

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA RCM PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS TRACTOCAMIONES CL120 FREIGHTLINER DE LA EMPRESA J&J TRANSPORTES Y SOLUCIONES INTEGRALES SAC EN EL PERIODO 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autor:**

Richard Jose Ordoñez Gamarra

Asesor:

Dr. Sol Angel Alfredo Rodriguez Carrillo  
<https://orcid.org/0000-0001-7979-4824>

Lima - Perú

## INFORME DE SIMILITUD

Turnitin\_Richard Ordoñez\_041123

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>3%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>cdn.www.gob.pe</b> Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

A Dios, por siempre guiarme en el camino del bien, a mi familia por estar presente y apoyarme en todos mis objetivos. A mi asesor por ser guía en este importante logro.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Privada del Norte, a los docentes por los conocimientos brindados durante etapa académica.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Conceptualización .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Descripción de la empresa .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Misión de la empresa .....	13
1.2.2. Visión de la empresa.....	13
1.2.3. Valores de la empresa .....	14
1.2.4. Organigrama .....	14
1.2.5. Ubicación de la empresa.....	15
1.2.6. Servicios.....	16
1.2.7. Clientes .....	17
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	19
<b>2.2. Sustento Teórico .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Plan de Mantenimiento basado en RCM .....	20
2.2.1.1. Concepto de RCM .....	20
2.2.1.2. Siete preguntas básicas de RCM .....	21
2.2.1.3. Funciones y estándares de funcionamiento .....	22
2.2.1.4. Fallas funcionales .....	22
2.2.1.5. Metas a alcanzar con la implementación de RCM .....	23
2.2.1.6. Fases de la implementación de RCM.....	24
2.2.1.7. Tipo de mantenimiento de RCM.....	25
2.2.1.8. Indicadores.....	27
2.2.2. Tractocamiones Cl120 Freightliner .....	28
2.2.2.1. Identificación del vehículo .....	28
2.2.2.2. Datos técnicos.....	29

2.2.2.3. Motor Diesel 6 cilindros .....	30
2.2.2.4. Descripción de los sistemas Diesel .....	32
2.2.2.5. Sistema de admisión y escape .....	33
2.2.2.6. Sistema de refrigeración .....	33
2.2.2.7. Sistema de lubricación.....	34
<b>2.3. Limitaciones presentadas .....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. Experiencia Laboral .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2. Problemática.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. Objetivos .....</b>	<b>38</b>
3.3.1. Objetivo General .....	38
3.3.2. Objetivos Específicos .....	38
<b>3.4. Situación actual de la empresa .....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	44
3.4.2. Tiempo medio para reparaciones (MTTR).....	47
3.4.3 Disponibilidad .....	49
<b>3.5. Planificación y Desarrollo de la Metodología RCM .....</b>	<b>51</b>
3.5.1. Planificación de la metodología RCM .....	51
3.5.2. Escenario de la implementación de la metodología RCM.....	54
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
<b>4.1. Escenario posterior de la implementación de la Metodología RCM.....</b>	<b>71</b>
<b>4.2. Análisis descriptivo entre el periodo inicial y periodo final .....</b>	<b>78</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 1: Formato de ingreso y reporte de fallas – Check List. ....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 2: Procedimiento de trabajo estandarizado. ....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 3: Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 4: Orden de Trabajo de Mantenimiento.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 5: Programa de mantenimiento preventivo para un año.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 6: Mantenimientos de tracto camiones.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 7: Valores de niveles de riesgo.....</b>	<b>94</b>

<b>ANEXO 8: Formulario a rellenar en ERP.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 9: Automatización de indicadores Power bi.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO 10: Formato de Auditoría.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 11: Informe de Auditoría.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO 12: Evidencia de Auditoría.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO 13: Benchmark de disponibilidad por tipo de proceso.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO 14: Tabla de indicadores de clase mundial.....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Puntuaciones de causas según los expertos.</i>	42
<i>Tabla 2: Análisis inicial MTBF periodo inicial 2019</i>	45
<i>Tabla 3: Análisis inicial MTTR periodo inicial 2019</i>	48
<i>Tabla 4: Análisis de la Disponibilidad Periodo inicial 2019</i>	50
<i>Tabla 5: Diagrama de Gantt periodo de implementación 2020</i>	53
<i>Tabla 6: Elementos encontrados en la limpieza general.</i>	54
<i>Tabla 7: Programa de Limpieza.</i>	55
<i>Tabla 8: Formato de control de orden en el área</i>	56
<i>Tabla 9: Implementación del análisis RCM</i>	58
<i>Tabla 10: Hoja decisión RCM</i>	60
<i>Tabla 11: Análisis de Pareto de fallas</i>	62
<i>Tabla 12: Análisis del número de prioridad de riesgo, según tipo de falla.</i>	63
<i>Tabla 13: Ficha de análisis AMEF</i>	65
<i>Tabla 14: Resumen de Capacitaciones</i>	69
<i>Tabla 15: Implementación de la supervisión</i>	70
<i>Tabla 16: Análisis del tiempo medio entre fallas de los años 2019 al 2022.</i>	71
<i>Tabla 17: Análisis del tiempo medio para reparaciones total (2019 - 2022)</i>	73
<i>Tabla 18: Análisis de la disponibilidad total (2019 - 2022)</i>	76



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama del área de operaciones de la empresa.....	15
Figura 2: Ubicación de la oficina administrativa. Fuente: Pagina de Google mapa, 2021. ....	15
Figura 3: Ubicación del taller mecánico eléctrico. ....	16
Figura 4: Siete preguntas básicas del RCM.....	22
Figura 5: Preguntas básicas de fallas funcionales .....	23
Figura 6: Metas con la implementación RCM.....	24
Figura 7: Proceso del RCM.....	24
Figura 8: Mantenimiento Correctivo, calibración de motor .....	25
Figura 9: Mantenimiento Preventivo del motor .....	26
Figura 10: Mantenimiento Predictivo.....	27
Figura 11: Marca Freightliner, modelo CL 120 .....	29
Figura 12: Características técnicas de modelo CL 120.....	29
Figura 13: Motor Diesel 6 cilindros Cummins .....	30
Figura 14: Culata de motor Cummins.....	31
Figura 15: Bloque de un motor de 6 cilindros .....	31
Figura 16: Carter de motor .....	32
Figura 17: Sistema de inyección Diesel.....	32
Figura 18: Sistema de admisión y escape .....	33
Figura 19: Sistema de refrigeración.....	34
Figura 20: Sistema de lubricación.....	35
Figura 21: Disponibilidad de flota real vs proyectado. ....	39
Figura 22: Diagrama Ishikawa causa - efecto .....	40
Figura 23: Diagrama de Pareto .....	43
Figura 24: Análisis del tiempo medio entre fallas - Periodo inicial 2019.....	46
Figura 25: Análisis del tiempo medio para reparaciones - periodo inicial 2019.....	48
Figura 26: Análisis de la Disponibilidad Periodo inicial 2019.....	50
Figura 27: (a) Taller antes de la limpieza. (b) Taller después de la limpieza. ....	57
Figura 28: Análisis de Pareto de fallas.....	62
Figura 29: Análisis de Pareto de fallas.....	64
Figura 30: Formato de capacitación.....	67
Figura 31: Análisis de tiempo medio entres fallas totales (2019-2022) .....	72
Figura 32: Análisis del tiempo medio para reparaciones total (2019 - 2022). ....	75
Figura 33: Análisis de la disponibilidad total (2019-2022) .....	77

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Tiempo Medio Entre Fallas</i> .....	27
<i>Ecuación 2. Tiempo Medio Reparación</i> .....	28
<i>Ecuación 3. Disponibilidad</i> .....	28
<i>Ecuación 4. Disponibilidad total del equipo</i> .....	28

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se ejecutó con el objetivo principal de implementar la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de los tractocamiones CL 120 Freightliner de la empresa J & J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C. en el periodo comprendido en los años 2020 - 2022. Para ello fue necesario evaluar desde el inicio la situación de la empresa mediante indicadores de mantenimiento tales como MTBF-tiempo promedio que el equipo está en función entre averías, MTTR-medida de tiempo que tarda en recuperarse de una falla, Disponibilidad y Fallas críticas. Con todo ese contexto se establecieron acciones correctivas y preventivas. La investigación se realizó en el área de mantenimiento de la empresa, quien tiene a cargo una flota de 10 unidades de la marca Freightliner. Asimismo, se recolectaron los datos desde el año 2019, el cual fue nombrado periodo inicial, en el año 2020 se implementa la metodología RCM el cual tuvo una duración de 6 meses, en el año 2021 y 2022 se ha realizado seguimiento y supervisión del nuevo procedimiento.

La implementación de la metodología RCM, permitió obtener mejora significativa en el sistema de gestión de mantenimiento. Por ejemplo, se implementó el Análisis de Modal de Fallas y Efectos (AMEF) con el fin de identificar los puntos críticos de las fallas más frecuentes. Además, el indicador MTBF obtuvo un aumento de 16.81 a 35.16 horas, en cuanto más elevado sea el indicador existe mayor fiabilidad; y el indicador MTTR se redujo de 3.91 a 2.69 horas, es decir la empresa está dentro de lo óptimo ya que significa que las unidades permanecen menos tiempo en el taller. La implementación del RCM, mejora la disponibilidad en un 13% de los tractocamiones de la empresa. Para finalizar se indica que la disponibilidad mejora la parte económica de la empresa dado que las unidades tendrán más servicios ya sea público o privado, esto genera más demanda de carga por ende más flujo económico.

**Palabras claves: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, gestión de mantenimiento, disponibilidad, fallas críticas, tractocamiones.**

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Conceptualización

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, Reliability Centered Maintenance) es una metodología basada en la gestión empresarial, especialmente en la industria, para garantizar la confiabilidad y eficiencia de los sistemas y equipos. Permite a las empresas maximizar la confiabilidad y seguridad de sus sistemas y equipos mientras optimizan los costos. Esto les ayuda a mantener su ventaja competitiva y adaptarse a un entorno empresarial en constante evolución. (Cruz y Jorge, 2021, p. 14).

El modelo (RCM), es una herramienta fundamental para cualquier organización dado que prolonga de la vida útil de los activos donde se analice. (Choque, 2022, p. 5).

Los camiones Freightliner tiene como característica principal mejorar el rendimiento de combustible su bajo peso del cual se podrá aprovechar en generar más carga útil, compacto con una litera para satisfacción del conductor y a su una alta performance de la unidad, por ende, muy útil en el transporte de carga a nivel nacional Business Empresarial, (2019). Asimismo, Divemotor representante de la marca en el Perú se encuentra ingresando al mercado un nuevo modelo de tractocamiión de la marca Freightliner, para satisfacer la alta demanda de la acogida de los vehículos de carga pesada, según la revista Ruedas y Tuercas Comercio (2018).

## 1.2. Descripción de la empresa

La empresa J & J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C se inició en el año 2010, brindando servicios de Transporte de carga pesada, sobredimensionada, refrigerada, materiales peligrosos y paletizada a nivel nacional, además de realizar servicio de almacenamiento, modulado y distribución de última milla. Por ello, la empresa esta comprometida a realizar los servicios de la mejor manera y así subir su calidad de servicios y por ende mejorar calidad de atención. Por último, existe una adecuada protección relacionado al cambio climático de los cuales las operaciones a nivel nacional cuentan con el manual de buenas prácticas lo que nos ayuda a preservar el medio ambiente.

### 1.2.1. Misión de la empresa

La misión para el 2022 es mejorar los servicios de carga, almacenamiento y transporte a nivel nacional.

### 1.2.2. Visión de la empresa

La visión para el 2022 es posicionarse como la mejor empresa de transporte de carga a nacional y a su vez incluirse dentro de una de las mejores empresas de distribución de entidades del estado.

### 1.2.3. Valores de la empresa

Los valores de la empresa son:

- a) Excelencia operativa: Hacer las cosas bien desde el principio reduce los errores y aumenta la satisfacción del cliente.
- b) Transparencia: Mantenga siempre abiertas las transacciones y no oculte información.
- c) Orientación al Cliente: Descubrir a tiempo las necesidades del cliente, saber escuchar, facilitar su gestión empresarial, proteger y proyectar nuestra marca y valor.
- d) Personas: cuidar a nuestros socios comerciales brindándoles un ambiente de trabajo seguro y agradable, conectando la vida laboral con la familiar y ayudándolos a crecer profesional y personalmente.
- e) Integridad: Sea siempre justo y atégase siempre a los hechos cuando trate con clientes y socios comerciales.

