrementar la producción. Se pudo reducir el tiempo de inactividad por mantenimiento correctivo de un promedio mensual de 158 horas a 104 horas, lo que permitió mejorar la disponibilidad de los activos (equipos).

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Primera variable (X): Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

#### **2.2.1.1. Mantenimiento.**

El mantenimiento es una serie de técnicas que tienen como objetivo mantener los equipos e instalaciones en funcionamiento durante el mayor tiempo posible (para lograr la mayor disponibilidad) y con el máximo rendimiento (Garcia, 2003).

Desde la revolución industrial, las empresas han intentado poner en funcionamiento máquinas y equipos la mayor parte del tiempo para mantener la producción que desean, porque para eso se compraron y diseñaron (Garcia, 2003).

El mantenimiento son actividades que deben realizarse en orden cronológico, en condiciones de operación seguras, efectivas y económicas, en las máquinas de producción y otros activos de una empresa (Garcia, 2003).

Las industrias son cada vez son más complejas y automatizadas como consecuencia del desarrollo tecnológico que ha ido avanzando a lo largo de los años con grandes cadenas productivas, cuya parálisis significa grandes pérdidas económicas. La importancia del mantenimiento se deriva, por tanto, de la necesidad de una estructura que permita establecer rápidamente las condiciones ideales de funcionamiento para minimizar las pérdidas de producción (Mora, 2009).

En 1950, la industria estadounidense dejó de darle importancia al mantenimiento, pero en el otro extremo del continente, fueron los japoneses quienes revolucionaron el mantenimiento de sus instalaciones industriales en la década de 1960 (Mora, 2009).

### **2.2.1.2. Importancia del mantenimiento.**

Lo más importante del mantenimiento es que planifica con anticipación las actividades a realizar en la máquina, elija el personal que realizará el trabajo, elija las herramientas adecuadas, verifique la frecuencia de uso, las piezas a reemplazar, la lubricación de las máquinas y coordinar las fechas más adecuadas con la producción para poder realizar las inspecciones y reparaciones programadas a tiempo. Además de eso, habrá ahorros en los costos de reparación y mantenimiento de inventario (Moubray, 2004).

El mantenimiento preventivo es una serie de tareas relevantes para extender la vida útil de las maquinas, instalaciones y prevenir el pare de la obra por fallas. Su finalidad es programar las interrupciones del trabajo en momentos puntuales, revisar y realizar las medidas de mantenimiento de los equipos, evitando así reparaciones de emergencia (Moubray, 2004).

El mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en un 25%, reduce los costes de mantenimiento en un 30% y prolonga la vida útil de las máquinas y los sistemas hasta en un 50%. Los programas tradicionales de mantenimiento preventivo se basan en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas al día y cuarenta horas a la semana. A medida que las máquinas y los equipos funcionan durante más tiempo, los programas de mantenimiento deben ajustarse en consecuencia para garantizar un mantenimiento adecuado y un equipo duradero (Moubray, 2004).

El mantenimiento es importante en cada sector industrial, además, una organización debe combinar adecuadamente las mejores prácticas en la gestión del mantenimiento y el apoyo a la mejora continua para sobrevivir en el entorno competitivo actual (Kanti et al., 2018).

Las estrategias convencionales de reparación en caso de avería ya no funcionan. Eran aceptables en el pasado, pero si desea ser productivo hoy, debe tener en cuenta que esperar la falla es demasiado costoso porque hay pérdida de producción, defectos de calidad, tiempo de inactividad y pérdida de ganancias (Kanti et al., 2018).

### **2.2.1.3. Gestion de mantenimiento.**

Para lograr un mantenimiento competente es importante que la gestión del mantenimiento se base en el trabajo de planificar y controlar las tareas o actividades que deben realizarse para incrementar la disponibilidad y eficiencia requerida por el sistema de producción (Tavares, 2014).

Por tanto, la gestión del mantenimiento puede definirse como el uso eficaz y eficiente de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos marcados para el mantenimiento. Esto significa un aumento significativo en la vida útil de los equipos y sus ventajas con el fin de garantizar la calidad de los productos o servicios y utilizarlos como estrategia para una competencia exitosa. Para producir con alta calidad y un servicio razonable, las instalaciones de producción deben operar dentro de las especificaciones, lo que puede lograrse mediante un mantenimiento oportuno (Tavares, 2014).

La gestión moderna del mantenimiento incluye todas aquellas actividades de gestión en las que: se determinan los objetivos y prioridades del mantenimiento donde se definen los objetivos, asignados y aceptados por la alta dirección del departamento, así como las estrategias a utilizar para lograr los objetivos considerados como métodos de gestión utilizados para lograr lo planificado (Tavares, 2014).

En este contexto se espera contribuir de modo significativo y evidente a la eficiencia y eficacia de las operaciones de producción o de las ofertas de servicio de una organización o institución. En las últimas décadas la estructura de gestión de mantenimiento ha evolucionado de manera rápida con el fin de buscar optimizar la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de activos y componentes cada vez más importantes (Mora, 2009).

La gestión del mantenimiento es el sistema de gestión que planifica, organiza, dirige, controla y gestiona todas las actividades relacionadas con el mantenimiento. Al mismo tiempo, responde a las necesidades de producción y contribuye a la productividad y competitividad de la empresa (Mora, 2009).

El objetivo de la gestión del mantenimiento es el mejoramiento de la optimización, funcionalidad de las piezas de los equipos, máquinas de producción en base a las metas planteadas por la organización: (Mora, 2009).

1. Al menor costo.
2. Calidad adecuada (cumplimiento de requisitos).
3. En el lugar indicado.
4. En el momento oportuno (optimización del tiempo).



#### 2.2.1.4. Tipos de mantenimiento.

**Mantenimiento preventivo:** Se lleva a cabo poniendo fuera de funcionamiento la máquina o sistema para realizar inspecciones y cambio de componentes según un cronograma previamente planificado y organizado, este tipo de mantenimiento es muy ventajoso. Consiste en realizar determinadas reparaciones o cambios en componentes o piezas a intervalos de tiempo o según determinados criterios predeterminados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento del activo (Mora, 2009).

Esto significa anticipar y evitar cualquier anomalía que pueda ocurrir en los equipos, asegurando su funcionamiento con un bien común de reducción económica de tal forma que se pueda prever una falla futura de los componentes del equipo (Mora, 2009).

**Mantenimiento rutinario:** Este tipo de mantenimiento nació en Japón y fue ejercido por primera vez en 1969 en la organización japonesa DENSO del Grupo Toyota, la cual se extendió por todo Japón por los años 70, luego la implementación fuera de Japón inició una actividad diaria a partir de los 80 y consta de una serie de tareas, tal como: control de información, verificación visual, limpieza constante, lubricación y ajuste de tornillos en los equipos; tanto en espacios recurrentes y no recurrentes en el área de mantenimiento. El personal que lo practica no requiere una gran especialización técnica, sino que informa sobre todo tipo de novedades (Mora, 2009).

**Mantenimiento correctivo:** También conocido como mantenimiento reactivo, es un trabajo que incluye una determinada cantidad de trabajos de reparación no programados con el objetivo de restaurar la función de un sistema después de un tiempo de inactividad imprevisto. Las causas que pueden provocar un tiempo de inactividad imprevisto son errores que no se detectaron durante las inspecciones predictivas, errores operativos, falta de tareas de mantenimiento y requisitos de producción que generan ideologías como, reparar cuando presenta avería (Mora, 2009).

Este tipo de mantenimiento interviene cuando hay una avería donde el equipo no puede continuar con su función, la falta de medidas preventivas implica el desarrollo de un mantenimiento correctivo, minimizando podemos reducir costes importantes (Mora, 2009).

**Mantenimiento predictivo:** Este mantenimiento nos garantiza un adecuado control, porque se base en las constantes frecuencia de revisiones durante el trabajo de la máquina, que es la forma más acertada de obtener información específica para el propósito específico de resolución de problemas. Mantenimiento basado básicamente en la detección de una avería antes de que se produzca, para dar tiempo a corregirla sin daños en el servicio, interrupción de la producción, etc. Estos controles se pueden realizar de forma periódica o continua, según el tipo de equipo, sistema de producción, etc. Para este fin se utilizan mecanismos de diagnóstico, equipos y diferentes pruebas como de lubricantes, temperatura, etc. (Mora, 2009).

Es el conjunto de tareas que permiten reducir los costes del programa de mantenimiento tradicional, con el avance de la tecnología, es más fácil detectar errores porque existen innumerables instrumentos como vibración mecánica, análisis de aceite, análisis termográfico infrarrojo, análisis ultrasónico, monitoreo de condición, entre otros, las cuales son importante para garantizar la operatividad del activo (Mora, 2009).

**Mantenimiento proactivo:** Es la que menciona una serie de tareas de mantenimiento preventivo y predictivo que tienen como meta garantizar que los equipos realicen las actividades necesarias en el ámbito operacional en el que se ubican, reducir las medidas de mantenimiento correctivo, extender sus ciclos operativos, lograr mejoras operacionales y aumentar la eficiencia. de los procesos (Mora, 2009).

Referente a este tipo de mantenimiento se basada en identificar y eliminar las causas que provocan el desgaste y la avería del equipo o máquina (Mora, 2009).

**Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** Es tipo de metodología es utilizado para decidir qué se debe hacer para asegurar que el activo funcione dentro de los márgenes o estándares establecidos por el fabricante en el contexto operativo actual. El RCM garantiza que un activo mantenga su operatividad de manera eficiente, dentro de los márgenes permitidos según su capacidad y la confiabilidad inherente del activo. Es una de las técnicas que mejor resultado ofrece actualmente en el mantenimiento la cual favorece significativamente a la organización (Moubray, 2004).

Es un proceso para establecer qué operaciones necesitamos hacer, para que un equipo o sistema continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operativo, siempre que sean rentables para el negocio (Moubray, 2004).

#### **2.2.1.5. Concepto de mantenimiento centrado en la confiabilidad.**

El Mantenimiento Centrado en la fiabilidad (MCF) o RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) es una de las técnicas organizativas actuales aplicadas al mantenimiento que mejora de manera más significativa sus resultados. El desarrollo del RCM tiene en cuenta las importancias de mantenimiento de cada etapa antes de preguntar si es relevante reconsiderar otro diseño. Esto se debe a que el técnico de mantenimiento de turno necesita mantener el equipo funcionando. Debemos tener en cuenta que la confiabilidad operativa y la capacidad del equipo no podrán aumentar más allá de su nivel de diseño (Moubray, 2004).

La confiabilidad está fundamentalmente relacionada con la tasa de fallas (número de fallas) y el tiempo de operación promedio y el tiempo de operación. A medida que aumenta el número de fallas de un equipo determinado o disminuye el tiempo de funcionamiento promedio de un equipo, su confiabilidad será menor (Moubray, 2004).

El análisis RCM se basa en un modo de falla detallado y un análisis del efecto FMEA e incluye probabilidades de falla y cálculos de confiabilidad del sistema. Este análisis se utiliza para determinar las actividades de mantenimiento adecuadas y dirigir las a cada uno de los modos de falla identificados. La filosofía RCM utiliza las técnicas de Mantenimiento Preventivo (PM), Mantenimiento Predictivo e Inspección, Mantenimiento Reactivo y Proactivo de una empresa integrada con el fin de incrementar la probabilidad de que el equipo funcione de la forma requerida en su diseño con el mínimo mantenimiento realizado. Con el objetivo principal de reducir los costos de mantenimiento, garantizando al mismo tiempo la confiabilidad del sistema y la seguridad de los equipos (Moubray, 2004).

El RCM Se puede definir como: La filosofía de gestión del mantenimiento, donde un equipo de trabajo multidisciplinario interactúa con la tarea de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que labora en situaciones de trabajo pactados, cumpliendo tareas de mantenimiento más positivo en función de la criticidad del equipo, analizando las consecuencias. de fallos, seguridad, medio ambiente y modos de operación (Moubray, 2004).

Es un proceso para determinar qué operaciones necesitamos para asegurar que un equipo o sistema continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operativo, siempre que sean rentables para la empresa. Dado que el producto final de un análisis RCM bien realizado es que se seleccionará una estrategia de mantenimiento adecuada para cada equipo, el impacto es una mejora general en la confiabilidad. RCM tiene como objetivo reducir costos, mejorar la seguridad y eliminar las actividades de mantenimiento que no son efectivas o apropiadas para una pieza de maquinaria en particular. La implementación de procesos de RCM evita una mentalidad de talla única que podría desperdiciar tiempo y recursos valiosos (Moubray, 2004).

RCM es un método de organización de tareas y gestión de mantenimiento para formar programas enlazados mediante la fiabilidad de los activos en función de su estructura y composición. El RCM resguarda un programa de mantenimiento positivo que se centraliza en conservar la confiabilidad original del activo (Moubray, 2004).

Entonces para obtener un programa eficiente de mantenimiento centrado en la confiabilidad, es necesario analizar fallas previas para construir una matriz de vida útil y esto nos ayuda a realizar el programa de mantenimiento más realista posible para evitar fallas en campo que dañen la disponibilidad de la maquinaria, equipos o activos de la empresa (Moubray, 2004).

### **2.2.1.6. Principios para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.**

Para implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad, consta de cuatro fases (Pourahmadi, et al., 2017).

**a) Control de la documentación:** Los equipos a estudiar deben priorizarse a través de iniciativas de priorización, por lo que se debe recopilar todo el conocimiento explícito de los equipos prioritarios. La recogida de datos permitirá realizar el AMEF. El análisis de la documentación de diseño, operación y mantenimiento es útil para realizar una verificación de la documentación. La documentación relacionada principalmente con el mantenimiento debe ser crucial cuando ocurren fallas correctivas complejas. Por tanto, toda la información se recopila siguiendo estas secuencias: (Pourahmadi, et al., 2017).

1. Elección del grupo de trabajo.
2. Recopilación de información.
3. Información insertada en tablas

**b) Análisis de modo y efecto de fallas:** Con la información recolectada se deben dar respuesta a las 3 primeras preguntas de los 7 pasos del RCM (1 las funciones del equipo, 2 los modos de falla y 3 las causas). Para ello, será necesario combinar el trabajo realizado por los diseñadores de las instrucciones y la experiencia de los técnicos de mantenimiento (Pourahmadi, et al., 2017).

**c) Desarrollo de un plan de mantenimiento:** Se crea un plan de mantenimiento preventivo con la participación de técnicos y profesionales de mantenimiento. Se debe dar contestación a las interrogantes de la cuarta y séptima en base al análisis del RCM (estudio de consecuencias, 5 elección de los acontecimientos de mayor efecto, 6 elecciones preventivas y 7 elecciones opcionales). Además, se debe realizar una revisión de cómo falla

el equipo, incluyendo el conocimiento implícito y la experiencia de técnicos, profesionales de mantenimiento y operadores de producción (Pourahmadi, et al., 2017).