### 1.2.4. Organigrama

Para la ejecución de este trabajo se tomó en cuenta a todo el equipo del área de mantenimiento desde la gerencia, quien es el encargado de la implementación, asimismo el jefe de flota y mantenimiento guio y aportó las ideas de mejoras para la implementación y finalmente el coordinador de mantenimiento siendo un personal tanto operativo como administrativo estuvo a cargo de toda la implementación de la metodología RCM.

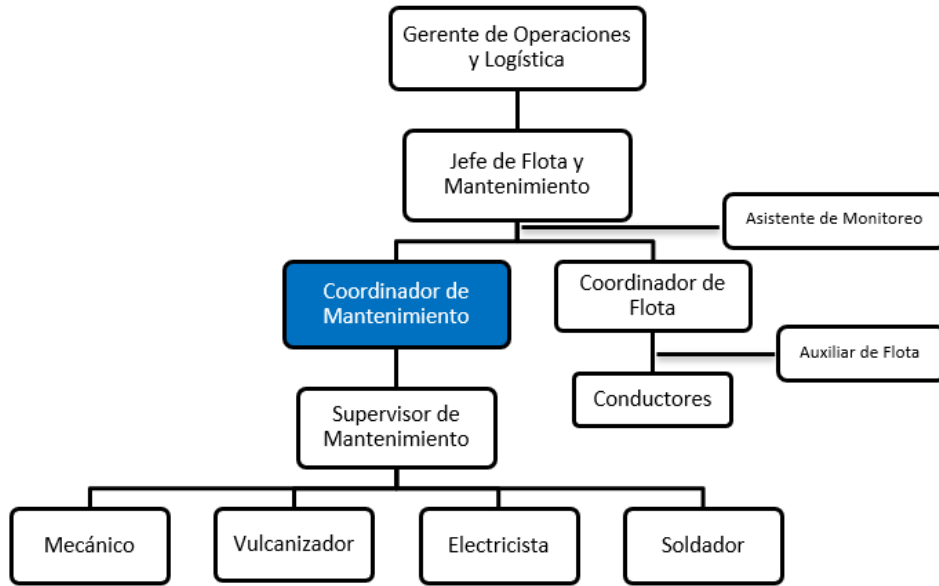


Figura 1: Organigrama del área de operaciones de la empresa.

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.5. Ubicación de la empresa

La empresa de estudio se encuentra en la calle José De La Mar #15312, Urb. Santa Luzmila - Comas, donde funcionan las oficinas de administración (ver figura 2). El taller mecánico eléctrico se encuentra en Av. Santa Ana 101; Urb. Chacra Cerro Comas, donde se realizan las reparaciones y mantenimiento de los vehículos de carga (ver figura 3).



Figura 2: Ubicación de la oficina administrativa. Fuente: Pagina de Google mapa, 2021.

Fuente: Google maps (2022)



Figura 3: Ubicación del taller mecánico eléctrico.

Fuente: Google maps (2022)

### 1.2.6. Servicios

La empresa está dedicada a brindar servicios de:

- a) Transporte: Se brinda el servicio carga a nivel nacional con una flota moderna de camiones americanos acondicionados a toda la geografía nacional. Además, cuenta con un sistema de control vía satélite las 24 horas para mayor fiabilidad de la carga de los clientes.
- b) Modulado: El servicio de modulado se atiende con la finalidad que proteger los productos dado sea frágil, carga peligrosa, etc.
- c) Distribución: Se realiza la distribución de puerta en puerta llamada última milla. Este servicio se realiza a nivel nacional.
- d) Embalado: Se protege el producto para la manipulación, traslado y almacenamiento del mismo.



### 1.2.7. Clientes

La empresa realiza servicios de clientes privados y públicos, dentro de los principales clientes privados se cuenta PARAISO, CHOCOLATERA DEL PERU, RON CARTAVIO, FOSFORERA, PERNOD, ETC. Asimismo, dentro de los principales clientes del estado se tiene, ONPE INDECI, AGRORURAL, MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, MINEDU, SIMA, ETC.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Nacionales

Cruz & Jorge (2021), indica que el RCM impacta de manera notable en la productividad de los tractocamiones en una empresa de transporte mediante las herramientas del AMEF, ya que su flota presentaba fallas y paradas imprevistas provocando así la disminución de la productividad. Dentro de las conclusiones de este presente trabajo menciona que se incrementó la productividad un 8.15 % luego de implementación del RCM, la eficiencia logró mejorar un 5.20% y la eficacia un 3.69%. Así mismo, recomiendan ejecutar capacitaciones programadas como mínimo tres veces al año para el personal técnico.

Sánchez & Ramos (2022), habla sobre la implementación de los indicadores que darían una mayor operatividad a su flota (MTBF y MTTR), asimismo implementar procedimientos para los mantenimientos correctivos y preventivos, además de un programa de mantenimiento de los tractocamiones. Por otro lado, esta investigación muestra la evaluación económica de dicho diseño de gestión de mantenimiento el cual se tendrá el recupero de la inversión en un periodo de cinco años además de generar ganancias con una tasa de inversión de retorno de 20.45%.

Fernández, Valencia & Quevedo (2022), indica que toda falla mecánica inesperada genera sobrecostos innecesarios, por lo que dentro de la propuesta es contar con un programa de mantenimiento según el análisis de fallas con data histórica, además de medir la disponibilidad y finalmente propone un proceso de mantenimiento. Así mismo, se identificó deficiencias dentro de diversas áreas de la empresa que se van registrando mensualmente. También mencionan las actividades por parte del personal técnico para realizar los trabajos respectivos diarios que sumaran a todo el proceso de mejora.

### 2.1.2. Antecedentes Internacionales

Chuchuca & Calderón (2022), indica que utilizaron herramientas como el AMEF, lo cual permitió determinar el NPR con la finalidad de identificar la criticidad de las fallas, por lo que dentro de sus conclusiones mencionan que la gestión del mantenimiento preventivo es elemental con la planificación de trabajos. A su vez indica que se ingresara la información de las fallas de las unidades según los kilometrajes establecidos para generar los datos que sirvan a los especialistas del área respectiva.

Fabricio (2022), indica acerca de la importancia de los mantenimientos para aumentar la utilidad operativa de una determinada flota terrestre de unidades.

Caicedo (2018), indica la definición de las funciones operacionales del activo, ya que al ser una empresa dedicada a otro rubro no tenían claro la operación a realizar, en la segunda fase identifico las fallas más frecuentes, en la tercera fase identifico modos de fallas, este permite comprender lo que se desea prevenir y para ello realizo su matriz de criticidad, hoja de decisión del AMEF. Menciona la importancia de la documentación en el área con la guía de las jefaturas que tienen mucha experiencia. También buscan apoyo del personal de mantenimiento para la verificación de manuales de los equipos e interrelacionar conocimientos para volcar a las interpretaciones de los tiempos de trabajo que se realizara en el plan de mantenimiento.

Fabricio (2022), implementó un plan de mantenimiento de equipos y maquinarias y para ello establecieron indicadores para que determinen el mantenimiento y estructuración de presupuesto para los planes de mantenimiento. Los indicadores principales que les ayudo a medir fueron el MTBF, MTTR y la disponibilidad dando como resultado una mejora en las líneas de proceso generando beneficios como reducción de costos, tiempo de inactividad, averías y fallos del cual logro que la maquinaria sea más eficiente. Aplicar el plan de

mantenimiento analizando los indicadores MTTR, MTBF y disponibilidad incrementa la confiabilidad de la operatividad de los activos.

## 2.2. Sustento Teórico

### 2.2.1. Plan de Mantenimiento basado en RCM

#### 2.2.1.1. Concepto de RCM

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es una metodología utilizada en la gestión de activos y mantenimiento de equipos industriales y sistemas complejos. Su objetivo principal es desarrollar programas de mantenimiento eficientes y efectivos basados en la confiabilidad de los equipos y sistemas. A través del RCM, se busca garantizar que la confiabilidad inherente de un equipo se mantenga durante su ciclo de vida útil, minimizando los costos de mantenimiento y maximizando la disponibilidad operativa. El RCM busca enfocarse en analizar la funcionalidad crítica de un equipo o sistema, evaluar los modos de fallas posibles y determinar las estrategias de mantenimiento mejor definidas para lograr una prevención adecuada del cual nos permitirá eliminar las fallas. Algunos de los pasos claves en la metodología RCM incluyen: 1. Identificar las funciones críticas 2. Determinar cuáles son las funciones esenciales que el equipo o sistema debe cumplir para satisfacer los objetivos operativos. Esta metodología se centra en maximizar la confiabilidad de los activos, minimizando todo costo y optimizando el rendimiento operativo. El mantenimiento preventivo o el mantenimiento predictivo Campos, Tolentino, Toledo, & Tolentino, (2019) tiene como enfoque aumentar la confiabilidad y a su vez tiende a mejorar los costos del área de mantenimiento.

El mantenimiento, como lo describe el autor Yunca (2021), es una función crítica en la gestión de equipos y sistemas en una amplia variedad de industrias y sectores. Su definición se centra en varios aspectos importantes, tales como control de todo tipo, preservar o restaurar el sistema a su estado óptimo, bajo coste, conjunto de actividades y procedimientos.

En pocas palabras, el mantenimiento cumple un rol de garantizar que los activos de una organización, ya sean equipos de producción, sistemas auxiliares o servicios, sigan funcionando de manera óptima. Al hacerlo, ayuda a minimizar interrupciones, reducir costos operativos y mantener la eficiencia, la competitividad y la rentabilidad a nivel empresarial.

El mantenimiento, según la definición proporcionada por Meza (2020), se relaciona a las actividades designadas para tener un sistema óptimo de funcionamiento. Estas actividades se centran en la operatividad de los equipos utilizados para las actividades que dan servicios en una empresa. Al mantener los equipos en un estado funcional, se asegura que la empresa pueda cumplir sus funciones de manera eficiente y colaborar con la productividad general de la organización. En resumen, el mantenimiento es necesario para garantizar que los recursos de una empresa estén disponibles y en buenas condiciones para respaldar sus operaciones.

#### 2.2.1.2. Siete preguntas básicas de RCM

El RCM se centra en una base del cual organiza los activos que dispone en la empresa. Se debe conocer a detalle los activos de la empresa y elegir los que están sujetos a realizar el proceso de la aplicación de la herramienta RCM. (Moubray, 2019, p.7). Se debe realizar o considerar en realizar inventarios de activos si no está establecido. Estas son las siete preguntas relacionadas al RCM:



Figura 4: Siete preguntas básicas del RCM

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1.3. Funciones y estándares de funcionamiento

El funcionamiento RCM, realiza la cuantificación de estándares de funcionamiento cada vez que se pueda realizar. Esto significa que se busca establecer estándares medibles y específicos para diversos aspectos relacionados con la funcionabilidad de los equipos y sistemas. (Moubray, 2019, p.7).

### 2.2.1.4. Fallas funcionales

Las fallas funcionales de los equipos se definen como la inhabilitación de los activos o componentes que se puedan dar uso (Moubray, 2019, p.8). asimismo, el otro autor apoya el significado, los estados de falla en sistemas o activos se conocen como "fallas funcionales" precisamente porque representan una situación en la cual el activo no desarrolla su funcionabilidad según sus parámetros establecidos y esto hace que sea aceptables o necesarios (Melendres, 2019, p. 16).

### A) Modos de falla (causas de falla)

Permite analizar y comprender a profundidad los que se está queriendo realizar (Moubray, 2019, p.9). Según el otro autor, una posible avería o falla es la posible causa para llegar a un estado de falla de la unidad (Melendres, 2019, p.16).

### B) Efectos de las fallas

Responder a las cuatro primeras preguntas puede ser una estrategia efectiva para identificar las mejoras e incrementar la seguridad y eliminar errores en diferentes contextos (Moubray, 2019, p.10).

Así como (Melendres, 2019, p.17) indica que la información se debe apoyar con la evaluación y posteriormente con las consecuencias de las fallas tales como:

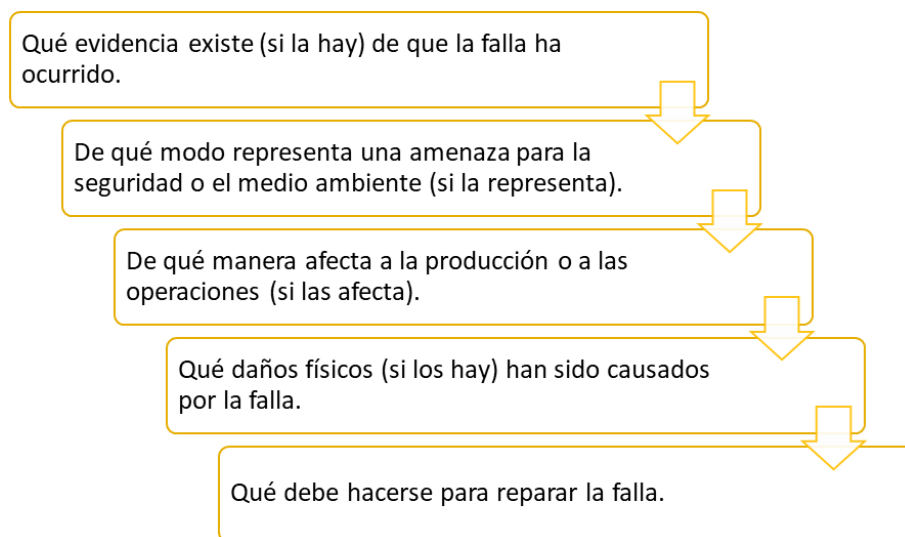


Figura 5: Preguntas básicas de fallas funcionales

Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.1.5. Metas a alcanzar con la implementación de RCM

Según Campos, O. Tolentino, G. et. al (2018), la metodología RCM tendrá una consecuencia positiva en cinco aspectos:

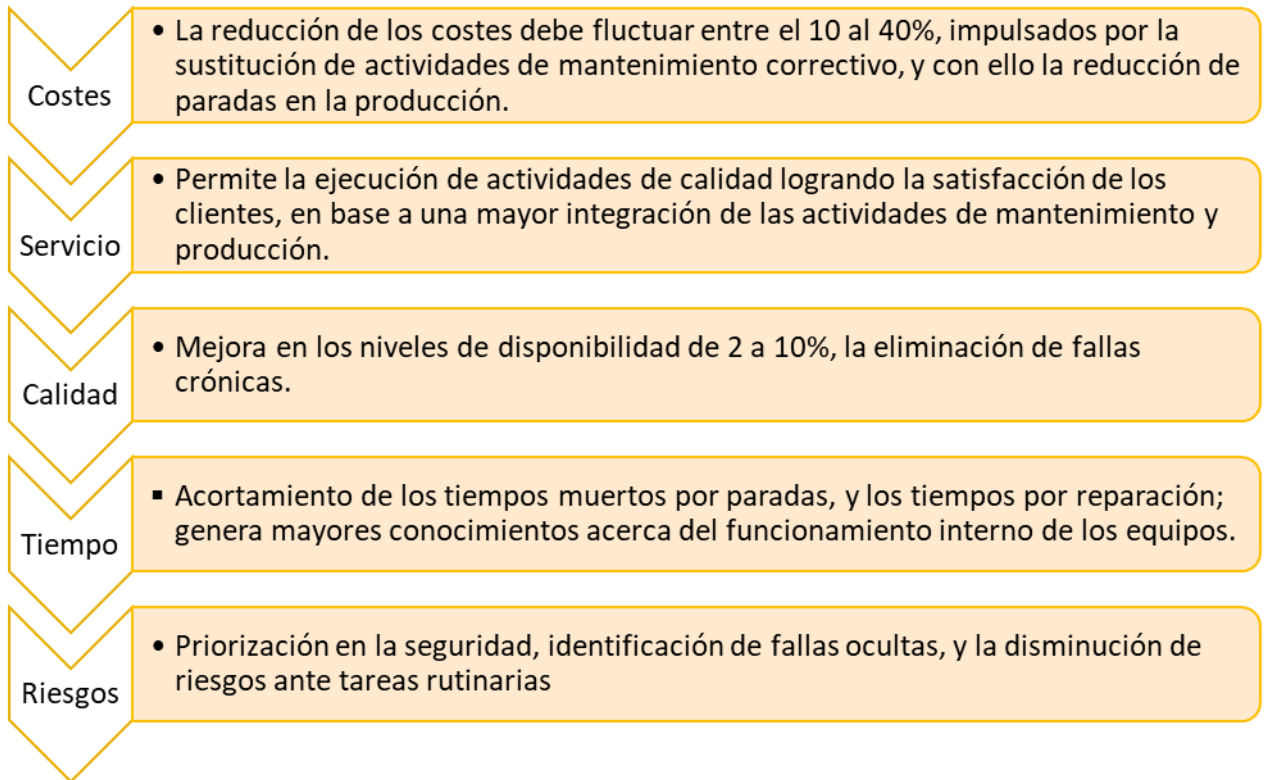


Figura 6: Metas con la implementación RCM

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1.6. Fases de la implementación de RCM

Un plan de mantenimiento adecuado es fundamental para optimizar la rentabilidad de una empresa, ya que puede ayudar a reducir significativamente los costos por mantenimiento y garantizar un funcionamiento más eficiente de las máquinas y equipos. Aquí hay algunas razones por las que un plan de mantenimiento efectivo es beneficioso, Madasse (2019). Existen siete fases para implementar la metodología RCM.

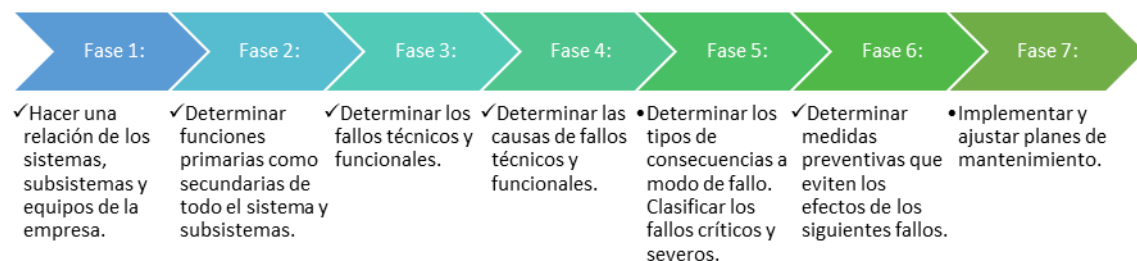


Figura 7: Proceso del RCM

Fuente: Tecsup (2020)



### 2.2.1.7. Tipo de mantenimiento de RCM

#### A. Mantenimiento Correctivo

Para Primero, Diaz, García & Gonzales (2015); el mantenimiento correctivo es un mantenimiento no planificado, ya que es trabajo que se realiza en base un equipo fallado operacionalmente por lo que representa una restauración por ende suele ser más costoso.

Para Renovetec (2018), el mantenimiento correctivo es la corrección de una falla a una maquina o equipo, teniendo como base algunas ventajas para mejorar operacionalmente y al mínimo costo posible. El éxito para el mantenimiento correctivo es estudiar el problema como primer punto y luego planificar los trabajos.

En la Figura 5 se observa al técnico mecánico realizar un mantenimiento correctivo de calibración de freno de motor, inyectores y válvulas de admisión y escape.



*Figura 8: Mantenimiento Correctivo, calibración de motor*

*Fuente: Elaboración propia*

#### B. Mantenimiento preventivo

Según Primero, Diaz, García, & Gonzales (2015), esta labor se realiza periódicamente según los kilómetros u horas de recorridos por la unidad o equipo utilizado. Para un mejor funcionamiento se realiza trabajos completos en los diferentes sistemas con anticipación y con la finalidad de mantener los equipos en óptimas condiciones.

Para Corinne Yaulema Pinargote (2020), el mantenimiento preventivo está relacionado al programa que regularmente o periódicamente se realiza para mitigar las fallas y los tiempos muertos de los equipos. También conocido como mantenimiento planificado dado que generalmente está basado en historial de las maquinas.

En la Figura 6 se observa que el tractocamión Freightliner se encuentra en el taller para realizar un mantenimiento preventivo dado que llegó a su kilometraje de cambio de aceite de motor y otras inspecciones adicionales de programa de mantenimiento.



*Figura 9: Mantenimiento Preventivo del motor*

*Fuente: Elaboración propia*

### **C. Mantenimiento predictivo**

Según William Olarte (2010), el mantenimiento predictivo es una herramienta para analizar el equipo continuamente del cual predice posibles fallas y toma acciones correctivas apropiadas. Su costo de implementación es alto, el cual su desarrollo tiene la ventaja de permitir controlar el óptimo funcionamiento adecuado de la maquinaria.

Para Ñato (2020), el mantenimiento predictivo son acciones y técnicas aplicables con la finalidad de detectar fallas y posibles defectos en los equipos o maquinaria. Estas técnicas se realizan para que no ocurran paros imprevistos. La mayor parte de las revisiones son en los momentos cuando la maquinaria o equipo está operando y no obstaculiza el trabajo a realizar de las inspecciones.

En la Figura 7 se verifica que el supervisor recopila información de funcionamiento del tractocamión para detectar posibles fallos o defectos.



Figura 10: Mantenimiento Predictivo

Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.1.8. Indicadores

##### A. Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Según Ángel Macías Barbaran (2021), es un indicador de confiabilidad porque para ejecutar este indicador se requiere de un histórico de fallas generadas de un determinado tiempo para obtener un porcentaje de confiabilidad. Es el tiempo promedio de medición entre fallos de un sistema lo cual permite calcular el MTBF.

**Ecuación 1:** *Tiempo Medio Entre Fallas*

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\text{Numero de fallas}}$$

## B. Tiempo medio hasta la avería (MTTR)

Según Ángel Macías Barbaran (2021), es un indicador de mantenibilidad y para obtener el cálculo de MTTR se requiere tener una data histórica documentada determinando los tiempos y periodos de la falla.

### *Ecuación 2. Tiempo Medio Reparación*

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\text{Numero de fallas}}$$

## C. Disponibilidad

Para Carol Alavedra Flores (2016), la disponibilidad de un equipo está ligado a la seguridad, dado que se tiene que tener las unidades o equipos en óptimas condiciones, por lo que se busca contar con la fiabilidad de mantener equipos operativos.

### *Ecuación 3. Disponibilidad*

$$\text{Disponibilidad}(\%) = \frac{\text{Horas disponibles}}{\text{Horas Planificadas}} \times 100\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

La disponibilidad, el MTTR y el MTBF están interconectados y la implementación de un mantenimiento preventivo eficiente es un método eficaz para aumentar la disponibilidad, en última instancia, el rendimiento de los equipos y sistemas en una organización.

### *Ecuación 4. Disponibilidad total del equipo*

$$\text{Disponibilidad}(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

## 2.2.2. Tractocamiones CL120 Freightliner

### 2.2.2.1. Identificación del vehículo

Las unidades Columbia CL120, con su máxima durabilidad, eficiencia ofrece un tracto camión con la más alta tecnología. Es un modelo de tracto camión muy versátil con características acondicionables valga decir aerodinámico y con un óptimo confort que se encuentra a la vanguardia de la innovación que permiten el ahorro de combustible del cual proporciona un rendimiento sin precedente y un máximo desempeño Nitro.pe (2017).



Figura 11: Marca Freightliner, modelo CL 120

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.2. Datos técnicos

Las unidades Freightliner CL120 son adaptables a las necesidades y diferentes tipos de trabajo por sus altas capacidades en su configuración general. Es un Tracto camión que puede ser adaptable para transportar líquidos, carga seca y demás ya sea en cargas locales y regionales. Equipado con potentes motores para ofrecer un desempeño óptimo con una potencia y torque de motores de cilindrada mayor Autos de primera (2014). Se detalla las características de la unidad Freightliner CL120.