Se debe tener en cuenta que las medidas de mantenimiento preventivo contenidas en los manuales de operación y mantenimiento están sobredimensionadas, ya que los diseñadores no tienen información sobre las consecuencias de los tipos de errores a evitar y sus causas. Por lo tanto, los técnicos de mantenimiento deben ajustar la periodicidad de las actividades de mantenimiento preventivo cambiando o incluso eliminando actividades del manual de mantenimiento. Además, los técnicos adquieren una experiencia invaluable que es útil para otros trabajos de mantenimiento, y esta información recopilada debe incorporarse a las actividades de mantenimiento preventivo (Pourahmadi, et al., 2017).

**d) Retroalimentación continua:** El mantenimiento debe gestionarse como una unidad de negocio y, por tanto, en base a indicadores. El uso de indicadores permitirá monitorear el funcionamiento de las máquinas en proceso, establecer prioridades en la asignación de recursos con el fin de mejorar los valores de los indicadores, consolidar la revisión y mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo. La información recopilada debe usarse para generar órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo que deben ser revisadas por los técnicos de mantenimiento quienes a su vez serán apoyados por su gerente de línea (Pourahmadi, et al., 2017).

Dado que el producto final de un análisis RCM bien hecho es elegir una estrategia de mantenimiento adecuada para cada dispositivo, esto conduce a una mejora general en la confiabilidad. RCM tiene como objetivo reducir costos, mejorar la seguridad y eliminar las tareas de mantenimiento que no son efectivas o apropiadas para una máquina en particular. Al implementar procesos de RCM, puede evitar una mentalidad unificada que podría desperdiciar tiempo y recursos valiosos. Este análisis se utiliza para determinar las



actividades de mantenimiento apropiadas y dirigir las a cada uno de los modos de falla identificados (Pourahmadi, et al., 2017).

Los activos más críticos son aquellos que pueden fallar con frecuencia o tener graves consecuencias en caso de fallas. Con esta estrategia de mantenimiento se identifican posibles modos de falla y sus consecuencias; todo ello teniendo en cuenta el rol del equipo. Por lo tanto, es posible determinar técnicas de mantenimiento rentables que minimicen la posibilidad de fallas (Moubray, 2004).



### 2.2.1.7. Fases del RCM.

Las fases para implementar RCM son importantes, además un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad debe cumplir las siguientes fases (Piasson, et al., 2016).

**Codificación de equipos y registro:** Inventario de todos los equipos correctamente ordenados, es importante tener en cuenta que estos no solo deben estar separados por tipo, modelo o serie, sino también asignados dentro de una clasificación general del sistema, para ser fácilmente identificados y / o codificados (Piasson, et al., 2016).

**Registro de funciones y especificaciones de los equipos:** En esta fase se detallan las funciones de los sistemas que componen el equipo y, a su vez, las partes que componen cada sistema. Asimismo, necesitamos definir cada función con áreas de trabajo que nos permitan demostrar que el equipo o sistema está funcionando de manera eficiente. Estas áreas de trabajo o parámetros operativos pueden ser: presiones, temperaturas, niveles de fluidos, vibraciones y todo lo demás que se pueda medir (Piasson, et al., 2016).

**Determinación de modos de fallo:** Para evitar confusiones, el modo de falla debe entenderse como parte de las fallas funcionales, es decir, puede haber varios modos de falla para una falla funcional. Por lo tanto, existen diferentes modos de falla para un solo dispositivo (Piasson, et al., 2016).

**Determinación de disponibilidad de equipos:** Es muy importante tomar notas y contar las horas dentro de este período en que cada máquina o dispositivo está activo y disponible. Para ello, en este caso tenemos que llevar un control y un historial de las horas paradas por mantenimiento; mantenimiento preventivo y correctivo, que se puede realizar restando el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo intervenido (Piasson, et al., 2016).

**Análisis de criticidad de equipos:** Clasificar según la gravedad de las consecuencias que pueden ocasionar; Para determinar la gravedad, solo tenemos que preguntarnos ¿qué pasa si sucede? Según la explicación, a la respuesta se le asigna un nivel de gravedad como crítico, importante y tolerable (Piasson, et al., 2016).

**Determinación de las medidas preventivas:** Una vez clasificadas las fallas según su criticidad, se determinan las medidas preventivas para eliminar o reducir la falla y sus efectos. Las medidas preventivas pueden ser de cinco tipos: inspecciones visuales, lubricación, verificaciones con instrumentos en la máquina en servicio o equipos fuera de servicio, mantenimiento condicional, mantenimiento sistemático y revisión. Las mejoras en los equipos pueden variar desde cambiar materiales, diseñar la pieza hasta cambiar las condiciones de trabajo. Después de hacer el análisis para cada equipo. La capacitación del personal puede tener como objetivo saber qué hacer en caso de falla, actuar y prevenir daños mayores al equipo. También se puede abordar para que el mismo operador pueda intervenir antes de que ocurra el error y prevenir este evento con los conocimientos adquiridos. Fortalecer el procedimiento que todos realizan y verificar que todos realicen las mismas operaciones, reduciendo así las fallas por mal funcionamiento. Es una estrategia más económica de ejecutar, sin embargo, es una de las más difíciles porque depende de todo el grupo y de su compromiso con la empresa. Instruya al personal para que realice un mantenimiento orientado a la excelencia, utilizando medidas de tolerancia y ajustes, según el fabricante. Es muy importante elevar el nivel de mantenimiento, haciéndolo estándar y eficiente (Piasson, et al., 2016).

**Agrupación de medidas preventivas según criticidad:** El resultado de agrupar estas medidas preventivas esencialmente para evitar o minimizar las fallas de un dispositivo es el plan o programa de mantenimiento de procedimientos operativos y de mantenimiento que reducen las fallas del dispositivo (Piasson, et al., 2016).

**Ejecución del plan de Mantenimiento:** Finalmente, todos los involucrados deben conocer los beneficios de aplicar este plan de mantenimiento y qué fallas se deben prevenir con este sistema. Asimismo, antes de la ejecución del plan, se deberá proporcionar la disponibilidad de todos los medios técnicos y materiales necesarios para cumplir con el plan. Se le presentará la lista de mejoras y formación que se proponen, para que pueda planificarse e iniciarse junto con el nuevo plan o programa de mantenimiento basado en la fiabilidad (Piasson, et al., 2016).

**Análisis de repuesto:** Aparte del plan de mantenimiento preventivo y el cronograma de las tareas a realizar, también se necesita un análisis de los repuestos. Los pasos que se debe seguir para un APR son casi iguales a los del OPM. El análisis de repuesto comienza con la comprobación de los modos de fallas, para garantizar que las partes de repuesto estén unidas con una clase de avería y así identificar la función de los riesgos. Es importante establecer el riesgo enlazado con cada tipo de falla. La realización paralela de PMO y APR da como consecuencia grandes sinergias, ya que se basan en identificar y clasificar el tipo de falla. En global, todas las partes de repuesto que están enlazadas con tipos de fallas críticas y datos de alto riesgo deben mantener cantidades en stock en el lugar de ejecución. Los tipos de error que contengan valores RPN medios deben escribirse en el sistema para que el pedido sea rápido con toda la información resaltante de la solicitud ya identificada, pero no almacenada con cantidades en el sitio (Piasson, et al., 2016).

**Control y monitoreo del programa de mantenimiento:** La finalidad del análisis es medir la confiabilidad de un activo y la efectividad de la estrategia de confiabilidad. Para un cálculo de análisis efectivo, es importante tener claro cada criterio y el personal que lo realizara para tener presente que los criterios son importantes ante el efecto del negocio. La parte más importante para asegurar que los análisis se realicen de manera eficiente es confirmar el origen de los datos y la integridad de los datos dentro de esos orígenes. Una fuente normal de datos de confiabilidad son el registro de trabajo o historiales de estos mismos (Piasson, et al., 2016).

**Evaluación y reinicio del ciclo:** La parte de recolección de datos es la que más tiempo con lleva, pero en última tarea es la más importante, ya que repercute directamente la exactitud del planteamiento de la dificultad. La mejor forma del método de análisis del origen de la causa o el análisis de datos puede tomar muchas dimensiones. Las mejoras desarrolladas deben proyectarse en mejorar las actividades dinámicas y el control inventario de piezas de repuesto, mejorando de manera continua el ciclo cerrado. Los resultados de un programa RCM deben proporcionar retroalimentación para tomar las próximas decisiones y análisis. En esta fase, las partes interesadas deben identificar oportunidades para seguir mejorando (Piasson, et al., 2016).

El propósito de RCM es que debe realizarse de forma continua, no solo durante el tiempo que sea necesario. Además, RCM agrega valor a muchas empresas al mantener la integridad de los componentes, extender la vida útil del dispositivo, evitar tiempos de inactividad no planificados y reducir los costos generales de mantenimiento (Piasson, et al., 2016).

**Figura 2.**

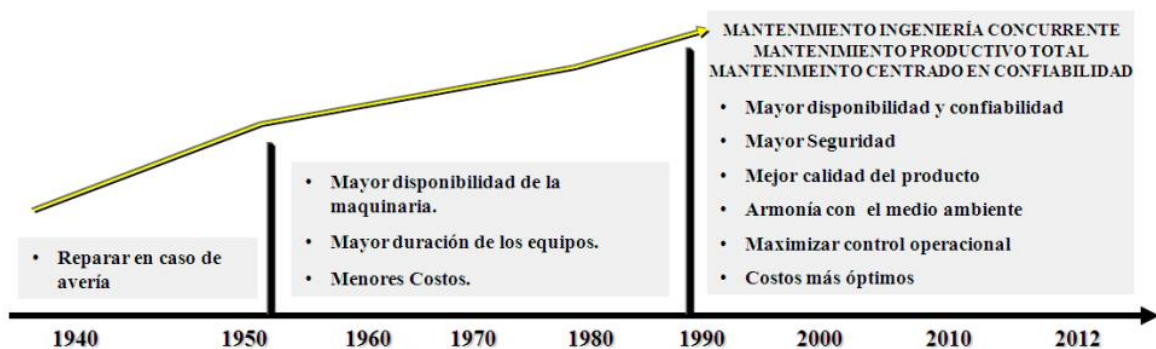
*Hoja de información de confiabilidad de equipo*

| Hoja de Información RCM | Área            |  | Sistema n°    | Facilitador:    | Fecha: | Hoja N° |
|-------------------------|-----------------|--|---------------|-----------------|--------|---------|
|                         | Sistema         |  | Subsistema n° | Auditor:        | Fecha: | de      |
| Función                 | Falla funcional |  | Modo de falla | Efecto de falla |        |         |
| 1                       | A               |  | 1             |                 |        |         |
|                         |                 |  | 2             |                 |        |         |
|                         |                 |  | :             |                 |        |         |
|                         | B               |  | 1             |                 |        |         |
|                         |                 |  | 2             |                 |        |         |
|                         |                 |  | :             |                 |        |         |
|                         | C               |  | 1             |                 |        |         |
|                         |                 |  | :             |                 |        |         |
|                         |                 |  | n             |                 |        |         |
|                         | D               |  | 1             |                 |        |         |
|                         |                 |  | 2             |                 |        |         |
|                         |                 |  | :             |                 |        |         |
|                         |                 |  | n             |                 |        |         |

*Nota: Se muestra el formato de fallas recurrentes para analizarlo con el RCM. Tomado de Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, F. Gonzales, 2010.*

**Figura 3.**

*Evolución de la gestión de mantenimiento*



*Nota: Se muestra la evolución del mantenimiento. Tomado de Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, F. Gonzales, 2010*

### 2.2.1.8. Dimensión del RCM

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo realice satisfactoriamente las funciones requeridas en las condiciones especificadas en un período de tiempo determinado (Mora, 2009).

La confiabilidad es una medida basada en la probabilidad del número de veces que un activo presenta falla. Si bien la alta disponibilidad es importante para garantizar la capacidad operativa, un bajo nivel de confiabilidad dará lugar a una alta tasa de paradas molestas, con la correspondiente pérdida debido a los efectos de detener y poner en marcha la planta. Nos permite analizar durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. El cálculo se realiza mediante el tiempo promedio entre fallas (MTBF) (Mora, 2009).

## **2.2.2. Segunda variable (Y): Disponibilidad de la flota vehicular**

### **2.2.2.1. Concepto de disponibilidad**

La disponibilidad es la proporción de tiempo que un activo este operativo, eso quiere decir libre de fallas. La función de mantenimiento debe proporcionar al menos un nivel aceptable de disponibilidad para la producción (un nivel que respalde adecuadamente el plan de producción). Para maximizar la contribución del mantenimiento al beneficio de la empresa, el objetivo de la gestión del mantenimiento debe ser proporcionar los niveles más altos de disponibilidad económicamente factible (Moubray, 2004).

Es el principal indicador de mantenimiento ya que limitará la capacidad de producción, es la probabilidad con la que el equipo está preparado para producir en un tiempo determinado, esto quiere decir que no tiene que parar por averías o ajustes, no hay paradas programadas para mantenimiento y operaciones, en general, se aplica lo siguiente: cuanto mayor es la confiabilidad, mayor es la disponibilidad (Moubray, 2004).

Para lograr una mejor disponibilidad, se debe realizar lo siguiente: (Moubray, 2004).

1. Utilizar mantenimiento predictivo, para evitar paradas no programadas, se detecta fallas de manera oportuna.
2. Programar actividades de mantenimiento.
3. Adoptar practicas relevantes en los mantenimientos preventivos basado en el análisis de fallas.

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de una computadora. La mayoría de las personas dicen que necesitan la disponibilidad del equipo tanto como necesitan seguridad, porque no es tolerable tener equipos que no funcionen, así mismo si todo está construido de manera muy segura entonces será fácil de reparar, la idea es brindar un sistema que cuando falla es fácil de recuperar (Moubray, 2004).

### **2.2.2.2. Importancia de la disponibilidad**

Los indicadores de gestión son resultados que ayudan a cuantificar la eficacia, rendimiento de un proceso. Estos resultados se caracterizan normalmente por traducir el desempeño final durante la ejecución y procesarlo en unidades de medida precisas, claras. Cuando hacemos comparación de estos datos con los objetivos que orientan la implementación de tareas, obteniendo información relevante sobre la eficiencia del trabajo que se está ejecutando, ya que entendemos que los malos indicadores en cualquier área conllevan una pérdida de capital para la empresa. La tarea central del departamento de gestión de mantenimiento es justamente la de asegurar mejores niveles de disponibilidad de los activos de la empresa, porque de ello depende la mejora de las líneas de producción y la demanda de un buen nivel calidad del servicio ejecutado (Moubray, 2004).

La disponibilidad es la probabilidad de que un activo se mantenga en un estado operativo y disponible ante cualquier misión cuando la misión se solicita en un momento inesperado y normalmente se define como el tiempo del servicio dividido por el tiempo total realizado (Moubray, 2004).

La disponibilidad tiende a variar por diferentes condiciones la cual incluye muchos factores como: modelos de confiabilidad, mantenibilidad, definición de mantenimiento, falla de causa normal, diagnósticos preventivos, nivel de efectividad en la reparación, sin uso, cobertura de prueba, tiempos operacionales, aspectos logísticos (niveles de repuestos, disponibilidad de mano de obra), incertidumbre en los parámetros (Moubray, 2004).