POTENCIA QUE SE ADAPTA A LAS EXIGENCIAS DEL CAMINO		
<b>MOTOR</b> Marca Detroit Diesel Modelo Serie 60 No. de cilindros / disposición 6 en línea Aspiración Turbo + postenfriador Desplazamiento cc 12,700 cm <sup>3</sup> Potencia @ RPM 370-430 HP @ 2100 Torque (Lbs / ft) @ RPM 1,550 (Lbs / ft) @ 1200 Sistema de inyección Unidad inyector	<b>LLANTAS</b> Rines Aluminio 22.5 x 8.25 Llantas delanteras 11R 22.5 Llantas traseras 11R 22.5 <b>DIMENSIONES (mm)</b> Longitud total 7,214 Ancho total 2,438 Altura total a la cabina 2,901 Voladizo delantero 1,219 Voladizo trasero 890 Distancia entre ejes 4,546 Longitud de cabina 3,099 <b>EJES</b> Marca del eje delantero Meritor FG-941 Capacidad del eje delantero 6,622 Kg / 14,600 Lbs Tipo de suspensión delantera Ballestas + Amortiguadores Capacidad suspensión delantera 6,350 Kg / 14,000 Lbs Marca del eje trasero Meritor RT46-160P Capacidad del eje trasero 20,865 Kg / 46,000 Lbs Relación eje trasero 4.89 Tipo de suspensión trasera Neumática / airliner Capacidad suspensión trasera 20,865 Kg / 46,000 Lbs <b>DIRECCIÓN</b> Tipo de dirección Hidráulica + Enfrizador Marca de la dirección TRW Referencia de la dirección TAS 85	<b>EQUIPAMIENTO</b> Baterías (V/Ah) 3 Alliance 12V 2280 CCA Alternador (V/A) Delco Remy 12V 160 Amp Aire acondicionado Vidrios eléctricos Silla neumática (conductor) Suspensión neumática de la cabina Computador a bordo Espejos eléctricos con desempañador 2 tubos de escape cromados Bomper de 3 piezas pintado Parrilla atropismados Control crucero Sistema luz día Cinturones retráctiles de 3 puntos Explosivos en el bomper Parrilla cromada Cornetas dobles Tímel especializable y rescapable Prerainación de radio y parlantes Limpia parabrisas eléctrico
<b>TRANSMISIÓN</b> Marca Eaton Fuller Referencia RTLO-16918B Relación máxima y mínima 14,40/0,73 Embrague Eaton Fuller SOLO ADVANTAGE 15.5" Accionamiento de embrague Mecánico No. de marchas (adelante) 18 Tipo Manual		
<b>FRENOS</b> Freno principal / marca / tipo Meritor neumático ABS Freno de parqueo / marca / tipo Haldex / resorte activado ABS Wabco 4 sensores Freno de motor Jacobs		
<b>PESOS</b> Peso vacío total 7,634 Kg PBY fabricante 27,458 Kg Peso bruto vehicular combinado 52,000 Kg Peso eje delantero 3,983 Kg Peso eje trasero 3,651 Kg		
<b>TANQUES DE COMBUSTIBLE</b> Tanque derecho (G) 120 Tanque izquierdo (G) 120		

Figura 12: Características técnicas de modelo CL 120

Fuente: Divemotor (2021)



### 2.2.2.3. Motor Diesel 6 cilindros

El motor Diesel es uno de los equipos de arranque más poderosos en la actualidad. Su beneficio principal es el ahorro de combustible y su funcionamiento por largo tiempo abaratando costos de operación. Los motores Diesel son ruidosos y están hechos para durar y resistir, solo necesita su mantenimiento adecuado con el aceite específico de fábrica y los cuidados correspondientes para realizar su trabajo Dieseval (2015).

#### Componentes del motor diésel

Los motores Diesel viene dividido en tres partes principales que son:

- A. Culata
- B. Block
- C. Carter

Los demás componentes complementarios de motor vienen a ser el cigüeñal, el eje de levas, válvulas de admisión y escape, pistones, anillos, inyectores, bomba de aceite, compresora, radiador, intercooler, enfriadores de aceite entre otros.



*Figura 13: Motor Diesel 6 cilindros Cummins*

*Fuente: Dieseval (2015)*

## A. Culata

Es una pieza metálica complementaria de los motores de combustión interna. Su consistencia es un bloque de material de aluminio o hierro. Generalmente las culatas de los camiones de uso pesado son de hierro fundido proporcionando una mayor vida útil del motor. Se encuentra unida al bloque del motor mediante tornillos del cual se encarga de sellar herméticamente los componentes para soportar temperaturas muy altas e impedir fugas de compresión. Ro-des Recambios (2017).



*Figura 14: Culata de motor Cummins*

*Fuente: Deseval (2015)*

## B. Bloque del motor o block

El cuerpo principal del motor se encuentra entre la culata y el Carter. Tiene una composición aleatoria de hierro fundido y en algunos casos de aluminio. Por lo general debe ser de un material muy fuerte para soportar la combustión del en el interior del motor. Los orificios en este caso deben soportar la fricción entre los pistones, anillos y camisas del motor. Vienen en tres tipos de bloques en línea, en V y opuestos. Fierros clásicos (2015).



*Figura 15: Bloque de un motor de 6 cilindros*

*Fuente: Fierros clásicos (2015)*

### C. Carter

El cárter es un componente donde se aloja el aceite que se encarga de la lubricación del motor. El ciclo de lubricación continua mantiene las piezas mecánicas del motor bien lubricadas, reduciendo la fricción, disipando el calor y previniendo el desgaste prematuro. El aceite también actúa como un agente de limpieza, recogiendo partículas y residuos del motor a medida que circula, lo que contribuye a mantener el motor limpio y en buen estado de funcionamiento. Donaire (2019).



Figura 16: Carter de motor

Fuente: Donaire

#### 2.2.2.4.Descripción de los sistemas Diesel

El sistema de inyección diésel es esencial en los motores diésel, ya que se encarga de proporcionar la cantidad necesaria de combustible diésel al motor para su funcionamiento adecuado. La combustión funcionara óptimamente si es inyectado en la proporción adecuada y precisa, caso contrario no realizara la combustión adecuada y presentara fallos en el funcionamiento. En el sistema de inyección encontramos dos elementos importantes: La bomba de inyección y los inyectores. Porpoco (2017).

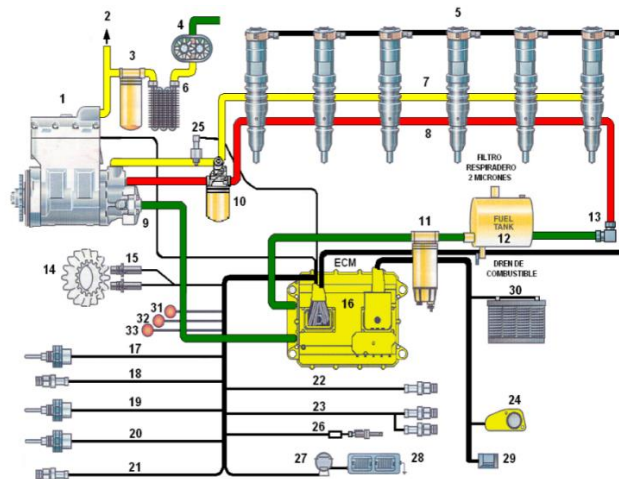


Figura 17: Sistema de inyección Diesel

Fuente: Porpoco (2017)



### 2.2.2.5. Sistema de admisión y escape

Son sistemas que están formados por piezas que guían el aire hacia el interior haciendo la combustión, a diferencia del escape donde se evacuan los gases producidos por la combustión, el diseño tiene el objetivo directo de afectar el rendimiento volumétrico de aire en el interior del motor. Este sistema lleva principalmente un conducto de aire, filtro, turbo, múltiples y más. Aranda Mauro (2017).

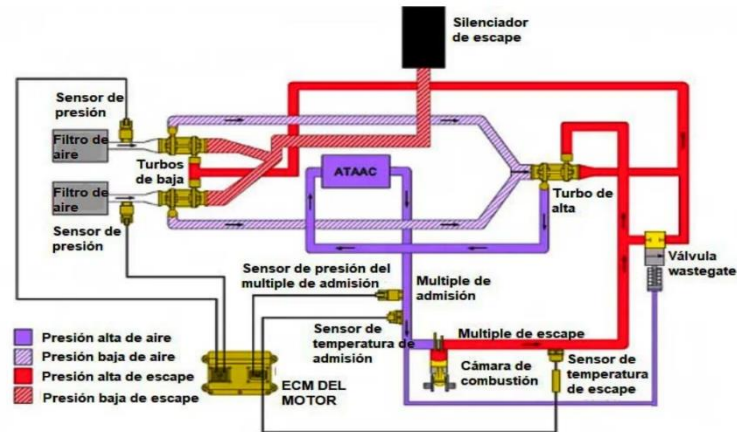


Figura 18: Sistema de admisión y escape

Fuente: Curso de equipo pesado (2014)

### 2.2.2.6. Sistema de refrigeración

En los motores diésel tienen un objetivo principal evitar el sobrecalentamiento del motor y desgaste de las piezas mecánicas. El sistema de refrigeración se encarga de la recirculación del líquido refrigerante por los conductos del motor, esto sirve para disipar el calor por un componente llamado radiador. El radiador contiene celdas o conductos por el cual ingresa el líquido a enfriar, también es enfriado mediante el aire ingresado al vehículo en movimiento o mediante el sistema eléctrico de ventilación asistida. Hernández (2013).

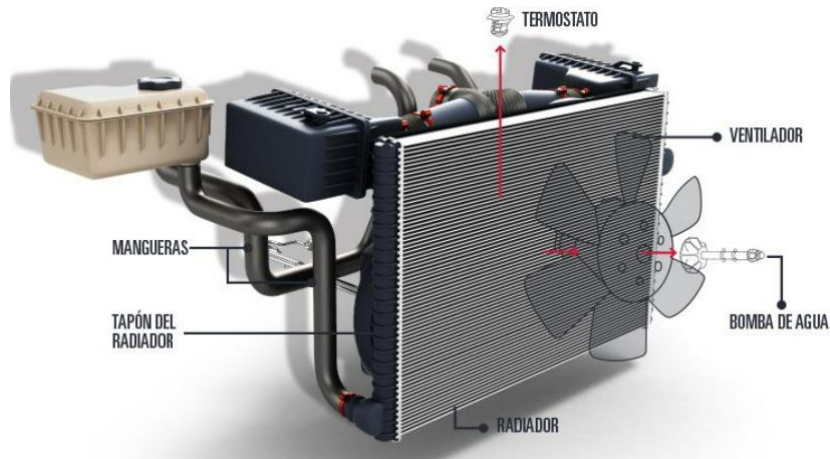


Figura 19: Sistema de refrigeración

Fuente: Flash Cooling (2022)

#### 2.2.2.7. Sistema de lubricación

Consiste en hacer llegar el aceite a los lubricadores para evitar el fricción inadecuado de las piezas en movimiento. Esto con la finalidad de evitar el desgaste excesivo y prematuro del motor del cual disminuye la vida útil del motor. Por ende, el aceite está acumulado en el carter, mediante el cual la bomba de aceite succiona y envía el aceite por los ductos de lubricación. Motor (2017).

Un lubricante adulterado o sin especificaciones técnicas pueden generar daños para un motor:

- Desgaste prematuro de las partes
- Mayor emisión de contaminantes
- Fugas de anillos en los cilindros
- Evaporación de lubricante
- Recalentamiento del motor.