La disponibilidad es uno de los primordiales patrones de comportamiento medibles en los activos. En tal sentido, menciona las pautas requeridas para establecer una ruta de acción o ejecución de mantenimiento, que permita optimizar el uso de cada recurso de la organización (Mora, 2009),



### 2.2.2.3. Dimensiones de la disponibilidad

La disponibilidad es un indicador que permite estimar generalmente el porcentaje del tiempo total que se espera de un activo, eso quiere decir que esté disponible para ejecutar la función que se le ha asigna (Mora, 2009),

La disponibilidad mide cuánto tiempo funciona la máquina. paradas alteran el porcentaje de disponibilidad. Estas paradas pueden ser de 2 tipos: (Mora, 2009).

**a) Parada programada:** Corresponde a aquellos ciclos de trabajo en los que las máquinas están paradas por no estar programadas para su funcionamiento, en cuanto a mantenimiento predictivo, reuniones con la dirección programada, controles de calidad y maquinaria sin programa de producción (Mora, 2009)

**b) Parada no programada:** Corresponde a los ciclos en los que las máquinas se paran por eventos inesperados como falla inesperada de la máquina, falta de suministros, falta de materiales, falta de energía en el proceso, falta de personal operativo (Mora, 2009).

La fórmula de disponibilidad es la siguiente:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde el:

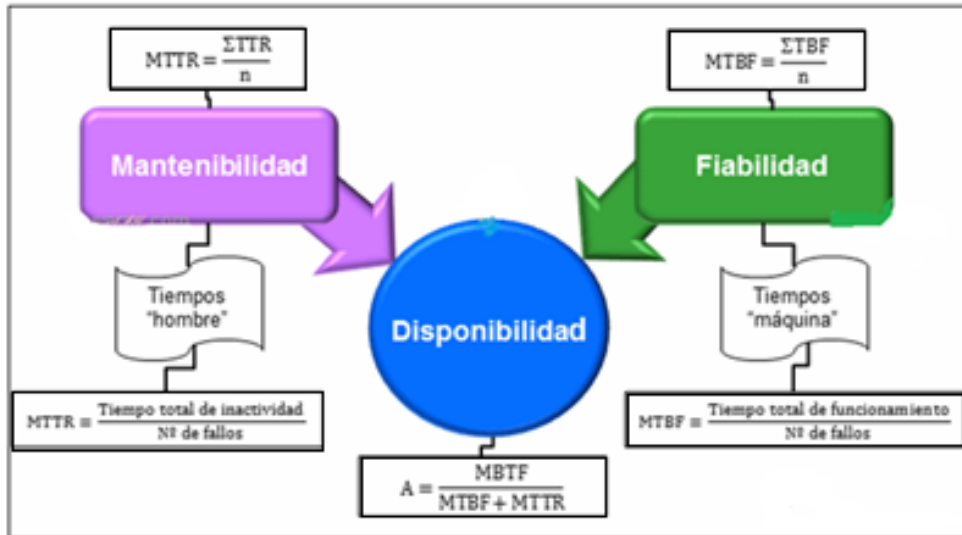
MTBF: Es el tiempo promedio entre fallas (Hrs)

MTTR: Es el tiempo promedio de reparación (Hrs)

Este indicador solo nos da la conciencia de que hay problemas por resolver en la gestión de mantenimiento, pero no indica qué sucedió en ese momento (Moubray, 2004).

**Figura 4.**

*Gráfico de indicadores.*



*Nota: Se muestra los Indicadores de mantenimiento gráficamente. Tomado de Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión, F. Fernández 2004.*

#### 2.2.2.4. Confiabilidad

La confiabilidad es una probabilidad del número de veces que un activo encuentra problemas. Es por ello por lo que proporciona un aviso de la continuidad del proceso de producción. Un activo puede tener alta disponibilidad sin poder ser confiable. Si bien la alta disponibilidad es importante para garantizar la capacidad operativa, un bajo nivel de confiabilidad dará lugar a una alta tasa de paradas molestas, con la correspondiente pérdida debido a los efectos de detener y poner en marcha la planta. Nos permite analizar durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. Esta medición se obtiene por el cálculo del tiempo promedio entre fallas (MTBF) (Mora, 2009).

Tiempo promedio entre fallas (MTBF): Es un indicador que mide el tiempo medio de funcionamiento de la máquina sin interrupción dentro de un tiempo predeterminado. Su fórmula es la siguiente: (Moubray, 2004).

$$\text{Confiabilidad (MTBF)} = \frac{\text{Tiempo total de operacion}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

#### 2.2.2.5. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un dispositivo fallado pueda repararse a un cierto estado en un cierto período de tiempo y con el uso de ciertos recursos. Tiempo promedio de reparación: Relación entre el tiempo total necesario para tomar la acción correctiva y el número total de errores encontrados en el período observado. La relación entre el tiempo medio entre fallos debe vincularse al cálculo del tiempo medio de reparación. Estos tiempos varían según la industria y, en algunos casos, los dispositivos tardan mucho en ponerse fuera de servicio. En algunos casos, por razones operativas, es posible poner en marcha el equipo para configurar los dispositivos o para realizar pruebas (Moubray, 2004).

Tiempo promedio de reparación: Este es el tiempo promedio para restaurar un dispositivo o máquina para que funcione después de un mal funcionamiento. Su fórmula es: (Moubray, 2004).

$$\text{Mantenibilidad (MTTR)} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

#### **2.2.2.6. Costos de mantenimiento**

Desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento, uno de los elementos más relevantes es el costo. Por ello, el ingeniero necesita analizar y profundizar los costes de mantenimiento para saber gestionarlos y controlarlos y así evitar su crecimiento (Tavares, 2014).

El costo total de un activo es la suma de los costos de mantenimiento, que incluyen el costo de mano de obra y repuestos, y también el costo de indisponibilidad, que incluye el costo del tiempo de inactividad de la producción (horas no trabajadas), por mala calidad del trabajo, falta de equipos, costos por los casos de emergencias, costos por casos adicionales e la producción, costos por repuestos ante emergencias. La experiencia de evaluación de los costos de indisponibilidad muestra que estos representan más de la mitad de los costos totales de la inoperatividad (Tavares, 2014).

Con referencia a los costos, el mantenimiento correctivo es el que más impacta haciendo que la curva se incremente porque reduce la vida útil de los activos y la consecuente depreciación del equipo, baja producción, de la misma manera se ve reflejado en el stock de materias primas obsoletas, incremento de horas extras al personal de mantenimiento, labores operativas inactivas y aumento del riesgo de accidentes (Tavares, 2014).

### **2.2.3. Teorías relacionadas a las variables de estudio**

#### **2.2.3.1. Diagrama de causa efecto Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa nos ayuda a comprender visualmente las causas y los efectos de los problemas que han surgido. Es una herramienta simple también conocida como diagrama de causa y efecto, árbol o espina de pescado (Arenhart, et al., 2019).

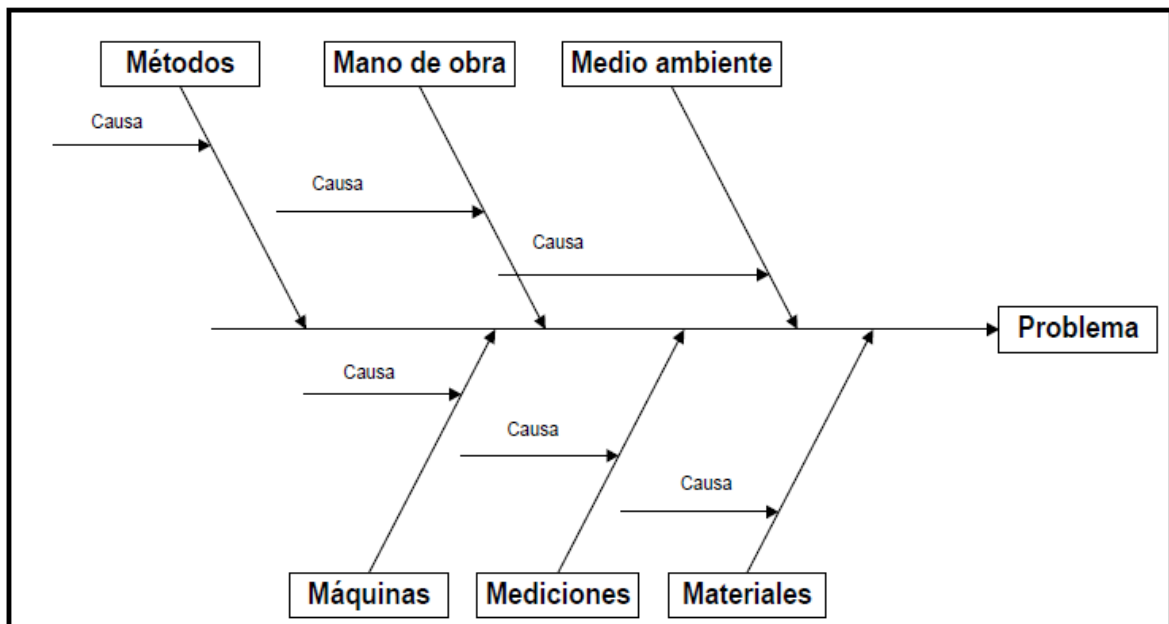
El diagrama Causa-Efecto generalmente se denomina diagrama Ishikawa porque fue creado por Kaoru Ishikawa, un experto en gobierno corporativo interesado en mejorar el control de calidad. También se le conoce como el diagrama de espina de pescado porque su forma se asemeja al esqueleto de un pez (Arenhart, et al., 2019).

Es un gráfico que tiene una línea con el problema principal en la parte media, de esta línea surgen otras líneas en las que las posibles causas se agrupan por grupos:

1. Métodos.
2. Mano de obra.
3. Medio ambiente.
4. Maquinaria.
5. Mediciones.
6. Materiales.

**Figura 5.**

*Diagrama de Ishikawa*



*Nota: Diagrama de Ishikawa por el método de las 6M, Tomado de <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa>, Arenhart, et al., 2019.*

#### 2.2.4. Definición de términos básicos

**Mantenimiento:** Consiste en mantener la operatividad y buen estado de los equipos en el tiempo de uso, para que cumplan con la función para lo que fueron adquiridos (Mora, 2009).

**Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** Es importante para decidir qué se debe hacer para asegurarse que el activo continúe operativo dentro de los parámetros o estándares establecidos por el fabricante en el contexto operativo (Moubray, 2004).

**Gestión de mantenimiento:** Es el sistema de gestión que planea, ordena, orienta y administra todas las tareas relacionadas con el mantenimiento (Mora, 2009).

**Disponibilidad:** Es un indicador que nos permite estimar de manera global el porcentaje del tiempo total que se desea esperar para que un activo esté operativo, así lograr realizar las tareas que fueron asignadas (Mora, 2009).

**Programa de mantenimiento:** Es el proceso de conformidad de códigos del equipo mediante la periodicidad, ejecución de tareas programadas, estudio de mantenimiento, datos de medición, entre otros datos, que son considerados necesarios para actuar de manera eficiente sobre el activo (Tavares, 2014).

**Falla:** Incapacidad del equipo para realizar las tareas requeridas para la que fue creado, inoperatividad (Tavares, 2014).

**Confiabilidad:** Conjunto de actividades que mencionan las características de disponibilidad y los objetivos que las determinan (Mora, 2009).

**Mantenibilidad:** Idoneidad de un equipo bajo ciertas condiciones de uso, para mantener o restaurarlo a su estado de operatividad, cuando el mantenimiento se realiza bajo ciertos objetivos y usando actividades promedio establecidos. (Mora, 2009).



**Costo de mantenimiento:** Se refiere al costo del trabajo realizado para mantener o restaurar un bien o producto a una condición específica. (Mora, 2009).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGIA**

### **3.1. Tipo de la investigación**

La presente investigación fue de tipo aplicada según (CONCYTEC, 2020) porque busca determinar, a través del conocimiento científico, los medios por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica. Es por ello, a través de herramientas ingenieriles apuesta a resolver un problema con la aplicación del RCM.

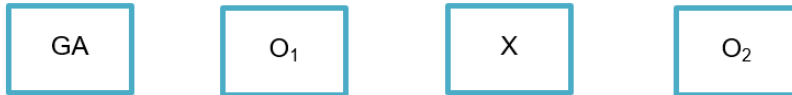
### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación para el estudio es explicativo porque busca responder las causas generadoras del fenómeno para dar una mejor explicación y oportunidades de solución como aporte del estudio. Así mismo explica por qué ocurre un fenómeno y en qué términos se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, 2014).

### **3.3. Diseño de investigación**

El diseño de investigación fue experimental porque busca o pretende evidenciar los tentativos efectos de una causa que se manipula. Es por ello, se establece una relación causal y se manipula la variable independiente para evaluar la variación negativa o positiva en la variable dependiente. Por otro lado, es preexperimental al evaluar un solo grupo con un grado de control mínimo (Hernández, 2014).

El diagrama del diseño de estudio es el siguiente:



En donde:

GA: Grupo experimental.

O<sub>1</sub>: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

O<sub>2</sub>: Disponibilidad de la flota vehicular.

X: Estímulo, refiere a la implementación de la herramienta

### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población de la investigación

La población de estudio correspondiente a la presente investigación estuvo conformada por 124 vehículos obteniendo 431 atenciones por fallas y 6241.80 horas de reparación desde enero a junio del 2020; en la empresa Ezentis Peru S.A.C

**Tabla 1.**

*Cantidad de fallas y tiempo de reparación de la flota vehicular periodo enero a diciembre (año 2020)*

| MES   | CANTIDAD DE FALLAS | HORAS DE REPARACION |
|-------|--------------------|---------------------|
| Ene   | 68                 | 1083.20             |
| Feb   | 68                 | 1068.30             |
| Mar   | 116                | 1844.30             |
| Abr   | 61                 | 796.40              |
| May   | 44                 | 596.00              |
| Jun   | 74                 | 853.60              |
| TOTAL | 431 Fallas         | 6241.80 Horas       |

*Nota: Esta tabla muestra la cantidad de fallas y tiempos de reparación ocurridas en la flota vehicular en el periodo enero a junio (año 2020).*

*Fuente:* Ezentis Peru S.A.C (2020)

En la tabla 1, se menciona la cantidad de fallas y tiempos de reparación que han ocurrido en el periodo enero a junio del 2020, teniendo un total de 431 fallas y 6241.80 horas por tiempo de reparación (anexo 2 y 3).

**Unidad de análisis:** 431 atenciones por fallas y 6241.80 horas por horas de reparación en la flota vehicular Ram V700 de la empresa Ezentis Peru S.A.C – Lima 2020.

### **3.4.2. Muestra de la investigación**

El tamaño de la muestra se considera censal porque se tomó el total de la población equivalente a 124 vehículos marca Ram modelo V700 con 431 datos por fallas y 6241.80 horas por tiempo de reparación en el periodo enero a diciembre en el 2020.