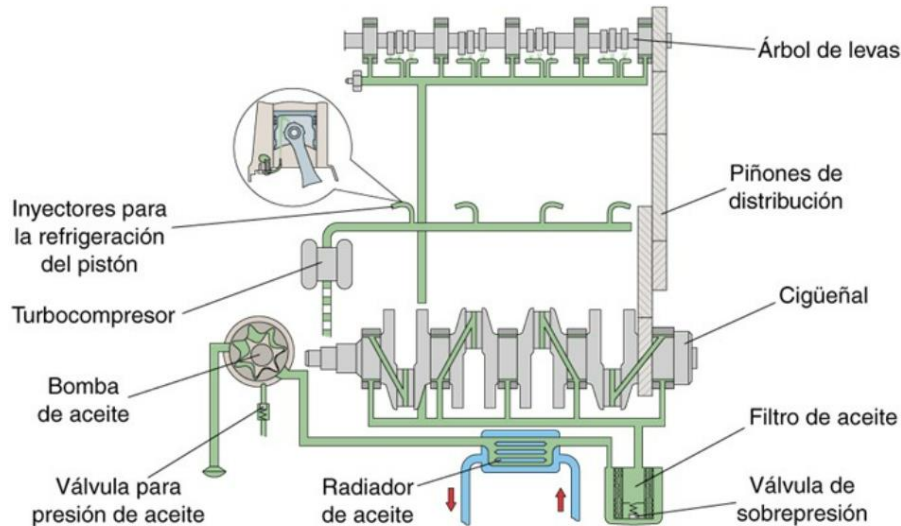


Figura 20: Sistema de lubricación

Fuente: Roberto García (2021)

### 2.3. Limitaciones presentadas

En la implementación de la metodología en la empresa de estudio presentó varios inconvenientes y/o limitantes al cambio, ya que por mucho tiempo se trabajó de forma desordenada, desorganizada e indisciplinada. Estas son algunas de las limitaciones presentadas:

- Los colaboradores con mayor antigüedad en la empresa estaban resistentes al cambio, sin motivación a aprender, dado que no les interesaba las nuevas técnicas y metodologías para la implementación en el área de mantenimiento. Se desconocían muchos temas en tecnología, gestión y mejoras para la empresa.
- No contar con los registros y documentación relacionada de años anteriores se tuvieron que verificar todas las unidades para levantar información de meses anteriores a mi ingreso y lograr analizar el año completo desde 2019. Esta información se tuvo que solicitar del personal directo que operan los camiones, a su vez a los ayudantes de taller y el personal relacionado al área de mantenimiento y flota.
- La empresa de estudio al no contar con un presupuesto para implementar un software y la falta de interés en mejorar el área de mantenimiento se tuvo que trabajar con herramientas a la mano, tales como Gmail, Excel, Power bi.

## **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

En base a toda la experiencia profesional que se obtuvo en los últimos años en el rubro automotriz, se describe el paso a paso de la implementación realizada en la empresa de estudio.

La implementación de la metodología RCM es una estrategia que se utiliza en la gestión del mantenimiento de equipos e infraestructuras para mejorar la confiabilidad y disponibilidad.

En el contexto de la flota de camiones FREIGHTLINER CL 120, el objetivo principal de utilizar RCM es medir y mejorar dos indicadores clave: MTTR y MTBF.

### **3.1. Experiencia Laboral**

En el año 2019 se otorgó la responsabilidad del cargo de Asistente de Mantenimiento, al año siguiente se asciende al cargo de Coordinador de Mantenimiento, siendo las funciones principales al desempeñar el cargo:

1. Asegurar que la flota cumpla con el mantenimiento respectivo, y a su vez con las normas de seguridad y calidad para prevenir problemas que podrían afectar la seguridad y confiabilidad.
2. Coordinar el control de los costos de mantenimiento y garantizar el uso eficiente de los presupuestos y recursos
3. Efectuar la coordinación del control de toda la información del mantenimiento terciario para asegurar que no existan desviaciones en los gastos realizados en cada unidad y periodo.
4. Coordinar la correcta ejecución del programa de mantenimiento preventivo mecánico, eléctrico y de soldadura de la empresa de estudio.

5. Realizar y efectuar charlas de seguridad y concientización respecto a primeros auxilios, prevención, uso de EPP's, identificación de puntos de alto riesgo, entre otros.
6. Realizar el seguimiento de los KPI'S de la gestión de mantenimiento.

Para iniciar la implementación RCM se solicitó el VB° de la gerencia general, a su vez la participación el gerente de operaciones es clave para un mayor soporte, los cuales brindaron información actualizada y relevante. Asimismo, se realizó un plan de seguimiento con el personal que trabaja en el área de mantenimiento.

### 3.2. Problemática

En este punto se hallaron los defectos y dificultades del área de estudio presentándose constantes reclamos del área de operaciones, ya que los clientes presentaban quejas de los incumplimientos de las fechas de entregas y las citas de carga, el cual se perjudicaba económicamente a la empresa con penalidades. Por otro lado, se evidenció un incumplimiento de la meta de la disponibilidad de la flota, por ende, la gerencia determinó un valor meta en el indicador la disponibilidad.

### 3.3. Objetivos

#### 3.3.1. Objetivo General

Implementar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los tractos camiones FREIGHTLINER CL 120 de la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.

#### 3.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del área de mantenimiento de la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.
- Elaborar formatos para definir el proceso del área de mantenimiento con la implementación de la metodología RCM.
- Elaborar indicadores para medir la disponibilidad y Análisis del Modos y Efectos de Fallas (AMEF) de los tractos camiones FREIGHTLINER CL 120 de la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.
- Analizar los valores de disponibilidad de equipos después de la implementación de la metodología RCM de los tractos camiones FREIGHTLINER CL 120 de la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.
- Validar la ejecución del RCM en la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.

### 3.4. Situación actual de la empresa

En la Figura 21, se muestra que la disponibilidad estipulada por la gerencia es de 90%, del cual no alcanzo la meta deseada y se determinó utilizar herramientas de controles de ingeniería adecuadas con la finalidad de optimizar el área de mantenimiento. Como se puede visualizar en el comportamiento de la disponibilidad del año 2019, no se logra tener una disponibilidad estable, por lo que a fines de diciembre del 2019 se agendó una reunión clave con los encargados del área para realizar mejorar continua, ya que la media de la disponibilidad anual es de 81%.

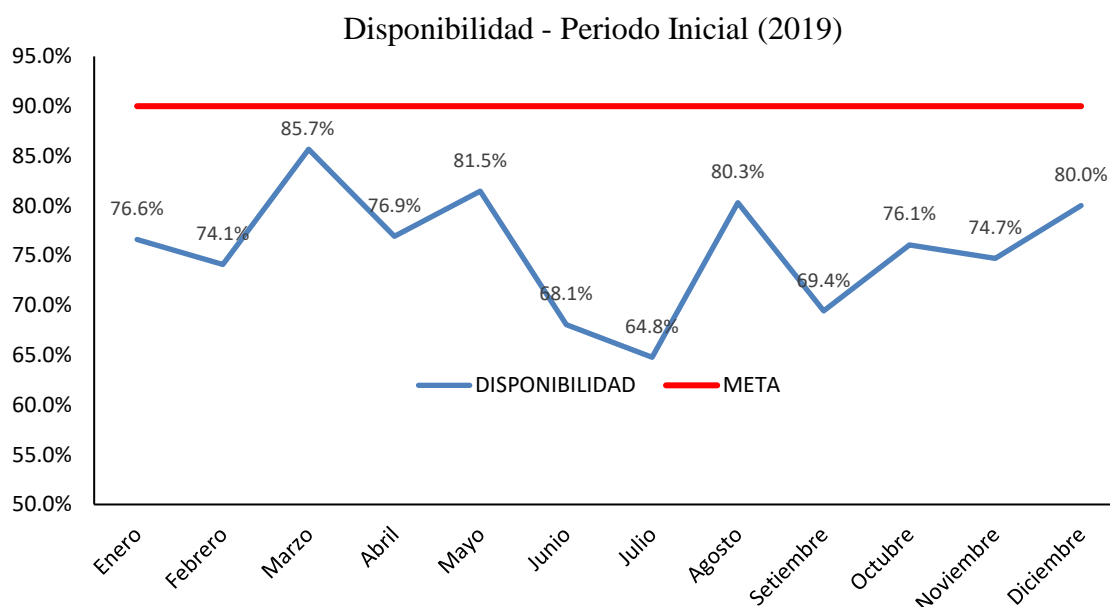


Figura 21: Disponibilidad de flota real vs proyectado.

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis del año 2019 en una reunión conjunta con el área de operaciones se aplicó la herramienta de lluvia de ideas para identificar las falencias del área de mantenimiento en el año 2019, este análisis permitió comprender a través de comentarios sinceros la problemática utilizando el diagrama de causa-efecto para definir la problemática principal.

También nos permitió identificar la problemática y de donde parte el problema el cual se representa con el diagrama de causa y efecto (ver figura 22).

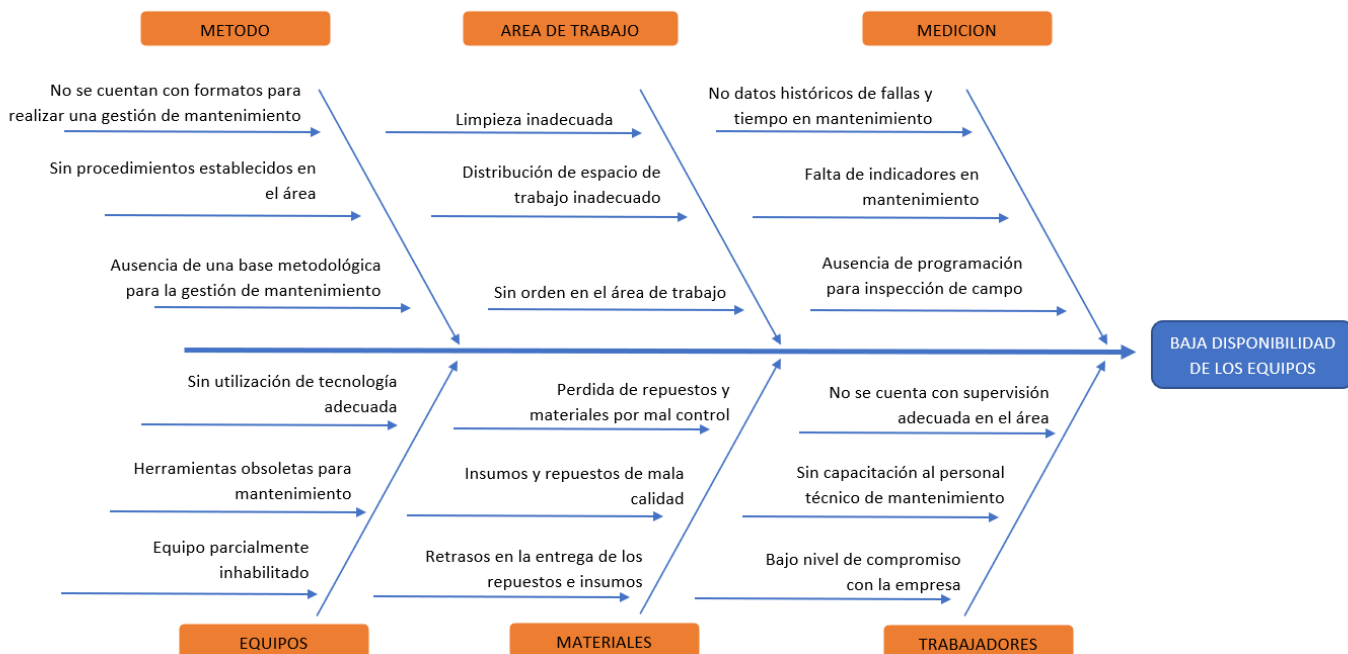


Figura 22: Diagrama Ishikawa causa - efecto

Fuente: Elaboración propia

Para conocer a detalle la principal problemática del área de mantenimiento, se realizó un análisis de procesos mediante el diagrama de Ishikawa, el cual se ha agrupado en distintos niveles.

Según el diagrama de causa - efecto se halló uno de los factores como la falta de formatos de mantenimiento para una correcta gestión de mantenimiento, a su vez se encontró que la empresa no cuenta con los procedimientos adecuados, ni estandarizados. En segundo lugar, en relación con el área de trabajo se observa el taller sin un orden, con falta de limpieza en el área de mantenimiento y a su vez incorrecta distribución de las áreas de trabajo para mantenimientos correctivos.



En cuanto a la medición se evalúa la ausencia de una programación para inspecciones de campo también se verifica la ausencia de indicadores de disponibilidad y no se cuenta con un historial de fallas y tiempo en mantenimiento.

A su vez se identificaron dificultades sobre las maquinarias y equipos dado que no se cuenta con equipos de última tecnología para hacer el correcto diagnóstico, las herramientas están obsoletas por la antigüedad y los equipos están parcialmente inhabilitados por causas de siniestros. De igual modo se identificaron las posibles causas en el grupo de materiales de trabajo, repuestos de baja calidad y generalmente una mala gestión del área de almacén. Finalmente, no se tiene brinda capacitaciones a los técnicos y tampoco a los supervisores por ende se constata el bajo nivel de compromiso del personal con la empresa.