### **3.4.3. Criterios de selección**

- a) Se consideró todos los datos de cada mes para tener una mayor cantidad de datos a relacionar y sea mejor la variabilidad de estos y en consecuencia se dará una mejor explicación del fenómeno estudiado (aplicación de RCM)
- b) El tipo de muestra es censal porque permite reunir la totalidad de la información para tener una mejor representación del fenómeno de estudio en este caso la aplicación de RCM.

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

#### **3.5.1. Técnica utilizada en la recolección de datos**

Para recopilar los datos de la herramienta (X): mantenimiento centrado en la confiabilidad y la variable (Y): disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, se utilizó la técnica de análisis documental y técnica de observación.

El análisis documental representa la información de un documento en un registro estructurado, la reduce los contenidos y datos específicos en un esquema único. El Análisis documental es un grupo de operaciones que da lugar a un subdocumento de una forma diferente al original. El investigador debe realizar en cada documento un desarrollo de interpretación y análisis de la información para luego sintetizarlos (CONCYTEC, 2020).

Observación: consiste en la participación directa del investigador involucrándose en el estudio del fenómeno y en la recolección de los datos (CONCYTEC, 2020).

#### **3.5.2. Instrumentos utilizados para la recolección de datos**

La herramienta (X): mantenimiento centrado en la confiabilidad) y la variable (Y): disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, fue la ficha de recolección de datos para indicadores.

Según CONCYTEC (2020), El instrumento de medición es el medio utilizado por el investigador para anotar información o datos de las variables que requiere, además determina que el instrumento ficha de datos permite evaluar las condiciones de las actividades, de manera ordena, sin descuidar ningún factor.

##### **3.5.2.1. La herramienta (X) RCM y el instrumento para medir la variable (Y): Disponibilidad de la flota vehicular Ram V700 y la herramienta RCM**

Se muestra la ficha que se utilizará para recopilar la información necesaria para comprobar las hipótesis de la investigación. La herramienta RCM evaluará a través de las horas de taller, la mantenibilidad (MTTR), la confiabilidad (MTBF), el costo se medirá considerando el monto total de la reparación y la disponibilidad como el ratio o proporción entre el MTBF y el MTTR.

**Instrumento 1:** Ficha de recolección de datos.

| Día          | Cant<br>Eventos | Horas<br>Taller | Costo<br>Total | Jornada<br>Trabajo | MTTR | MTBF | Disponibilidad |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|------|------|----------------|
| 01           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 02           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 03           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 04           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 05           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 06           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 07           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 08           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 09           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 10           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 11           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 12           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 13           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 14           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 15           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 16           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 17           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 18           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 19           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 20           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 21           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 22           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 23           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 24           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 25           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 26           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 27           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 28           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 29           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 30           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| 31           |                 |                 |                |                    |      |      |                |
| <b>Total</b> |                 |                 |                |                    |      |      |                |

Fuente: Vasquez, (2019)

### 3.5.3. Instrumentos de análisis de datos.

Después de recolectar los datos, se hará la evaluación de forma cuantitativa (Valderrama, 2013). Los instrumentos para el análisis de datos de la presente investigación referente al mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular se mencionan a continuación:

- a) Microsoft excel: se utilizó para el análisis del tiempo de reparación, cantidad de fallas y costo de mantenimiento de la flota vehicular Ram V700 (anexo 2 y 3)
- b) Software SPSS25: se utilizó para la constatación de la hipótesis general y específicos (anexo 11, 12, 13 y 14)

### 3.5.4. Procedimiento de recolección de datos

En la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento para recolectar los datos (abril, 2008)

- a) **Seleccionar el instrumento:** El instrumento que se utilizó es la ficha recolección de datos para indicadores la cual fue validado por 3 expertos.
- b) **Aplicación del instrumento:** Obtener la información de interés para medir las variables
  - 1° paso: Registrar cada ingreso de vehículo a taller.
  - 2° paso: Corroborar que repuestos serán utilizados.
  - 3° paso: Registrar el costo de repuesto.
  - 4° paso: Registrar la hora de término del trabajo (vehículo operativo)
- c) **Analizar los datos obtenidos:** Realizar el cálculo de indicadores y evaluación de los resultados.
  - 1° paso: Registrar la información obtenida en Microsoft excel.
  - 2° paso: Realizar los cálculos de indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad.
  - 3° paso: Analizar los resultados para toma de decisiones.



### 3.5.5. Validación y confiabilidad del instrumento

#### Validación del instrumento

Por validez se puede decir que es poder dar la veracidad de estar midiendo la variable que se busca y no otra. De igual la validez es medible en dos niveles de investigación, ya sea por lo construido o por la información vertida en él. Así mismo, para validar la información esta tiene que medir acorde al tipo de herramienta que se requiere, según su legitimidad y facilidad de explicación de datos. Por otra parte, respecto de lo construido se menciona la parte teórica donde se legitima y fideliza la información a través de otras teorías de otros autores (Hernández, 2014).

En este caso se ha realizado en base al juicio de tres 3 expertos que cuentan con el grado de Ingeniero industrial y/o Magister para dar la validación del instrumento usado en la investigación (Anexo 10)

**Tabla 2.**

*Validez de expertos para el instrumento de la investigación*

| <b>EXPERTO</b>                    | <b>GRADO<br/>ACADEMICO</b> | <b>RESULTADO</b> |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------|
| Pachas Yrigoyen, Rolando          | Magister                   | Aplicable        |
| Moncada Macedo, Cesar Arturo      | Magister                   | Aplicable        |
| Obando Contreras, Giomara Melissa | Ingeniero                  | Aplicable        |
| Total                             |                            | Aplicable        |

*Nota: Esta tabla muestra los 3 expertos que validaron el instrumento.*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Confiabilidad del instrumento**

En la investigación se empleó instrumentos reales como la ficha de registro de fallas, tiempo de atención para el cálculo de indicadores, mediante la técnica análisis documental y la observación.

La confiabilidad es la precisión que se intenta medir un instrumento (Gonzalo, 2020).

### **Procesamiento de los datos**

El punto fundamental para poder dar fidelidad de los datos obtenidos es el análisis de datos, para lo cual se trabajó con la información previamente recolectada para luego ser analizada y tabulada y así determinar que correspondan a datos lógicos y viables para realizar la investigación. El análisis de datos es la comprensión lógica de los datos recolectados para poder explicar cuál es la relación entre las variables a estudiar. Alegando de esta manera la necesidad de presentar esta información de manera ordenada, es decir en tablas sin niveles de complejidad que faciliten la interpretación de estos. Para efectos del presente estudio se tendrá en cuenta el uso de la estadística paramétrica, la cual permite estimar que la población en estudio tiene una distribución normal. Para verificar la relación entre las variables, desarrollo una prueba de medias y así en base a la información suministrada de la T Student, se realizarán conclusiones que permitan validar las hipótesis específicas y general para la presente investigación.

### **3.6. Procedimiento de tratamiento y de análisis de datos**

#### **Análisis descriptivo**

Para la realización del estudio del trabajo de investigación, se recolecto información a través de la metodología y herramientas propuestas para luego reflejar los resultados por indicadores de acuerdo con las variables de investigación.

#### **Análisis inferencial**

Para confirmar la hipótesis se usa la prueba estadística de medias (T Student) para la constatación de las hipótesis planteadas para evaluar el impacto del estudio de la presente investigación.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Los datos son información real de la empresa.

Las personas que contribuyeron son mayores de edad y participan con consentimiento.

Los datos procesados y los resultados son utilizados con fines académicos.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultado descriptivo

Los indicadores de gestión de mantenimiento en el periodo enero a junio del año 2020 se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Indicadores de mantenimiento en el periodo enero a junio (año 2020)*

| MES      | CANTIDAD DE FALLAS | HORAS DE REPARACION | MANTENIBILIDAD | CONFIABILIDAD | COSTO MANTTO | DISPONIBILIDAD |
|----------|--------------------|---------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Ene      | 68                 | 1083.2              | 15.93          | 476.42        | S/ 17,023.3  | 96.76%         |
| Feb      | 68                 | 1068.3              | 15.71          | 440.17        | S/ 15,796.9  | 96.55%         |
| Mar      | 116                | 1844.3              | 15.90          | 272.72        | S/ 31,652.6  | 94.49%         |
| Abr      | 61                 | 796.4               | 13.06          | 515.47        | S/ 14,496.2  | 97.53%         |
| May      | 44                 | 596.0               | 13.55          | 747.36        | S/ 10,534.2  | 98.22%         |
| Jun      | 74                 | 853.6               | 11.54          | 424.14        | S/ 15,442.2  | 97.35%         |
| PROMEDIO |                    | 1040.30 Horas       | 14.28 Horas    | 479.38 Horas  | S/ 17,490.88 | 96.82%         |

*Nota: Esta tabla muestra la cantidad de fallas y las horas de reparación en base a ello se calcula los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad en el periodo enero a junio (año 2020).*

*Fuente:* Ezentis Peru S.A.C

En la tabla 3, se muestra los resultados de los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad las cuales se calcula de la siguiente forma (se tomará los datos del mes de enero):

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\text{horas de reparación}}{\text{n}^\circ \text{ de fallas}} = \frac{1,083.2}{68} = 15.93 \text{ horas}$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{tiempo de operacion}}{\text{n}^\circ \text{ de fallas}} = \frac{33,480 - 1,083.2}{68} = 476.42 \text{ horas}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 = \frac{476.42}{476.42 + 15.93} \times 100 = 96.76 \%$$

Después se utilizó una prueba piloto RCM en un periodo 6 meses en el periodo enero a junio (año 2021), se recopila la siguiente información que se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Indicadores de mantenimiento en el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto)*

| MES      | CANTIDAD DE FALLAS | HORAS DE REPARACION | MANTENIBILIDAD | CONFIABILIDAD | COSTO MANTTO | DISPONIBILIDAD |
|----------|--------------------|---------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Ene      | 47                 | 398.10              | 8.47           | 703.87        | S/ 19,229.9  | 98.81%         |
| Feb      | 41                 | 233.10              | 5.69           | 720.17        | S/ 11,334.6  | 99.22%         |
| Mar      | 34                 | 247.90              | 7.29           | 977.41        | S/ 14,909.7  | 99.26%         |
| Abr      | 29                 | 135.40              | 4.67           | 1107.06       | S/ 9,292.5   | 99.58%         |
| May      | 46                 | 257.70              | 5.60           | 722.22        | S/ 16,607.2  | 99.23%         |
| Jun      | 50                 | 314.25              | 6.28           | 638.52        | S/ 19,843.1  | 99.03%         |
| PROMEDIO |                    | 264.41              | 6.33           | 811.54        | S/ 15,202.83 | 99.19%         |

*Nota: Esta tabla muestra la cantidad de fallas y las horas de reparación en base a ello se calcula los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad en el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto RCM).*

*Fuente: Ezentis Peru S.A.C*

#### **4.2. Estadística inferencial**

A fin de comprobar las hipótesis planteadas al comienzo de esta investigación, se desarrolló una prueba diferencia de medias (T Student); a continuación, se presentan los resultados por cada una de ellas.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Contratación de prueba de hipótesis específica 01

**Hipótesis nula:** El valor promedio de la mantenibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 es igual con la mantenibilidad en el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto).

**Hipótesis alterna:** El valor promedio de la mantenibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 si tiene diferencia significativa con la mantenibilidad en el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto).

Los datos para la realización de la prueba se muestran en la Tabla 5, mientras que los resultados de la prueba de hipótesis se muestran en la Tabla 6 y la Figura 7. Para verificar la hipótesis, se realizó una prueba de diferencia de medias. El valor calculado de  $t$  es - 8.52, con una significancia menor a 0.05, razón por la cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con una certeza estadística del 95% que si existe una diferencia significativa entre el valor promedio de la mantenibilidad en el periodo enero a junio 2020 con el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM). En la Figura 7 se observa una diferencia de - 7.95 horas entre las medias de las muestras, lo cual concuerda con los resultados de la Tabla 6 (anexo 11)

**Tabla 5.**

*Valores mensuales de la mantenibilidad (MTTR)*

| MES      | MANTENIBILIDAD<br>2020 | MANTENIBILIDAD<br>2021 |
|----------|------------------------|------------------------|
| Ene      | 15.93                  | 8.47                   |
| Feb      | 15.71                  | 5.69                   |
| Mar      | 15.90                  | 7.29                   |
| Abr      | 13.06                  | 4.67                   |
| May      | 13.55                  | 5.60                   |
| Jun      | 11.54                  | 6.28                   |
| PROMEDIO | 14.28 Horas            | 6.33 Horas             |

*Nota: Esta tabla muestra la diferencia entre la mantenibilidad promedio de la flota vehicular en el periodo enero a junio (año 2020) con el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto RCM).*

*Fuente: Ezentis Peru S.A.C*

**Tabla 6.**

*Resultado para contrastar la prueba de hipótesis específica 01*

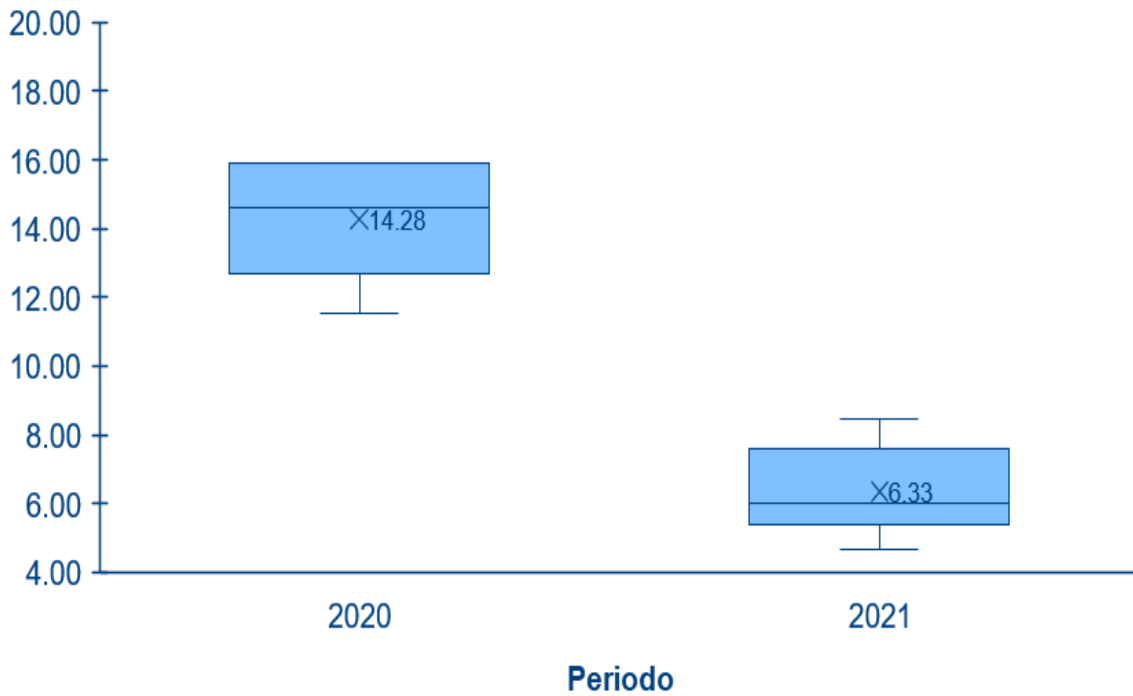
| t     | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar |
|-------|----|------------------|----------------------|------------------------------|
| -8.52 | 10 | 0.00             | -7.95                | 0.93                         |

*Nota: Se detalla los resultados obtenidos con el software estadístico SPSS25 para contrastar la prueba de hipótesis específica 01.*

*Fuente: Software estadístico SPSS25.*

**Figura 6.**

*Mantenibilidad de la flota vehicular en el año 2020 y mantenibilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.*



*Nota: Mediante el diagrama de box plot se presenta la diferencia entre la mantenibilidad promedio en el periodo enero a junio (año 2020) con la mantenibilidad promedio en el periodo enero a junio (prueba piloto) (año 2021).*



#### 4.3.2. Contrastación de prueba de hipótesis específica 02

**Hipótesis nula:** El valor promedio de la confiabilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 es igual con la confiabilidad en el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto RCM).

**Hipótesis alterna:** El valor promedio de la confiabilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 si tiene diferencia significativa con la confiabilidad en el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM).

Los datos requeridos para la prueba se muestran en la Tabla 7, mientras que los resultados de la prueba de hipótesis se muestran en la Tabla 8 y la Figura 8. El valor calculado de  $t$  es 3.34, mientras que el valor de la significancia es 0.01, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con una certeza estadística del 95%, que si existe una diferencia significativa entre el valor promedio de la confiabilidad (MTBF) en el periodo enero a junio 2020 con el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto). En la figura 8 se observa una diferencia de medias de 332.16 horas, lo cual concuerda con los resultados reportados en la Tabla 8 (anexo 12).

**Tabla 7.**

*Valores mensuales de la confiabilidad*

| MES      | CONFIABILIDAD<br>2020 | CONFIABILIDAD<br>2021 |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| Ene      | 476.42                | 703.87                |
| Feb      | 440.17                | 720.17                |
| Mar      | 272.72                | 977.41                |
| Abr      | 515.47                | 1107.06               |
| May      | 747.36                | 722.22                |
| Jun      | 424.14                | 638.52                |
| PROMEDIO | 479.38 Horas          | 811.54 Horas          |

*Nota: Esta tabla muestra la diferencia entre la confiabilidad promedio de la flota vehicular en el periodo enero a junio (año 2020) con el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto RCM)*

*Fuente:* Ezentis Peru S.A.C

**Tabla 8.**

*Resultado para contrastar la prueba de hipótesis específica 02*

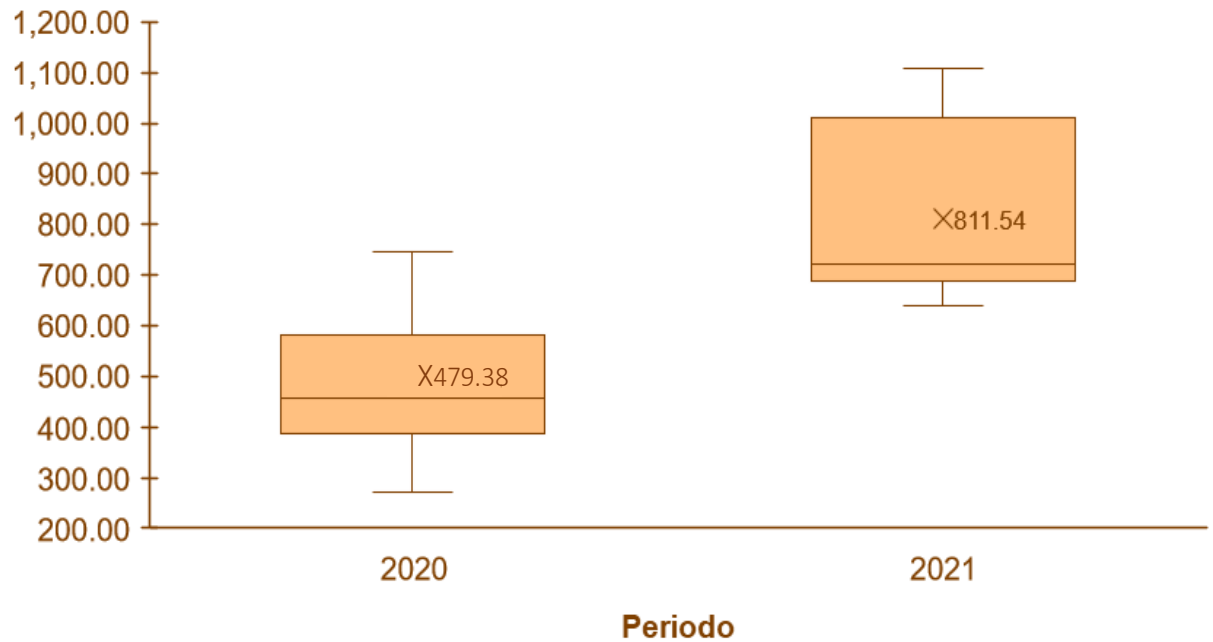
| t    | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar |
|------|----|------------------|----------------------|------------------------------|
| 3.34 | 10 | 0.01             | 332.16               | 98.98                        |

*Nota: Se detalla los resultados obtenidos con el software estadístico SPSS25 para contrastar la hipótesis específica 02*

*Fuente:* Software estadístico SPSS25.

**Figura 7.**

*Confiabilidad de la flota vehicular en el año 2020 y confiabilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.*



*Nota: Mediante el diagrama de cajas y bigotes se presenta la diferencia entre la confiabilidad promedio en el periodo enero a junio (año 2020) con la confiabilidad promedio en el periodo enero a junio (prueba piloto) (año 2021).*

### 4.3.3. Contrastación de prueba de hipótesis específica 03

**Hipótesis nula:** El valor promedio del costo de mantenimiento de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 es igual con el costo de mantenimiento en el periodo enero a junio 2021 (Prueba piloto RCM).

**Hipótesis alterna:** El valor promedio del costo de mantenimiento de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 si tiene diferencia significativa con el costo de mantenimiento en el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM).

Los datos necesarios para el cálculo de la prueba se reportan en la Tabla 9, mientras que los resultados de la prueba de hipótesis se muestran en la Tabla 10 y la Figura 9. El valor calculado del parámetro  $t$  es  $-0.67$ , mientras que el valor de la significancia es  $0.03$ , por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con una certeza estadística del  $95\%$ , que si existe una diferencia significativa entre el valor promedio del costo de mantenimiento en el periodo enero a junio 2020 con el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto). En la Figura 9 se observa una diferencia de medias de  $-2,288.05$ , la cual concuerda con el resultado reportado en la Tabla 10 (anexo 13).

**Tabla 9.**

*Valores mensuales del costo de mantenimiento*

| MES      |    | COSTO MANTTO<br>2020 |    | COSTO MANTTO<br>2021 |
|----------|----|----------------------|----|----------------------|
| Ene      | S/ | 17,023.27            | S/ | 19,229.90            |
| Feb      | S/ | 15,796.88            | S/ | 11,334.60            |
| Mar      | S/ | 31,652.56            | S/ | 14,909.70            |
| Abr      | S/ | 14,496.18            | S/ | 9,292.50             |
| May      | S/ | 10,534.16            | S/ | 16,607.20            |
| Jun      | S/ | 15,442.23            | S/ | 19,843.10            |
| PROMEDIO | S/ | 17,490.88            | S/ | 15,202.83            |

*Nota: Esta tabla muestra la diferencia entre el costo de mantenimiento promedio de la flota vehicular en el periodo enero a junio (año 2020) con el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto RCM)*

*Fuente: Ezentis Peru S.A.C*

**Tabla 10.**

*Resultado para contrastar la prueba de hipótesis específica 03*

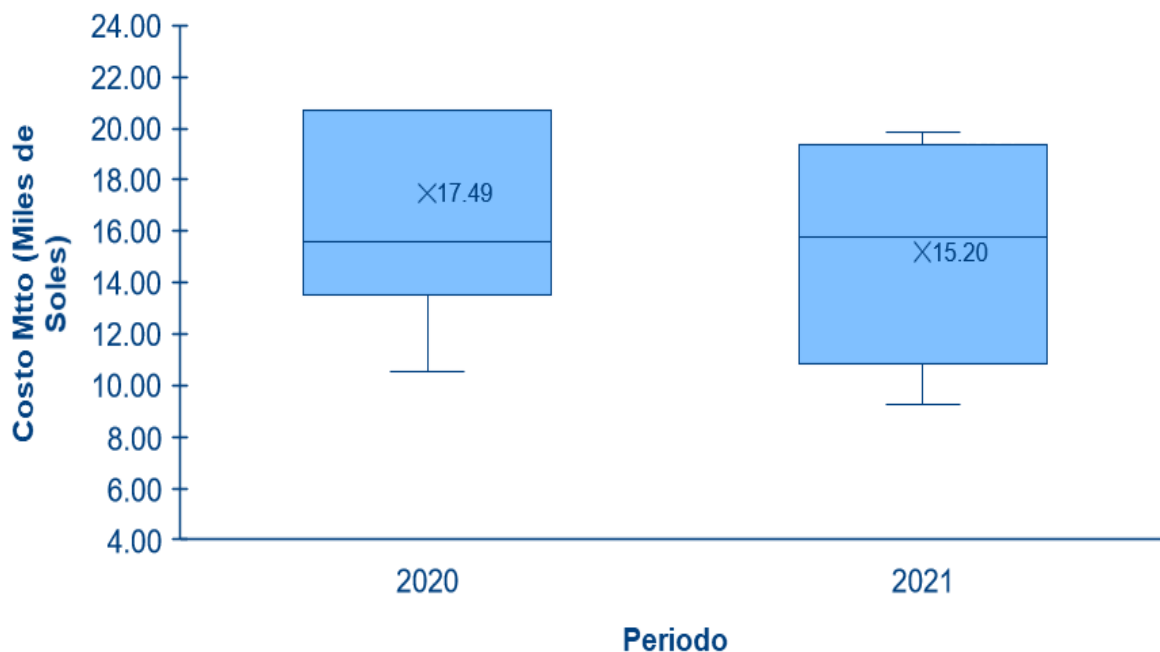
| t     | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar |
|-------|----|------------------|----------------------|------------------------------|
| -0.67 | 10 | 0.03             | -2288.05             | 3439.50                      |

*Nota: Se detalla los resultados obtenidos con el software estadístico SPSS25 para contrastar la prueba de hipótesis específica 03.*

*Fuente: Software estadístico SPSS25.*

**Figura 8.**

*Costo de mantenimiento de la flota vehicular en el año 2020 y costo de mantenimiento de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.*



*Nota: Mediante el diagrama de box plot se presenta la diferencia entre costo de mantenimiento promedio en el periodo enero a junio (año 2020) con el costo de mantenimiento promedio en el periodo enero a junio (prueba piloto) (año 2021).*

#### 4.3.4. Contrastación de prueba de hipótesis general

**Hipótesis nula:** El valor promedio de la disponibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 es igual con la disponibilidad en el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM).

**Hipótesis alterna:** El valor promedio de la disponibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a junio 2020 si tiene diferencia significativa con la disponibilidad en el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM).

Los datos para la prueba se reportan en la tabla 11, mientras que los resultados de la prueba de hipótesis se muestran en la Tabla 12 y la Figura 10. El valor calculado del parámetro  $t$  es 4.43, mientras que el valor de la significancia es 0.00, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con una certeza estadística del 95%, que si existe una diferencia significativa entre el valor promedio de la disponibilidad en el periodo enero a junio 2020 con el periodo enero a junio 2021 (prueba piloto RCM). En la Figura 10 se observa una diferencia de medias de 0.0237 (2.37%), la cual concuerda con el resultado reportado en la Tabla 12 (anexo 14).

**Tabla 11.**

*Valores Mensuales de la disponibilidad en el año 2020 y en el año 2021*

| MES      | DISPONIBILIDAD<br>2020 | DISPONIBILIDAD<br>2021 |
|----------|------------------------|------------------------|
| Ene      | 96.76%                 | 98.81%                 |
| Feb      | 96.55%                 | 99.22%                 |
| Mar      | 94.49%                 | 99.26%                 |
| Abr      | 97.53%                 | 99.58%                 |
| May      | 98.22%                 | 99.23%                 |
| Jun      | 97.35%                 | 99.03%                 |
| PROMEDIO | 96.82%                 | 99.19%                 |

*Nota: Esta tabla muestra la diferencia entre la disponibilidad promedio de la flota vehicular en el periodo enero a junio (año 2020) con el periodo enero a junio (año 2021) (prueba piloto RCM)*

*Fuente: Ezentis Peru S.A.C*

**Tabla 12.**

*Resultado para contrastar la prueba de hipótesis general*

| t    | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar |
|------|----|------------------|----------------------|------------------------------|
| 4.43 | 10 | 0.00             | 0.0237               | 0.01                         |

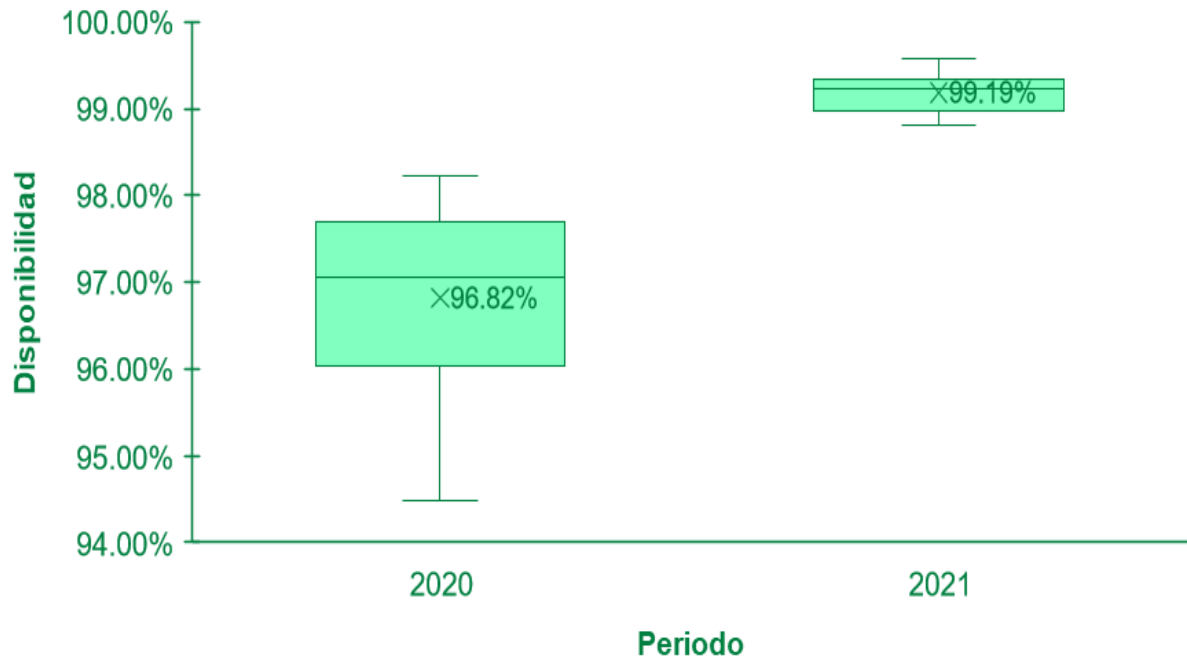
*Nota: Se detalla los resultados obtenidos con el software estadístico SPSS25 para contrastar la prueba de hipótesis general.*