Con el análisis del diagrama se logra determinar que la dirección del problema principal está en la baja disponibilidad operativa de la flota. Para analizar a profundidad todas las causas, se realizó una encuesta dirigida a cuatro personas que laboran en empresa, responsables de jefaturas para la identificación de la baja disponibilidad de equipos. Se trabajó con una escala, siendo 10 la calificación de mayor y 0 la calificación de menor. En la siguiente tabla se identifican las causas con su respectivo puntaje.

Tabla 1: Puntuaciones de causas según los expertos.

Descripción de las causas		C1	C2	C3	C4	Punt.	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
1	Ausencia de una base metodologica para la gestion de manteniminto	10	10	9	10	39	16.7%	17%
2	Sin procedimientos establecidos	9	10	8	10	37	15.9%	33%
3	No datos historicos de fallas ni tiempos de mantenimientos	9	8	8	9	34	14.6%	47%
4	Falta de indicadores en mantenimiento	9	9	8	8	34	14.6%	62%
5	No se cuenta con formato para realizar una gestion de mantenimiento	6	7	8	7	28	12.0%	74%
6	Perdida de manteriales por mal control	4	4	2	2	12	5.2%	79%
7	Ausencia de programacion para inspeccion de campo	3	4	3	3	13	5.6%	85%
8	Retrasos en la entrega de los repuestos e	3	2	2	2	9	3.9%	88%
9	Sin utilizacion de tecnologia adecuada	3	2	3	2	10	4.3%	93%
10	Insumos y respuestos de mala calidad	2	2	1	2	7	3.0%	96%
11	No se cuenta con supervision adecuada en el	1	1	0	1	3	1.3%	97%
12	Sin capacitacion tecnica al personal de mantenimiento	1	0	0	1	2	0.9%	98%
13	Limpieza inadecuada	1	1	0	0	2	0.9%	99%
14	Bajo nivel de compromiso con la empresa	0	0	0	0	0	0.0%	99%
15	Herramientas obsoletas para mantenimiento	0	1	0	0	1	0.4%	99%
16	Equipos parcialmente inhabilitados	0	0	0	0	0	0.0%	99%
17	Distribucion de espacio inadecuado	0	0	1	0	1	0.4%	100%
18	Sin orden en el area de trabajo	0	0	0	1	1	0.4%	100%
<b>Total</b>						<b>233</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1, se muestra las causas y/o factores que influyen en el problema principal, obteniendo la causa con mayor puntaje la ausencia de una base metodológica con 39 puntos y el 17% del total, en segundo lugar, de las causas es la falta procedimiento establecidos con 37 puntos y 16% de frecuencia relativa, seguido a esto como tercer lugar se encuentra la falta de datos históricos de fallas ni tiempos de mantenimiento con 34 puntos y 15% del total, como cuarto lugar se ubica la escasez de indicadores en mantenimiento con 34 puntos y 15% del total, como quinto lugar se ubica no se cuenta con formato para realizar una gestión de mantenimiento con 28 puntos y 12% frecuencia relativa. A partir de la sexta causa hacia adelante los valores alcanzan el menor impacto como pérdida de material por mal control (12 puntos), ausencia de programación para inspección de campo (13 puntos), retrasos en la entrega de los repuestos e insumos (9 puntos), sin utilización de tecnología adecuada (10 puntos). Se realizó un diagrama de Pareto para obtener una mayor visualización por lo

descrito anteriormente, donde las principales causas se muestra en barras y el porcentaje acumulado se muestra en línea.

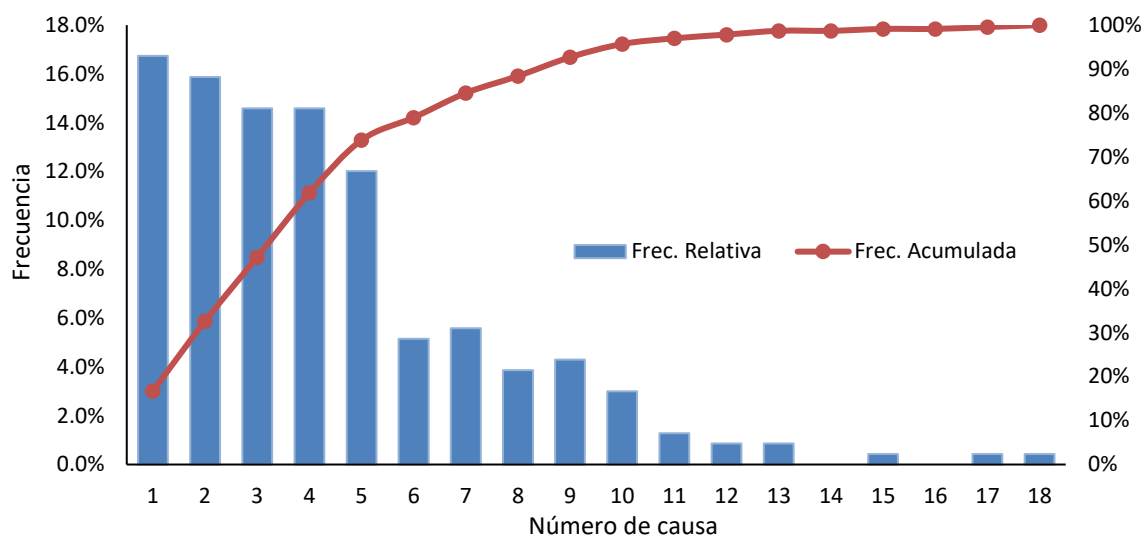


Figura 23: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza que el 15% de las causas explica el 74% de la problemática, el cual existe cinco factores con mayor influencia en la problemática del bajo nivel de disponibilidad, por ende, la opción para mejoría y cambios se debe centralizar en solucionar los problemas con relación a la falta de una metodología, la ausencia de una base metodológica sin procedimientos establecidos, no datos históricos de fallas ni tiempos de mantenimientos, ausencia de indicadores en mantenimiento y no se cuenta con formato para realizar una gestión de mantenimiento; todo ello generará una mejora significativa para la disponibilidad operativa de los tractocamiones (ver figura 23).

En el año 2019 la empresa de estudio no tenía establecido ningún indicador en el área de mantenimiento. Asimismo, tampoco contaba con un plan de mantenimiento preventivo, procesos establecidos ni con data histórica de fallas de las unidades para analizar.

### 3.4.1. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

En una medida que indica cuánto tiempo se puede esperar que un sistema funcione antes de que ocurra una falla, esto nos permite conocer la fiabilidad del funcionamiento del equipo a analizar. En la tabla 2 y figura 24, el análisis del MTBF en el periodo inicial 2019 se halla un promedio de 16.81 horas anual que tiene una tendencia a disminuir. Este resultado es debido a que las unidades presentaban fallas comunes tales como focos quemados, fuga de aire por niple, falla de motor elevallunas, entre otros; estas reparaciones no se daban como debería de ser, ya que solo se realizaba soluciones momentáneas por consiguiente las unidades retornaban a taller con la misma falla. Asimismo, se detectó que los conductores reportaban averías ficticias en las unidades para no realizar servicios ya contratados, esto influyó que las unidades estuvieran más tiempo en el taller de mantenimiento y por ende mover el indicador de cálculo. Por último, la gerencia tomó un papel fundamental en este indicador dado que las unidades no recibían mantenimiento preventivo con anterioridad, esto se vio reflejado en los números anuales del cálculo.

Belén (2022), menciona que si el indicador MTBF sea más elevada existe mayor fiabilidad dentro de los resultados de los estudios en su periodo inicial. Antes de la implementación obtuvo un promedio de 13.7 horas y en su periodo final después de la implementación obtuvo un promedio de 38 horas observando un crecimiento de 24.3 horas.

Según Marmol (2019), menciona que el MTBF es el tiempo que la máquina trabaja hasta detectar una falla, obtener un valor alto de MTBF significa que la máquina tiene frecuencia de fallas. Las buenas prácticas en las labores mineras recomiendan que el promedio de este valor sea entre 60 a 80 horas, ello dependerá del tipo de máquina y a la operación que sea sometida.

Tabla 2: Análisis inicial MTBF periodo inicial 2019

Meses	Horas en operación	Horas en mantenimiento	N° Paradas
Enero	372	87	18
Febrero	336	87	18
Marzo	372	53.3	17
Abril	360	83	20
Mayo	372	69	20
Junio	360	115	38
Julio	372	131	35
Agosto	372	73.3	27
Setiembre	360	110	27
Octubre	372	89	21
Noviembre	360	91	21
Diciembre	372	74.3	17

Meses	Horas Operando	Horas paradas	N° Paradas	Cálculo del MTBF	MTBF
Enero	372	87	18	372/18	20.67
Febrero	336	87	18	336/18	18.67
Marzo	372	53.3	17	372/17	21.88
Abril	360	83	20	360/20	18.00
Mayo	372	69	20	372/20	18.60
Junio	360	115	38	360/38	9.47
Julio	372	131	35	372/35	10.63
Agosto	372	73.3	27	372/27	13.78
Setiembre	360	110	27	360/27	13.33
Octubre	372	89	21	372/21	17.71
Noviembre	360	91	21	360/21	17.14
Diciembre	372	74.3	17	372/17	21.88
Promedio					16.81

Fuente: Elaboración propia

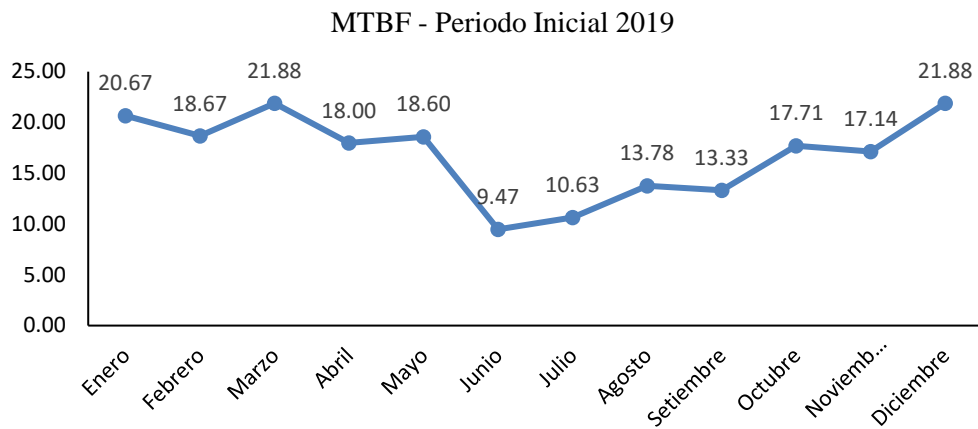


Figura 24: Análisis del tiempo medio entre fallas - Periodo inicial 2019

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Tiempo medio para reparaciones (MTTR).

El MTTR es la medida de tiempo del cual se tarda en reparar una falla o avería en un activo, equipo, sistema o servicio.

En la tabla 3 y grafico 25, se observa que durante todo el año 2019 se ha mantenido con una tendencia lineal con un promedio de 3.91 horas, estos tiempos de altos de reparación debido a la falta de disponibilidad de repuestos, de personal, herramientas inadecuadas y demoras en las aprobaciones para la compra de repuestos.

Según Belén (2022), menciona que el indicador MTTR mide la eficiencia en la reparación de una falla, en su trabajo de investigación el autor muestra de resultados del antes y después de la implementación RCM, el cual confirma que obtuvo mejoras, es decir, en el periodo inicial tuvo un promedio 4.21 horas y en periodo final tuvo un promedio 2.32 horas disminuyendo 1.89 horas mejorando así la disponibilidad.

Según Lozano (2022), indica que un elevado MTTR tiene como significado que se invierte demasiadas horas en reparar una falla y un número inferior de MTTR significa que no se está haciendo los trabajos como debería de ser. Un valor promedio de 3 a 6 horas, según la aplicación de trabajo, debería ser el valor óptimo para la operación que sea sometida las unidades o equipos.