*Fuente: Software estadístico SPSS25.*



**Figura 9.**

*Disponibilidad de la flota vehicular en el año 2020 y disponibilidad de la flota vehicular (prueba piloto) en el año 2021.*



*Nota: Mediante el diagrama de box plot se presenta la diferencia entre la disponibilidad promedio en el periodo enero a junio (año 2020) con la disponibilidad promedio en el periodo enero a junio (prueba piloto) (año 2021).*

## CAPÍTULO 5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

### 5.1. Discusión de resultados obtenidos.

1. Según el análisis estadístico de diferencias de medias (T Student) en la investigación realizada, permitió determinar que si existe una diferencia significativa entre el valor promedio de la mantenibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a diciembre 2020 con el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto RCM); esta relación es corroborado con lo reportado por Indigoyen (2020), Cubillas (2020) y Villacrés (2016), entre otros. Una adecuada gestión de RCM permite incrementar la eficacia y eficiencia de las actividades de mantenimiento, siendo la consecuencia inmediata la disminución significativa de los tiempos requeridos para la intervención de los equipos, es decir, una mayor cantidad de horas de intervención preventiva y predictiva implica una menor mantenibilidad.
2. Según el análisis estadístico de diferencias de medias (T Student) en la investigación realizada, permitió determinar que si existe diferencia significativa entre el valor promedio de la confiabilidad de la flota vehicular en el periodo enero a diciembre 2020 con el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto RCM), siendo esto corroborado a lo expuesto por López (2014) y Torres (2017), entre otros autores. Una adecuada gestión de mantenimiento permitirá prolongar la vida útil de la flota, por lo que el periodo entre fallas debería ser lo más prolongado posible.

3. Según el análisis estadístico de diferencias de medias (T Student) en la investigación realizada, permitió determinar que si existe diferencia significativa entre el valor promedio del costo de mantenimiento de la flota vehicular en el periodo enero a diciembre 2020 con el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto RCM); este hallazgo está alineado con lo expuesto por Lizcano (2019) y López (2014), entre otros. A tal efecto, la adecuada puesta en marcha del programa de mantenimiento basado en confiabilidad permite disminuir la cantidad y duración de mantenimientos correctivos y, por tanto, del costo promedio por evento de mantenimiento.
4. Según el análisis estadístico de diferencias de medias (T Student) en la investigación realizada, permitió determinar que si existe diferencia significativa entre el valor promedio de la disponibilidad de la flota vehicular en el periodo enero a diciembre 2020 con el periodo enero a julio 2021 (prueba piloto RCM). El resultado esta alineado con lo determinado por Echevarría (2015), Torres (2017) y Álvarez (2017), entre otros autores; gracias a la puesta en marcha de RCM permite reducir el tiempo promedio de reparación, lo cual permite incrementar la disponibilidad de la flota.

## **5.2. Limitaciones de la investigación.**

- a) Para poder desarrollar la tesis de investigación, solo se pudo contar con la asesoría de forma virtual esto fue a causa de la coyuntura por COVID – 19.
- b) A causa de la coyuntura por COVID – 19, no se ha podido tener acceso a la biblioteca de la universidad privada del norte.
- c) A causa de la coyuntura por COVID – 19, la tesis de investigación se desarrolló de forma remota.

## **5.3. Implicancias de la investigación.**

La presente investigación, nos servirá para mejorar los tiempos de reparación de los vehículos, mejorar el stock de repuestos y permitirá una variación positiva de la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700, estas implicancias abarcan al area de flota y de operaciones.

Las implicancias mencionadas tienen un alcance económico, debido a que el conductor tendrá operativo el vehículo en su jornada laboral para poder lograr la cantidad de servicios programados, así poder obtener el bono mensual por producción. De la misma manera la empresa será beneficiada porque logrará la meta de producción.

También tiene un alcance social debido a que el conductor podrá estar con su familia más tiempo, porque no tendrá que trabajar fuera de su horario laboral.

#### 5.4. Conclusiones

En base a la información analizada durante el desarrollo de la investigación se puede concluir lo siguiente:

1. Respecto al primer objetivo específico “Determinar como el mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700” se concluye que la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700 se redujo por medio de la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad de 14.28 horas a 6.33 horas es decir 7.95 horas.
2. Respecto al segundo objetivo específico “Determinar como el mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700” se concluye que la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700 se incrementó por medio de la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad de 479.38 horas a 811.34 horas es decir 331.96 horas.
3. Respecto al tercer objetivo específico “Determinar como el mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar los costos de la flota vehicular Ram V700” se concluye que los costos de la flota vehicular Ram V700 se redujeron por medio de la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad de S/17,490.88 a S/15,202.83 es decir S/2,288.05.
4. Respecto al objetivo general “Determinar como el mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia permite incrementar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700” se concluye que la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700 se incrementó por medio de la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad de 96.82% a 99.19% horas es decir 2.37%.

## 5.5. Recomendaciones

1. Desarrollar un procedimiento para la estandarización de los tiempos de mantenimiento, que determine las actividades que deben incluirse dentro de los tiempos asociados al mantenimiento, además de definir los eventos de inicio y fin de la tarea de mantenimiento, esto con el fin de garantizar la fiabilidad del registro y un adecuado cálculo de la mantenibilidad.
2. Desarrollar una guía de indicadores, que abarque todas las premisas necesarias para el adecuado cálculo de indicadores relacionado con la gestión de mantenimiento. Para efectos del cálculo de confiabilidad debe incluirse específicamente cómo se considerará el tiempo entre fallas, es decir, si se incluirán las horas en las que no está funcionando el equipo o si sólo se usará el tiempo regular entre una falla y otra.
3. Desarrollar una guía para el coste de las actividades de mantenimiento; que incluya los criterios para definir los costos directos e indirectos, así como lineamientos para la estimación de la cantidad de insumos utilizados para la ejecución de la intervención del equipo.
4. Implementar en todas las áreas de la empresa la filosofía RCM para garantizar la confiabilidad de todos los equipos susceptibles a mantenimiento.

## REFERENCIAS

- Abril, V. (2008). *Técnicas e instrumentos de la investigación*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/6964411/T%C3%A9cnicas\\_e\\_Instrumentos\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Abril\\_Ph\\_D](https://www.academia.edu/6964411/T%C3%A9cnicas_e_Instrumentos_de_Investigaci%C3%B3n_Abril_Ph_D)
- Albán, N. (2017). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en las Confiabilidad de las Maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes para incrementar la productividad*. (Tesis de Título). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo – Peru.
- Alvarez, I. (2017). *Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca*. (Tesis de Título). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Arenhart, J. y Martins, R. (2019), *Diagrama de Ishikawa*, recuperado de <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Bloom, N. (2005). *Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple*. New York: McGraw Hill Professional.
- Cámara Minera Del Perú. (2019). *Mantenimiento: Aspectos claves para reducir costos*. Recuperado de <https://camiper.com/tiempominero/entender-la-rentabilidad-en-mineria-desafios-de-la-gestion-del-mantenimiento/>
- Cubillas, J. (2020). *Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y efectos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas en la empresa Italsolder S.A.C.* (Tesis de Título). Universidad Privada del Norte, Lima – Peru.
- Echevarría, G. (2015). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para incrementar la disponibilidad operacional de los equipos críticos del*

Universidad Cesar Vallejo, Chimbote – Peru.

Fernández, F. (2004). *Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión*. FC Editorial.

Madrid España.

García, S. (2003) *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Madrid. Ediciones

Díaz de Santos.

González (2010). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Publicaciones

FC.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta edición. Interamericana

editores: México, 634p. ISBN: 9781456223960

Indigoyen, A. (2020). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la*

*disponibilidad de la chancadora Sandvik CH870 – Compañía Minera Milpo S.A.A.*

(Tesis de Título). Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo – Peru.

Kanti, T. & Cudney, E. (2018). *Total productive maintenance. Total Quality Management*

*& Business Excellence*. 29 (12). 28-42. Recuperado de:

<https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>

Kern, Johannes (2021). *Utilizar con éxito los diagramas de causa-efecto: El diagrama de*

*Ishikawa en la teoría y la práctica* (1 edición). ISBN 979-8505123980.

Li, C. & Mescua, R. (2016). *Propuesta de Plan de Mantenimiento Centrado en la*

*Confiabilidad Aplicado a una Flota de Camiones fuera de carretera en una Mina de*

*Tajo Abierto*. (Tesis de Título). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima –

Peru.

Lizcano, J. (2019). *Elaboración de una propuesta de mantenimiento mediante la*

*metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para los*

*cargadores frontales de bajo perfil Sandvik LHD410 en la sociedad Minera de*



Santander S.A.S. (Tesis de especialización). Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Lopez, D. (2014). *Aplicación de la Táctica de Mantenimiento Basada en la Confiabilidad (RCM) en la línea de Producción de Agua en bolsa de 350 ml.* (Tesis de Titulo). Colombia: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Mendoza, R. (2005). *El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.* Club de Mantenimiento.

Mora, A. (2009) *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* Alfaomega Grupo Editor: México, 2009. 528p.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad.* Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España, edición en español.

Piasson, D., Biscaro, A., Leao, F. y Sanches, J. (2016). *A new approach for reliability-centered maintenance programs in electric power distribution systems based on a multiobjective genetic algorithm.* Electric Power Systems Research, 137 (2016), 41-50. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.040>

Pourahmadi, F. Fotuhi-Firuzabad, M. y Dehghanian, P. (2017) *Application of Game Theory in Reliability-Centered Maintenance of Electric Power Systems.* IEEE Transactions on Industry Applications, 53 (2) 936-946. Recuperado de: <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2639454>

Sutharsan, S. & Kaple, G. (2018). *Benefits of Implementing the 8-Pillars of Total Productive Maintenance - A Case.* Supply Chain Pulse, 10 (2), 32-40. Recuperado de: <https://search.proquest.com/openview/b6d5b20b9c6d223e5465e12119491ee8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2068963>

Tavares, L. (2014). *Administracion Moderna de Mantenimiento.* Brasil: Editorial Novo Polo publicaciones.

- Torres, A. (2017). *Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60 x 113 de la Minera Chinalco*. (Tesis de Título). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Peru.
- Villacrés, 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 Maestría). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia – Coherencia

**Título:** Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

**Autor:** Miranda Chavarria, Ricardo

| PROBLEMA  | OBJETIVOS  | HIPÓTESIS   | VARIABLES   |
|---|--|---|---|
| <p><b>General</b><br/>¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite incrementar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700?</p>   | <p><b>General</b><br/>Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite incrementar la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700</p>   | <p><b>General</b><br/>El Mantenimiento centrado en la confiabilidad influye de forma positiva y significativa en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700</p>   | <p><b>Variable (X)</b><br/>Mantenimiento Centrado en la confiabilidad</p> <p><b>Variable (Y)</b><br/>Disponibilidad de la flota vehicular Ram V700</p>  |
| <p><b>Específicos</b><br/>a) ¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia mejora la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700?</p> <p>b) ¿Cómo el Mantenimiento centrado en la Confiabilidad y su influencia mejora la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700?</p> <p>c) ¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia mejora los costos de la flota vehicular RAM V700?</p> | <p><b>Específicos</b><br/>a) Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700.</p> <p>b) Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700</p> <p>c) Determinar como el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad y su influencia permite mejorar los costos de la flota vehicular Ram V700</p> | <p><b>Específicos</b><br/>a) El Mantenimiento Centrado en la confiabilidad influye de forma negativa y significativa en la mantenibilidad de la flota vehicular Ram V700.</p> <p>b) El Mantenimiento Centrado en la confiabilidad influye de forma positiva y significativa en la confiabilidad de la flota vehicular Ram V700</p> <p>c) El Mantenimiento Centrado en la confiabilidad influye de forma negativa y significativa en los costos de la flota vehicular Ram V700</p> | <p><b>Variable (X):</b><br/>Mantenimiento Centrado en la confiabilidad</p> <p><b>Variable (Y):</b><br/>Mantenibilidad.</p> <p><b>Variable (X):</b><br/>Mantenimiento Centrado en la confiabilidad</p> <p><b>Variable (Y):</b><br/>Confiabilidad.</p> <p><b>Variable (X):</b><br/>Mantenimiento Centrado en la confiabilidad</p> <p><b>Variable (Y):</b><br/>Costos.</p> |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Detalle de las 431 fallas de la flota vehicular en el año 2020

| MES                      | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Total |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| <b>MANTTO CORRECTIVO</b> |     |     |     |     |     |     |       |
| BATERIA                  | 1   | 6   | 9   | 6   | 6   | 12  | 40    |
| BOBINA DE ENCENDIDO      | 9   | 5   | 14  | 4   | 4   | 4   | 40    |
| BRIDA DE TERMOSTATO      | 10  | 16  | 19  | 6   | 5   | 3   | 59    |
| FLASHER                  |     |     | 2   | 1   |     | 1   | 4     |
| PASTILLA DE FRENO        | 14  | 8   | 8   | 8   | 3   | 10  | 51    |
| SENSOR DE VELOCIMETRO    | 2   |     | 1   |     |     |     | 3     |
| VENTILADOR               | 6   | 5   | 14  | 5   | 3   | 3   | 36    |
| <b>MANTTO PREVENTIVO</b> |     |     |     |     |     |     |       |
| MOTOR                    | 26  | 28  | 49  | 31  | 23  | 41  | 198   |
| Total general            | 68  | 68  | 116 | 61  | 44  | 74  | 431   |

Anexo 3. Detalle del tiempo de reparación por 6241.8 horas en la flota vehicular en el año 2020

| MES                      | Ene    | Feb    | Mar    | Abr   | May   | Jun   | Total  |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| <b>MANTTO CORRECTIVO</b> |        |        |        |       |       |       |        |
| BATERIA                  | 21.0   | 148.0  | 242.0  | 144.0 | 178.0 | 315.0 | 1048.0 |
| BOBINA DE ENCENDIDO      | 241.0  | 138.0  | 411.0  | 108.0 | 101.0 | 116.0 | 1115.0 |
| BRIDA DE TERMOSTATO      | 254.0  | 384.0  | 482.0  | 149.0 | 119.0 | 43.0  | 1431.0 |
| FLASHER                  |        |        | 25.5   | 0.5   |       | 0.5   | 26.5   |
| PASTILLA DE FRENO        | 339.0  | 205.0  | 196.0  | 205.0 | 70.0  | 222.0 | 1237.0 |
| SENSOR DE VELOCIMETRO    | 19.0   |        | 12.0   |       |       |       | 31.0   |
| VENTILADOR               | 171.0  | 148.0  | 393.0  | 137.0 | 89.0  | 95.0  | 1033.0 |
| <b>MANTTO PREVENTIVO</b> |        |        |        |       |       |       |        |
| MOTOR                    | 38.2   | 45.3   | 82.8   | 52.9  | 39.0  | 62.1  | 320.3  |
| Total general            | 1083.2 | 1068.3 | 1844.3 | 796.4 | 596.0 | 853.6 | 6241.8 |

Anexo 4. Detalle de gastos realizados en el año 2020

| MES                      | Ene |           | Feb |           | Mar |           | Abr |           | May |           | Jun |           | Total |            |
|--------------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-------|------------|
| <b>MANTTO CORRECTIVO</b> |     |           |     |           |     |           |     |           |     |           |     |           |       |            |
| BATERIA                  | S/  | 228.81    | S/  | 1,372.86  | S/  | 2,059.29  | S/  | 1,372.86  | S/  | 1,372.86  | S/  | 2,745.72  | S/    | 9,152.40   |
| BOBINA DE ENCENDIDO      | S/  | 3,870.00  | S/  | 2,150.00  | S/  | 6,020.00  | S/  | 1,720.00  | S/  | 1,720.00  | S/  | 1,720.00  | S/    | 17,200.00  |
| BRIDA DE TERMOSTATO      | S/  | 1,800.00  | S/  | 2,880.00  | S/  | 3,420.00  | S/  | 1,080.00  | S/  | 900.00    | S/  | 540.00    | S/    | 10,620.00  |
| FLASHER                  | S/  | -         | S/  | -         | S/  | 120.00    | S/  | 60.00     | S/  | -         | S/  | 60.00     | S/    | 240.00     |
| PASTILLA DE FRENO        | S/  | 2,170.00  | S/  | 1,240.00  | S/  | 1,240.00  | S/  | 1,240.00  | S/  | 465.00    | S/  | 1,550.00  | S/    | 7,905.00   |
| SENSOR DE VELOCIMETRO    | S/  | 320.00    | S/  | -         | S/  | 160.00    | S/  | -         | S/  | -         | S/  | -         | S/    | 480.00     |
| VENTILADOR               | S/  | 4,274.31  | S/  | 3,561.92  | S/  | 9,973.38  | S/  | 3,561.92  | S/  | 2,137.15  | S/  | 2,137.15  | S/    | 25,645.83  |
| <b>MANTTO PREVENTIVO</b> |     |           |     |           |     |           |     |           |     |           |     |           |       |            |
| MOTOR                    | S/  | 4,360.15  | S/  | 4,592.10  | S/  | 8,659.89  | S/  | 5,461.40  | S/  | 3,939.15  | S/  | 6,689.36  | S/    | 33,702.05  |
| Total general            | S/  | 17,023.27 | S/  | 15,796.88 | S/  | 31,652.56 | S/  | 14,496.18 | S/  | 10,534.16 | S/  | 15,442.23 | S/    | 104,945.28 |

Anexo 5. Repuesto vehicular

| ITEM | REPUESTO              | IMAGEN  |
|------|-----------------------|---|
| 1    | Zapata                |    |
| 2    | Foco                  |    |
| 3    | Filtro de Aceite      |    |
| 4    | Filtro de Combustible |   |
| 5    | Filtro de Aire        |  |

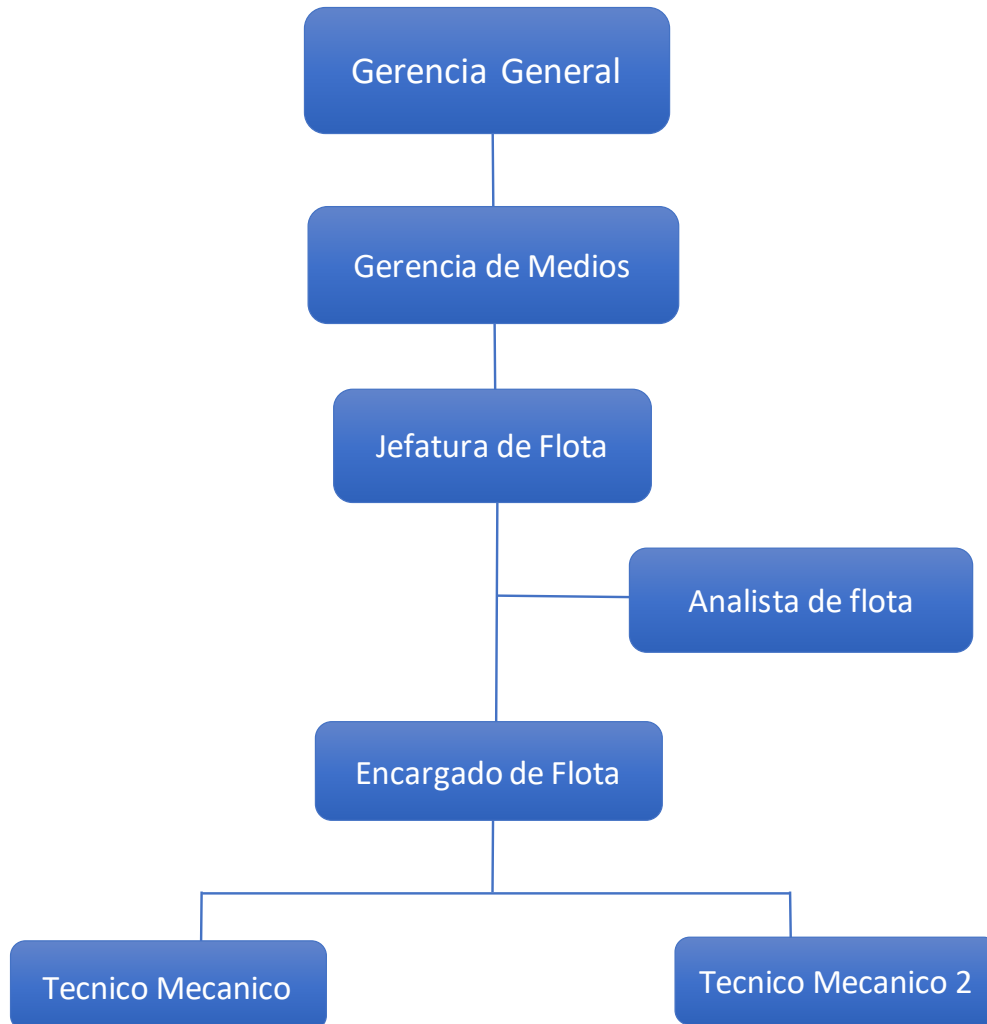
## Anexo 6. Estrategia del plan de mantenimiento.

| ADMINISTRACION ESTRATEGICA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO  |  |
|---|--|
| MISION  | VISION   |
| Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos para satisfacer los requerimientos de los estándares de calidad de la empresa, bajo todas las normas de seguridad, medio ambiente y responsabilidad social con el objetivo de maximizarla productividad y eficiencia del sistema de producción  | Cumplir con el estándar de mantenimiento mediante una disponibilidad de equipos de un 97% para toda la flota vehicular para el año 2021. |
| <b>OBJETIVOS</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prolongar la vida útil de la maquinaria</li> <li>✓ Reducir las fallas mecánicas de la maquinaria de la empresa</li> <li>✓ Evitar accidentes y aumentar la seguridad del personal.</li> <li>✓ Disminuir los costos de mantenimiento</li> <li>✓ Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeada.</li> <li>✓ Satisfacción de todos los requisitos de calidad.</li> <li>✓ Aumentar la disponibilidad de equipos e instalaciones al costo más conveniente</li> </ul>  |  |
| <b>ESTRATEGIAS</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un plan actualizado de actividades mecánicas, en base al reporte en la bitácora por parte de los operadores de los equipos.</li> <li>• Realizar el plan semestral de mantenimiento.</li> <li>• Reportar semanalmente todas las actividades realizadas junto con el área de operaciones a gerencia o jefatura de mina.</li> <li>• Programar cursos de capacitación para el personal técnico en convenio con los representantes de las marcas de maquinaria en uso.</li> <li>• Implementar procedimiento mejorados y opinados en reuniones con los técnicos especialistas de las diversas áreas.</li> <li>• Programar reuniones de toma de conciencia en cuidados del medio ambiente, seguridad personal y responsabilidad social.</li> <li>• Controlar el desempeño de los técnicos en el del desarrollo de actividades en tiempos, calidad y cumplimiento de procedimientos.</li> </ul>   |  |
| <b>POLITICAS</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• El área de mantenimiento es la responsable por el cumplimiento eficiente y oportuno de la disponibilidad de maquinaria para el área de operaciones.</li> <li>• Los trabajadores deben cumplir con los documentos de gestión establecidos por el cliente, procedimientos de trabajo seguro.</li> <li>• Los trabajadores deben realizar un reporte de actividades diario para ser ingresados en la data de actividades diarias para los reportes correspondientes, control de costos y mano de obra.</li> <li>• El trabajador tiene derecho a decir NO, para trabajos que impliquen un riesgo en la operación, salud o daños al medio ambiente.</li> <li>• Para disposición de repuestos el trabajador lo realizara a través de una OT generada en SAP por parte del asistente de equipos o supervisión.</li> <li>• La supervisión es responsable de la gestión adecuada para un ambiente cómodo y instalaciones de trabajo con estándares que garanticen el bienestar.</li> <li>• Los trabajadores deben portar el uniforme establecido y entregado por la empresa, así como el EPP básico.</li> <li>• Los trabajadores están obligados a participar de las capacitaciones o charlas de seguridad antes de cada inicio de jornada laboral.</li> <li>• El área de trabajo de mantenimiento debe estar correctamente señalizada según estándares de seguridad.</li> <li>• Mantener los objetivos de calidad, salud y seguridad acorde con la visión y misión.</li> <li>• El área debe contar con stock de seguridad en repuestos, estos son mantenido por la solicitud de repuestos que realiza el supervisor de planeamiento.</li> </ul> |  |



Anexo 7. Organigrama del area de flota – Empresa Ezentis Peru S.A.C

Organigrama del Area de Flota





Anexo 8. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo

|   |          |          |                           |               |                      |
|---|----------|----------|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>   |          | PLANO N° | 1                         |               |                      |
|   | FAMILIA  | MARCA    | MODELO                    |               |                      |
|   | VEHICULO | RAM      | V700                      |               |                      |
| <b>SERVICIO PLANEADO</b>  |          |          |                           |               |                      |
| SEDE :  |          |          |                           |               |                      |
| FECHA DE EJECUCION:   |          |          |                           |               |                      |
| KILOMETRAJE DE EJECUCION:   |          |          |                           |               |                      |
| <b>LUBRICANTES</b>  |          |          |                           |               |                      |
| DESCRIPCION   | CODIGO   | CANTIDAD | CAMBIO                    | ESTADO        | OBSERVACIONES        |
| ACEITE DE MOTOR   | 15W40    |          |                           |               |                      |
| SPRAY LIMPIA CONTACTO   | SM001    |          |                           |               |                      |
| LIMPIADOR DE FRENOS   | 008880CP |          |                           |               |                      |
| LIQUIDO DE FRENOS Y EMBRAGUE  | 390014CP |          |                           |               |                      |
| REFRIGERANTE  | R123     |          |                           |               |                      |
| ACEITE DE CAJA MECANICA   | AC80W90  |          |                           |               |                      |
| MATERIALES  |          | 1        |                           |               |                      |
| <b>REPUESTOS / INSUMOS</b>  |          |          |                           |               |                      |
| DESCRIPCION   | CODIGO   | CANTIDAD | CAMBIO                    | ESTADO        | OBSERVACIONES        |
| FILTRO DE ACEITE  | 55259625 |          |                           |               |                      |
| FILTRO DE COMBUSTIBLE   | 45416684 |          |                           |               |                      |
| FILTRO DE AIRE  | 51854598 |          |                           |               |                      |
| BUJIAS  | 46472021 |          |                           |               |                      |
| <b>INSPECCIONES RUTINARIAS</b>  |          |          |                           | <b>ESTADO</b> | <b>OBSERVACIONES</b> |
| REVISAR DEL SISTEMA DE LUCES EN GENERAL   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR PASTILLAS Y ZAPATAS   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR SISTEMA DE SUSPENSION Y DIRECCION   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR AROS DE NEUMATICOS  |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR COCADADA DE NEUMATICOS  |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR PARAMETROS DE MOTOR   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR CONDICIONES DE PORTAESCALERA  |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR CONDICIONES DE TUBO DE ESCAPE   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE PUERTA  |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR FUNCIONAMIENTO DE CLAXON  |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR FUNCIONAMIENTO DE ALARMA DE RETROCESO   |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR FUNCIONAMIENTO DE INGRESO DE CAMBIOS DE CAJA MECANICA                                     |          |          |                           |               |                      |
| REVISAR FUGAS DE ACEITE O REFRIGERANTE  |          |          |                           |               |                      |
| REVISION DE DOCUMENTACION (SOAT, REVISION TECNICA, TARJETA DE PROPIEDAD Y TARJETA DE COMBUSTIBLE) |          |          |                           |               |                      |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |          |          |                           |               |                      |
|   |          |          |                           |               |                      |
|   |          |          |                           |               |                      |
| FIRMA   |          |          |                           |               |                      |
| NOMBRE Y APELLIDO   |          |          |                           |               |                      |
| <b>TECNICO EJECUTOR</b>   |          |          | <b>ENCARGADO DE FLOTA</b> |               |                      |

### Anexo 9. Consecuencias de fallas del año 2020

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|  |                         |    |   |
| <p>Vehiculos movilizados en grua por fallas en campo.</p>                         | <p>Vehiculos parados en base a la espera de repuesto.</p> <p>Falta de Programacion de mantenimiento.</p> | <p>Daño de otros componentes por falta de atencion oportuna.</p> <p>El cambio oportuno de pastillas hubiese evitado este daño.</p> | <p>Disco de embrague con desgaste por uso, la cual genero daño al plato opresor.</p> |



**INFORME DE JUICIO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION**

**1. DATOS GENERALES**

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Rolando Pachas Yrigoyen

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Gerente comercial en NPQ del Peru S.A.C

1.3 Titulo / grados: Licenciado ( ) Ingeniero ( ) Magister ( X ) Doctor ( )

1.4 Nombre del instrumento:

Ficha de recolección de datos de indicadores

1.5 Autor del instrumento:

Juan Jose Vasquez Diaz.

1.6 Especialidad:

Maestría en dirección de Operaciones y Logística.

1.7 Titulo de tesis:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable:

Variable dependiente (Y): Disponibilidad de la flota vehicular.

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "X" en las columnas de SI o NO. Así mismo le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems de la variable de estudio: Disponibilidad de la flota vehicular.