Tabla 3: Análisis inicial MTTR periodo inicial 2019

Tiempo Medio para Reparaciones				
Meses	Horas paradas	N° Paradas	Cálculo del MTTR	MTTR
Enero	87	18	87/18	4.83
Febrero	87	18	87/18	4.83
Marzo	53.3	17	53.3/17	3.14
Abril	83	20	83/20	4.15
Mayo	69	20	69/20	3.45
Junio	115	38	115/38	3.03
Julio	131	35	131/35	3.74
Agosto	73.3	27	73.3/27	2.71
Setiembre	110	27	110/27	4.07
Octubre	89	21	89/21	4.24
Noviembre	91	21	91/21	4.33
Diciembre	74.3	17	74.3/17	4.37
Promedio				3.91

Fuente: Elaboración propia

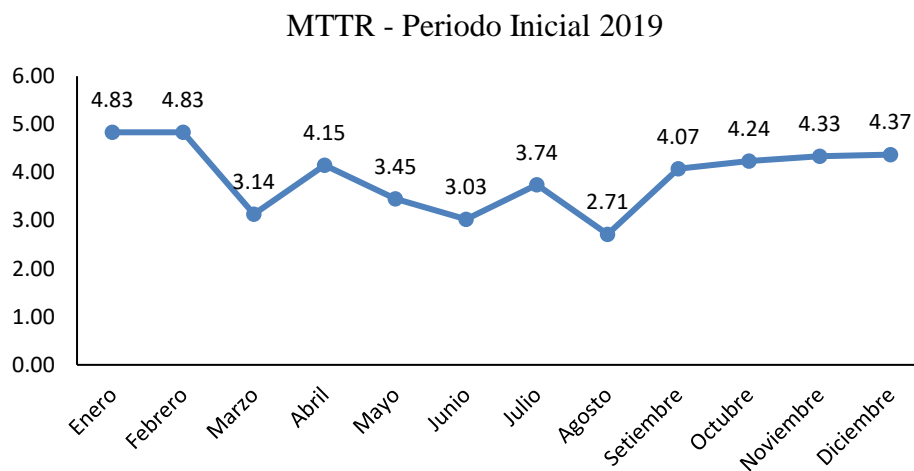


Figura 25: Análisis del tiempo medio para reparaciones - periodo inicial 2019

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.3 Disponibilidad

En la tabla 4 y grafico 26, la disponibilidad tuvo en el mes de Julio con un valor de 64.8%, un valor bajo, lo que significa se tuvo más unidades en taller con fallas detectadas, al mismo tiempo, el mes Marzo con un valor 85.7%, un valor alto, el cual indica que se dedicó más tiempo para la ejecución al servicio debido a la alta demanda con los clientes. Por consiguiente, durante el periodo inicial se obtuvo una tendencia decreciente a la disponibilidad, es decir, con resultados pocos favorables e ineficientes.

En base a todo lo expuesto, la empresa de estudio tuvo una disponibilidad considerablemente baja en las unidades por reparaciones mecánicas y/o eléctricos lo cual ha presentado consecuencias económicas por incumplimientos de servicios, es decir, penalidades. Por ejemplo, en el periodo 2019 se presentaron penalidades en los trabajos realizados con entidades del estado tales como CUNAMAS, INDECI, MINEDU entre otros, debido al incumplimiento de fechas de citas de carga que se vieron reflejados en penalidades económicas. Otra consecuencia es el incumplimiento fecha de entrega al usuario final que también aplican penalidades, este incumplimiento es debido a las fallas mecánicas o problemas técnicos de las unidades en ruta.

Tabla 4: Análisis de la Disponibilidad Periodo inicial 2019

Meses	MTBF	MTTR	Cálculo de Disponibilidad	Disponibilidad
Enero	20.67	4.83	$(20.67) / (20.6+4.83)$	81%
Febrero	18.67	4.83	$(18.67) / (18.67+4.83)$	79%
Marzo	21.88	3.14	$(21.88) / (21.88+3.14)$	87%
Abril	18.00	4.15	$(18.00) / (18.00+4.15)$	81%
Mayo	18.60	3.45	$(18.60) / (18.60+3.45)$	84%
Junio	9.47	3.03	$(9.47) / (9.47+3.03)$	76%
Julio	10.63	3.74	$(10.63) / (10.63+3.74)$	74%
Agosto	13.78	2.71	$(13.78) / (13.78+2.71)$	84%
Setiembre	13.33	4.07	$(13.33) / (13.33+4.07)$	77%
Octubre	17.71	4.24	$(17.71) / (17.71+4.24)$	81%
Noviembre	17.14	4.33	$(17.14) / (17.14+4.33)$	80%
Diciembre	21.88	4.37	$(21.88) / (21.88+4.37)$	83%
			Promedio	81%

Fuente: Elaboración propia

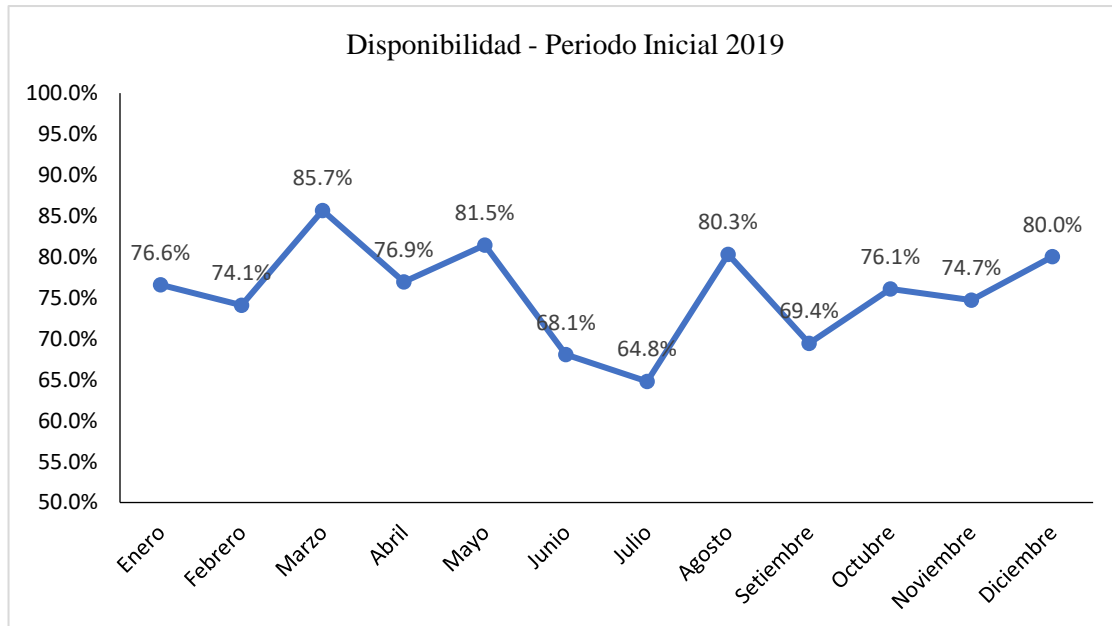


Figura 26: Análisis de la Disponibilidad Periodo inicial 2019.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Planificación y Desarrollo de la Metodología RCM

Para el año 2022, se proyecta aumentar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner CL 120 mediante la implementación de la metodología RCM. La disponibilidad operativa de la flota puede verse afectada por una variedad de factores, y para determinar el contexto inicial que influye en esta disponibilidad, es necesario llevar a cabo un análisis en el año 2022. Adicional a ello, se determinó las fallas críticas de los tractocamiones Freightliner CL 120 en el año 2022. En conclusión, se consiguió establecer las actividades correctivas y preventivas para aumentar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner CL 120 en la empresa de estudio en el año 2022.

#### 3.5.1. Planificación de la metodología RCM

Para obtener cambios efectivos en el sistema de trabajo de la empresa, fue indispensable realizar una planificación para implementar la metodología RCM, todo esto para coordinar las actividades y establecer las metas trazadas, esto se organizó en 5 fases:

Fase 1: Gestión de área: Para una correcta implementación se busca identificar materiales para organizar y limpiar toda el área de mantenimiento. Los trabajos de clasificación de herramientas e inventarios se realizaron en fechas finales del mes saliente.

Fase 2: Análisis RCM: En esta fase se incorporaron diferentes formatos para llevar a cabo el análisis respectivo de la flota.

Fase 3: Análisis Modal de fallas y Efecto (AMEF): En esta fase se inicia la metodología de análisis comenzando con fichas de estudio como el NPR, Hoja de decisión y el AMEF para su análisis respectivo.

Fase 4: Capacitación: Se realizaron diversas charlas durante todo el tiempo de la implementación.

Fase 5: Supervisión: Los formatos de supervisión se dieron en los dos primeros meses de la implementación, los sistemas de control en la S8 hasta S16, la programación de auditorías se llevó a cabo cada 2 meses y por último la mejora continua se dio en las últimas 3 semanas. A continuación, se presente el diagrama de Gantt con los datos descritos:

Tabla 5: Diagrama de Gantt periodo de implementación 2020

FASES	Actividades	Encargado	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	
Gestion del area	Limpieza general	Richard Ordoñez																									
	Orden	Richard Ordoñez																									
	Clasificacion de herramientas	Richard Ordoñez																									
	Inventario	Richard Ordoñez																									
Analisis RCM	Diagrama de operaciones del proceso	Richard Ordoñez																									
	Diagrama de analisis del proceso	Richard Ordoñez																									
	Procedimiento del trabajo	Richard Ordoñez																									
	Hoja de decision RCM	Richard Ordoñez																									
AMEF	Recoleccion de datos	Richard Ordoñez																									
	Analisis de fallas	Richard Ordoñez																									
	Analisis de severidad	Richard Ordoñez																									
	Analisis de ocurrencia	Richard Ordoñez																									
	Analisis de dificultad de deteccion	Richard Ordoñez																									
	Implementacion Indicadores - ERP	Richard Ordoñez																									
Capacitacion	Charla de taller 1	Richard Ordoñez																									
	Charla de taller 2	Richard Ordoñez																									
	Charla de taller 3	Richard Ordoñez																									
	Charla de taller 4	Richard Ordoñez																									
Supervision	Formato de supervision	Richard Ordoñez																									
	Sistema de control	Richard Ordoñez																									
	Programacion de auditoria	Richard Ordoñez																									
	Mejora continua	Richard Ordoñez																									

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2. Escenario de la implementación de la metodología RCM.

#### Fase 1: Gestión de área

Básicamente se enfoca en la identificar los elementos, la planificación de la limpieza, la optimización del proceso de ingreso de repuestos y accesorios, y la verificación de mejoras en el orden y la limpieza en un entorno de trabajo o producción. Estas actividades son fundamentales para obtener un lugar de trabajo seguro y eficiente.

ELEMENTOS ENCONTRADOS					
N°	Descripcion del articulo	Ubicación	Necesario	Innecesario	Decision
1	Cintas maskentipe	Oficina	X		Reubicarlo
2	Lijas usadas	Taller		X	Desecharlo
3	Trapos sucios	Almacen		X	Desecharlo
4	Inyectores usados	Taller		X	Venderlo
5	Baldes de aceite usados	Taller		X	Venderlo
6	Cajas de repuestos vacias	Taller-Almacen		X	Desecharlo
7	Latas de grasa usadas	Taller		X	Desecharlo
8	Recipiente con aceites	Taller		X	Desecharlo
9	Articulos de limpieza	Taller-Almacen	X		Reubicarlo
10	Uniformes usados	Taller-Vestuarios		X	Desecharlo
11	Repuestos deteriorados	Taller		X	Venderlo
12	Mesas en desuso	Taller-Almacen		X	Venderlo
13	Cosas ajenas al trabajo	Taller-Almacen		X	Reubicarlo
14	Stickers informativos	Taller- Oficina		X	Reubicarlo
15	Maquinaria en desuso	Taller		X	Venderlo

Tabla 6: Elementos encontrados en la limpieza general.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6, se detalla la descripción de los artículos, la ubicación actual, la necesidad y el uso en adelante que se le dará a todos los artículos encontrados en las áreas indicadas. Las cintas encontradas en las oficinas de determino que no son necesarias en esa área por tal razón se reubico para su utilización correcta. También se encontraron cajas de repuestos vacías, trapos sucios, latas de grasa usadas los cuales resultan no necesarias en el área y por

ende se enviaron al área correspondiente o se decidió desecharlo por no tener utilidad. Este formato fue elaborado por el encargado del área.