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACION

| N°    | Preguntas   | Aprecia |    | Observaciones |
|-------|---|---------|----|---------------|
|       |   | SI      | NO |               |
| 1     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recopilacion de datos presenta el diseño adecuado?                     | X       |    |               |
| 2     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recoleccion de datos tiene relacion con el titulo de la investigacion? | X       |    |               |
| 3     | ¿En el instrumento de recoleccion de datos se mencionan las variables de investigacion?                             | X       |    |               |
| 4     | ¿El instrumentos de recoleccion de datos facilitara el logro de los objetivos de la investigacion?                  | X       |    |               |
| 5     | ¿El instrumento de recoleccion de datos se realaciona con las variables de estudio?                                 | X       |    |               |
| 6     | ¿El redaccion de los items tiene un sentido coherente?  | X       |    |               |
| 7     | ¿Cada uno de los items del instrumento de medicion se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?   | X       |    |               |
| 8     | ¿El diseño del instrumento de medicion facilitara el analisis y procesamiento de datos                              | X       |    |               |
| 9     | ¿Son entendibles los items del instrumento de medicion?   | X       |    |               |
| 10    | ¿El instrumento de medicion sera accesible a la poblacion sujeto de estudio   | X       |    |               |
| 11    | ¿El instrumento de medicion es claro, preciso y sencillo de llenar para obtener los datos requeridos?               | X       |    |               |
| Total |   |         |    |               |

## 3. SUGERENCIAS

.....  
.....  
.....

Fecha: 29/11/2021

Firma del experto: .....



Lic./Ing./Mag./Dr.

**INFORME DE JUICIO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION**

**1. DATOS GENERALES**

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Cesar Arturo Moncada Macedo.

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Jefe de flota vehicular en Ezentis Peru S.A.C

1.3 Titulo / grados: Licenciado ( ) Ingeniero ( ) Magister ( X ) Doctor ( )

1.4 Nombre del instrumento:

Ficha de recolección de datos de indicadores

1.5 Autor del instrumento:

Juan Jose Vasquez Diaz.

1.6 Especialidad:

Maestría en Supply Chain Management.

1.7 Titulo de tesis:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable:

Variable dependiente (Y): Disponibilidad de la flota vehicular.

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "X" en las columnas de SI o NO. Así mismo le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems de la variable de estudio: Disponibilidad de la flota vehicular.



2. ASPECTOS DE LA VALIDACION

| N°    | Preguntas   | Aprecia |    | Observaciones |
|-------|---|---------|----|---------------|
|       |   | SI      | NO |               |
| 1     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recopilacion de datos presenta el diseño adecuado?                     | X       |    |               |
| 2     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recoleccion de datos tiene relacion con el titulo de la investigacion? | X       |    |               |
| 3     | ¿En el instrumento de recoleccion de datos se mencionan las variables de investigacion?                             | X       |    |               |
| 4     | ¿El instrumento de recoleccion de datos facilitara el logro de los objetivos de la investigacion?                   | X       |    |               |
| 5     | ¿El instrumento de recoleccion de datos se realaciona con las variables de estudio?                                 | X       |    |               |
| 6     | ¿El redaccion de los items tiene un sentido coherente?  | X       |    |               |
| 7     | ¿Cada uno de los items del instrumento de medicion se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?   | X       |    |               |
| 8     | ¿El diseño del instrumento de medicion facilitara el analisis y procesamiento de datos                              | X       |    |               |
| 9     | ¿Son entendibles los items del instrumento de medicion?   | X       |    |               |
| 10    | ¿El instrumento de medicion sera accesible a la poblacion sujeto de estudio   | X       |    |               |
| 11    | ¿El instrumento de medicion es claro, preciso y sencillo de llenar para obtener los datos requeridos?               | X       |    |               |
| Total |   |         |    |               |

3. SUGERENCIAS

Todo conforme

Fecha: 29/11/2021

Firma del experto: .....

Lic./Ing./Mag./Dr. DESAR MONCADA MACEDO

DNI: 41684601

## INFORME DE JUICIO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

### 1. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Giomara Melissa Obando Contreras.

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Analista de flota vehicular en Ezentis Peru S.A.C

1.3 Titulo / grados: Licenciado ( ) Ingeniero ( X ) Magister ( ) Doctor ( )

1.4 Nombre del instrumento:

Ficha de recolección de datos de indicadores

1.5 Autor del instrumento:

Juan Jose Vasquez Diaz.

1.6 Especialidad:

Ingenieria Industrial.

1.7 Titulo de tesis:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de la flota vehicular Ram V700.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable:

Variable dependiente (Y): Disponibilidad de la flota vehicular.

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "X" en las columnas de SI o NO. Así mismo le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de los ítems de la variable de estudio: Disponibilidad de la flota vehicular.



## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACION

| N°    | Preguntas   | Aprecia |    | Observaciones |
|-------|---|---------|----|---------------|
|       |   | SI      | NO |               |
| 1     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recopilacion de datos presenta el diseño adecuado?                     | X       |    |               |
| 2     | ¿El indicador de medicion y/o instrumento de recoleccion de datos tiene relacion con el titulo de la investigacion? | X       |    |               |
| 3     | ¿En el instrumento de recoleccion de datos se mencionan las variables de investigacion?                             | X       |    |               |
| 4     | ¿El instrumento de recoleccion de datos facilitara el logro de los objetivos de la investigacion?                   | X       |    |               |
| 5     | ¿El instrumento de recoleccion de datos se realaciona con las variables de estudio?                                 | X       |    |               |
| 6     | ¿El redaccion de los items tiene un sentido coherente?  | X       |    |               |
| 7     | ¿Cada uno de los items del instrumento de medicion se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?   | X       |    |               |
| 8     | ¿El diseño del instrumento de medicion facilitara el analisis y procesamiento de datos?                             | X       |    |               |
| 9     | ¿Son entendibles los items del instrumento de medicion?   | X       |    |               |
| 10    | ¿El instrumento de medicion sera accesible a la poblacion sujeto de estudio?  | X       |    |               |
| 11    | ¿El instrumento de medicion es claro, preciso y sencillo de llenar para obtener los datos requeridos?               | X       |    |               |
| Total |   | 11      |    |               |

## 3. SUGERENCIAS

.....  
 .....  
 .....

Fecha: 29/11/2021

.....  
**Giomara Obando Contreras**  
 Analista  
**EZENTIS PERU SAC**

Firma del experto: .....

Lic./Ing./Mag./Dr.



Anexo 11. Resultado del SPSS25 de la hipótesis específica 01 - T Student

**Estadísticas de grupo**

| Periodo        |      | N | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|----------------|------|---|-------|---------------------|-------------------------|
| Mantenibilidad | 2020 | 6 | 14.28 | 1.84                | 0.75                    |
|                | 2021 | 6 | 6.33  | 1.36                | 0.55                    |

**Prueba de muestras independientes**

|                |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |      | prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                              |  |          |
|----------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
|                |                                | F   | Sig. | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                |                                |   |      |                                     |       |                  |                      | Inferior                     |  | Superior |
| Mantenibilidad | Se asumen varianzas iguales    | 1.69                                      | 0.22 | -8.52                               | 10.00 | 0.00             | -7.95                | 0.93                         | -5.87  | -10.03   |
|                | No se asumen varianzas iguales |   |      | -8.52                               | 9.20  | 0.00             | -7.95                | 0.93                         | -5.84  | -10.05   |

Anexo 12. Resultado del SPSS25 de la hipótesis específica 02 - T Student

**Estadísticas de grupo**

| Periodo       |      | N | Media  | Desviación estándar | Media de error estándar |
|---------------|------|---|--------|---------------------|-------------------------|
| Confiabilidad | 2020 | 6 | 479.38 | 155.71              | 63.57                   |
|               | 2021 | 6 | 811.54 | 185.85              | 75.87                   |

**Prueba de muestras independientes**

|               |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |      | prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                              |  |          |
|---------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
|               |                                | F   | Sig. | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|               |                                |   |      |                                     |       |                  |                      | Inferior                     |  | Superior |
| Confiabilidad | Se asumen varianzas iguales    | 0.86                                      | 0.37 | 3.34                                | 10.00 | 0.01             | 332.16               | 98.98                        | 551.04   | 109.95   |
|               | No se asumen varianzas iguales |   |      | 3.34                                | 9.70  | 0.01             | 332.16               | 98.98                        | 551.96   | 109.03   |

Anexo 13. Resultado del SPSS25 de la hipótesis específica 03 - T Student.

**Estadísticas de grupo**

| Periodo | N    | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|---------|------|-------|---------------------|-------------------------|
| Costo   | 2020 | 6     | 17490.88            | 7282.89                 |
|         | 2021 | 6     | 15202.83            | 4235.63                 |

**Prueba de muestras independientes**

|       |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |      | prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                              |  |           |
|-------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|-----------|
|       |                                | F   | Sig. | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |           |
|       |                                |   |      |                                     |       |                  |                      |                              | Inferior                                       | Superior  |
| Costo | Se asumen varianzas iguales    | 0.36                                      | 0.46 | -0.67                               | 10.00 | 0.03             | -2288.05             | 3439.50                      | -5375.64                                       | -9951.74  |
|       | No se asumen varianzas iguales |   |      | -0.67                               | 8.04  | 0.03             | -2288.05             | 3439.50                      | -5637.42                                       | -10213.51 |

Anexo 14. Resultado del SPSS25 de la hipótesis general - T Student.

**Estadísticas de grupo**

| Periodo        | N    | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|----------------|------|-------|---------------------|-------------------------|
| Disponibilidad | 2020 | 6     | 0.968               | 0.01                    |
|                | 2021 | 6     | 0.992               | 0.00                    |

**Prueba de muestras independientes**

|                |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |      | prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                              |  |          |
|----------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
|                |                                | F   | Sig. | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                |                                |   |      |                                     |       |                  |                      |                              | Inferior                                       | Superior |
| Disponibilidad | Se asumen varianzas iguales    | 4.02                                      | 0.07 | 4.43                                | 10.00 | 0.00             | 0.0237               | 0.01                         | 0.04   | 0.01     |
|                | No se asumen varianzas iguales |   |      | 4.43                                | 5.40  | 0.01             | 0.0237               | 0.01                         | 0.04   | 0.01     |

### Anexo 15. Plan de mantenimiento preventivo para el año 2021

| Q   | TIEMPO DE ATENCION      | 5 K | 10 K | 15 K | 20 K | 25 K | 30 K | 35 K | 40 K | 45 K | 50 K | 55 K | 60 K | 65 K | 70 K | 75 K | 80 K | 85 K | 90 K | 95 K | 100 K |
|-----|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1   | HORAS                   | 1.7 | 2.2  | 1.7  | 4.5  | 2.7  | 2.2  | 1.7  | 4.7  | 1.7  | 2.4  | 1.7  | 3.5  | 1.7  | 2.2  | 1.7  | 4.7  | 1.7  | 3.2  | 1.7  | 3.4   |
| Q   | ACEITES                 | 5 K | 10 K | 15 K | 20 K | 25 K | 30 K | 35 K | 40 K | 45 K | 50 K | 55 K | 60 K | 65 K | 70 K | 75 K | 80 K | 85 K | 90 K | 95 K | 100 K |
| 4/4 | ACEITE MOTOR 10W30      | C   | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C     |
| 4/4 | ACEITE DE CAJA          |     |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Q   | REPUESTOS               | 5 K | 10 K | 15 K | 20 K | 25 K | 30 K | 35 K | 40 K | 45 K | 50 K | 55 K | 60 K | 65 K | 70 K | 75 K | 80 K | 85 K | 90 K | 95 K | 100 K |
| 1   | FILTRO ACEITE           | C   | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C     |
| 1   | ARANDELA DE CARTER      | C   | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C    | C     |
| 1   | FILTRO DE AIRE          |     | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C     |
| 1   | FILTRO DE COMBUSTIBLE   |     | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C    |      | C     |
| 4   | BUJIAS                  |     |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C     |
| 2   | REFRIGERANTE            |     |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      | C     |
| 1/4 | LIQUIDO DE FRENO        |     |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      | C     |
|     | JUEGO PASTILLA DE FRENO |     |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C    |      |      |      | C     |
|     | JUEGO ZAPATA DE FRENO   |     |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      | C     |
|     | JUEGO DISCO DE FRENO    |     |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
|     | JUEGO TAMBOR DE FRENO   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 4   | NEUMATICO               |     |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | DISCO DE EMBRAGUE       |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | VENTILADOR              |     |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | BATERIA                 |     |      |      |      | C    |      |      |      |      | C    |      |      |      |      | C    |      |      |      |      | C     |
| 1   | BRIDA DE TERMOSTATO     |     |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | FLASHER                 |     |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | SENSOR DE VELOCIMETRO   |     |      |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |
| 1   | BOBINA DE ENCENDIDO     |     |      |      | C    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | C     |

### Anexo 16. Programa de mantenimiento preventivo para el año 2021

| PROGRAMA DE MANTTO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| MES                | 15 K | 20 K | 25 K | 30 K | 35 K | 40 K | 45 K | 50 K | 55 K | Total general |
| Ene                |      |      | 2    | 1    | 2    | 10   | 11   | 6    | 1    | 33            |
| Feb                |      |      |      | 7    | 7    | 6    | 4    | 2    | 1    | 27            |
| Mar                |      | 1    | 1    | 6    | 9    | 7    | 2    | 4    |      | 30            |
| Abr                |      |      | 3    | 7    | 13   | 4    |      |      |      | 27            |
| May                | 1    | 1    | 4    | 17   | 8    | 7    | 1    |      |      | 39            |
| Jun                | 1    | 1    | 4    | 9    | 13   | 10   | 1    | 1    |      | 40            |
| Total general      | 2    | 3    | 14   | 47   | 52   | 44   | 19   | 13   | 2    | 196           |

Anexo 17. Evaluación de vida útil de repuestos críticos en el año 2020

| <b>CORRECTIVOS</b>    | <b>MEDICION</b> | <b>CANTIDAD REPUESTOS<br/>UTILIZADOS 2020</b> | <b>RECORRIDO<br/>PROMEDIO DE FALLA</b> | <b>RECORRIDO ESTABLECIDO<br/>PARA SU CAMBIO</b> |
|-----------------------|-----------------|---|--|---|
| PASTILLA DE FRENO     | JUEGO           | 51  | 20,911 Kilometros                      | 20,000 Kilometros                               |
| BRIDA DE TERMOSTATO   | UNIDAD          | 59  | 20,624 Kilometros                      | 20,000 Kilometros                               |
| BOBINA DE ENCENDIDO   | UNIDAD          | 40  | 21,015 Kilometros                      | 20,000 Kilometros                               |
| BATERIA               | UNIDAD          | 40  | 25,232 Kilometros                      | 25,000 Kilometros                               |
| VENTILADOR            | UNIDAD          | 36  | 20,542 Kilometros                      | 20,000 Kilometros                               |
| FLASHER               | UNIDAD          | 4   | 25,867 Kilometros                      | 25,000 Kilometros                               |
| SENSOR DE VELOCIMETRO | UNIDAD          | 3   | 25,978 Kilometros                      | 25,000 Kilometros                               |