Para determinar el criterio de decisión se respondió y analizo las preguntas, tales como “¿Qué debemos desechar?, ¿Qué debe ser guardado?, ¿Qué puede ser útil para otra persona u área?, ¿Qué deberíamos reparar?, ¿Qué debemos vender?” según lo indicado por Socconi & Barrantes, (2014). Luego de tener identificado los criterios de decisión se pasa a realizar una reunión con la jefatura para una decisión final teniendo como resultado en la figura 24. La decisión de vender parte de un análisis técnico, en algunos casos se tienen repuestos que a la empresa le cuesta más caro reparar que comprar uno nuevo, de este punto parte la decisión de vender ya que no se quiere una acumulación en el almacén o en el taller con repuestos u objetos en mal estado. Luego, la decisión de desechar inicia con la no utilización de un producto dentro del taller de mantenimiento y a su vez tampoco serviría para reubicarlo por su no utilización dentro de la empresa. La decisión de reubicar se dará con el análisis de mantenimiento y el apoyo de almacén, dado que se podrá acomodar fácilmente para las necesidades optimas de cada producto en las diferentes áreas de la empresa.

Tabla 7: Programa de Limpieza.

PROGRAMA DE LIMPIEZA				
N°	Descripcion de las tareas	Area	Responsable	Frecuencia
1	Limpieza de pisos	Taller-Almacen	En cronograma	Diario
2	Limpieza pasadizos	Taller-Almacen	En cronograma	Diario
3	Limpieza de baños	Taller	En cronograma	Diario
4	Limpieza de frontis	Taller-Almacen	En cronograma	Diario
5	Limpieza estaciones de trabajo	Taller	En cronograma	Semanal
6	Limpieza paneles herramientas	Taller	En cronograma	Semanal
7	Limpieza paredes	Taller-Almacen	En cronograma	Semanal
8	Limpieza vestuarios	Taller	En cronograma	Semanal
9	Limpieza mesas de trabajo	Taller	En cronograma	Semanal

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, en la tabla 7, se realizó la frecuencia de programación de limpieza con la definición de las tareas a ejecutar diario y semanal. Las áreas para realizar las tareas, la frecuencia y el personal encargado se encuentran dentro de este programa.

Tabla 8: Formato de control de orden en el área

Area:	Taller mecanico	Autorizado por:	
Fecha:			
Formato de control de orden en el area			
5S	Descripcion	SI	NO
Seiri (Seleccionar)	Existen materiale o piezas innecesarias		
	Exiten maquinas o equipos inncesarios		
	Existen herramientas innecesarias		
Seiton (Organizar)	Equipos e insumos bien ubicados		
	Ubicación claramente identificada		
	Material defectuoso esta bien etiquetado		
	Comunicación visual bien establecida		
Seiso (Limpiar)	Pisos y superficies de trabajo limpio		
	Desperdicios y basura reciclable en su lugar		
	Ambiente de trabajo bueno		
Seiketsu (Estandarizar)	Hojas con datos de seguridad de los materiales		
	Exintores y elementos de seguridad funcionando		
	Entrenamiento en labores RCP		
Shitsuke (Seguimiento)	El trabajo estandar esta publicado		
	Procedimientos para limpieza y seguridad publicados		
	Correcto control de documentacion		
	Reuniones semanales		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8, se muestra el formato de control de orden en el área el cual se considera responsable de las 5S dentro del taller de mantenimiento, en la siguiente lista permitirá validar si el área de mantenimiento se encuentra en óptimas condiciones, para empezar, se valida si existen materiales, piezas, maquinas o equipos innecesarios, en segunda etapa de las 5S se valida la organización del área si se realiza correctamente. La tercera etapa de las 5S consta en revisar si el área de trabajo se encuentra limpia; luego se supervisará si el trabajo estandarizado está publicado además de la realización del control de documentos. Finalmente se constata que se cumplan los objetivos y procesos establecidos



El objetivo de este formato es de mantener ordenada, equilibrada y limpia el área para mejorar el aspecto visual dentro de la empresa. Además, con la eliminación de desperdicios se amplía el espacio para realizar más trabajos. Asimismo, la empresa de estudio decidió evaluar de manera mensual el cuadro de las 5s para garantizar que el lugar de trabajo siga los principios aplicados.

(a)



(b)



Figura 27: (a) Taller antes de la limpieza. (b) Taller después de la limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

## Fase 2: Análisis RCM

En esta fase, se implementa los reportes de fallas, procedimientos de trabajos u otros análisis requeridos para realizar una correcta gestión de mantenimiento de manera eficiente. A continuación:

*Tabla 9: Implementación del análisis RCM*

<p>1. Formato: Ingreso y Reporte de fallas</p> <p>También llamado check list es donde se consigna los datos de la unidad tales como placa, conductor, kilometraje; asimismo se coloca la fecha del ingreso de la unidad luego de finalizar un servicio, además se detalla el reporte de las fallas mecánicas y/o eléctricas comunicadas por el conductor. También se incluye datos del personal de supervisión. El objetivo que se tiene con el formato de ingreso o también llamado check list es controlar y garantizar con una forma simple a no olvidar las observaciones importantes durante el proceso de reparación o de ejecución del trabajo a realizar. Esto garantiza que las funciones o actividades se ejecuten de forma organizada.</p>	<p>Ver Anexo 1</p>
<p>2. Formato: Procedimiento de trabajo estandarizado.</p> <p>Un Procedimiento de Trabajo Estandarizado (PTE) es un documento que describe en detalle cómo realizar una tarea o actividad específica de manera consistente y eficiente.</p> <p>El objetivo principal es estandarizar todos los trabajos con relación al personal técnico operativo contando con las metas principales que es la mejora continua, con su responsabilidad que es netamente el trabajo en equipo enfocado en un propósito y la capacitación de las habilidades estratégicas. Se finaliza con la descripción de los procedimientos que vienen a ser los trabajos estandarizados, determinar de los componentes uso de herramientas para la implementación, beneficios de la estandarización y las auditorias.</p>	<p>Ver Anexo 2</p>

<p>3. Formato: Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento</p> <p>Este diagrama se inicia con el check list de la unidad a recepcionar, seguidamente se evalúa la unidad según kilometraje para realizar los trabajos correspondientes preventivos o correctivos. Si no cuenta con trabajos programados según kilometraje ingresara la unidad para realizar análisis de fallas indicadas por el conductor en el check list de ingreso. Se realizan los trabajos de mantenimiento, esto incluyen reparaciones, ajustes, lubricación e inspecciones visuales para asegurar los trabajos a realizar. A su vez con todos los trabajos a realizar se hacen los formatos respectivos correspondientes al mantenimiento. Finalmente se solicita una prueba de la unidad ya sea en ruta o en taller para inspeccionar la operatividad que permitirá su salida del tractocamión. El objetivo principal del diagrama de flujo en el área de mantenimiento es para mostrar la cadena de las actividades en el proceso. Para esto se muestra el inicio del proceso y la finalización de este mismo.</p>	<p>Ver Anexo 3</p>
<p>4. Formato: Orden de trabajo de mantenimiento (OT)</p> <p>Este indica el número de recepción del trabajo para realizar, hora y día de ingreso, hora y día de salida, placa de tracto camión, modelo de tracto camión, área de trabajo correspondiente, lugar de trabajo, responsable de la orden de trabajo, responsable del trabajo también incluye fallas mecánicas y posibles causas, el sistema a trabajar, detalle general del trabajo realizado. A su vez cuenta con observaciones-backlog y firma final de los encargados de mantenimiento. La orden de trabajo se registra al finalizar la tarea para un mayor análisis.</p> <p>El objetivo principal de este formato llámese Orden de Trabajo, permite conocer a detalle los trabajos realizados a la unidad. Asimismo, permite controlar los tiempos de cada trabajo.</p>	<p>Ver Anexo 4</p>
<p>5. Formato: Programa de mantenimiento preventivo para un año</p> <p>Se realiza un plan de mantenimiento durante el año 2021, donde las tareas programadas de manera semanal son parte de los sistemas de motor, transmisión, sistema eléctrico, suspensión, sistema neumático para todas las unidades, también se registran en los formatos los mantenimientos de motor preventivos. Para finalizar se realiza anotaciones que se hayan presentado en el mantenimiento de cada tractocamión.</p> <p>Tiene como objetivo en planificar, programar y controlar los mantenimientos de cada sistema según el km correspondiente, por ejemplo, el mantenimiento preventivo se ejecuta cada 15,000 km, mantenimiento transmisión se ejecuta cada 60,000 km, mantenimiento sistema eléctrico cada 12,000 km esto se da por alcance por manual de fabricante y con ayuda del análisis de modo y fallas.</p>	<p>Ver Anexo 5</p>
<p>6. Evidencia de mantenimientos de tracto camiones</p> <p>Se evidencia el trabajo de mantenimiento de los tractos camiones con una ilustración tal como se visualiza. Una unidad lista para iniciar los trabajos de mantenimiento.</p>	<p>Ver Anexo 6</p>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 10: Hoja decisión RCM

Hoja de decisiones RCM										Area: Mantenimiento preventivo de equipos						
										Equipo: Tracto Camiones						
Equipo	Referencia de informacion			Evaluacion de consecuencias				H1	H2	H3	Accion a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año,m=mes,s=semana,d=dia)	A realizarse por
	FB	FM	FA	H	S	O	N	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
								O1	O2	O3						
								N1	N2	N3						
TR-1		X		X										Mantto transmision	1S	Richard Ordoñez
TR-2			X	X		X								Mantto Sis. Electrico	5D	Richard Ordoñez
TR-3			X	X										Mantto transmision	1S	Richard Ordoñez
TR-4		X		X		X								Cambio Suspension	4D	Richard Ordoñez
TR-5			X	X										Mantto Sis. Electrico	3D	Richard Ordoñez
TR-6		X		X		X								Sistema Motor	4D	Richard Ordoñez
TR-7			X	X										Mantto Frenos	1S	Richard Ordoñez
TR-8		X		X		X								Mantto Sist. Neumatico	3D	Richard Ordoñez
TR-9			X	X		X								Mantto Sis. Electrico	4D	Richard Ordoñez
TR-10			X	X		X								Mantto Sis. Electrico	3D	Richard Ordoñez

Donde: FB: Frecuencia Baja; FM: Frecuencia Media; FA Frecuencia alta; H: Fallas ocultas; S Fallas de seguridad y ambiente; O: Fallas operacionales; N: Fallas no operacionales

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se presenta el formato la hoja de decisión RCM, el cual se describe la referencia de la información, la evaluación de consecuencias, como solución la tarea propuesta y el tiempo de intervalo inicial según análisis, por ejemplo, el TR-2 cuenta con una frecuencia alta y como referencia está en fallas ocultas. Por lo que se plantea realizar el mantenimiento al sistema eléctrico en un rango de 5 días. También, se observa el activo TR-4 señala una frecuencia media para fallos, el cual también es considerado fallos ocultos y operacionales y se plantea implementar el cambio de suspensión en 3 meses, cada tarea es ejecutada el personal responsable de mantenimiento.

El objetivo de la hoja de decisión es analizar el modo y efecto de falla para clasificar cada consecuencia identificada (Cáceres, 2022). Con este análisis se implementará un programa de mantenimiento conveniente para cada sistema del tractocamión. Esta hoja de decisión será analizada cada dos meses para actualizar las fallas y realizar el seguimiento a las tareas propuestas.

### Fase 3: Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF)

En esta tercera fase, se llevó a cabo el análisis modal de fallas y efectos, donde se explica mediante un análisis de Pareto las fallas, el análisis de prioridad de riesgo y la metodología AMEF. Las conclusiones permitirán mejorar e implementar el plan de mantenimiento con las posibles soluciones.

Tabla 11: Análisis de Pareto de fallas

Área	Horas de Falla	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
<b>Sistema Eléctrico</b>	352	33%	33%
<b>Sistema Neumático</b>	205	19%	52%
<b>Motor</b>	189	18%	70%
<b>Sistema Dirección</b>	141	13%	83%
<b>Frenos</b>	43	4%	87%
<b>Sistema combustible</b>	39	4%	91%
<b>Suspensión</b>	32	3%	94%
<b>Cabina</b>	27	3%	97%
<b>Transmisión</b>	23.3	2%	99%
<b>Otros</b>	12	1%	100%
<b>Total</b>	1063.3		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se detalla la frecuencia relativa y acumulada del análisis de Pareto de fallas en el que se visualiza sistema eléctrico con 352 horas de fallas, el cual representa el porcentaje de 33% del total de las horas de falla, asimismo el sistema neumático se posicionó en segundo lugar con la totalidad de 205 horas de fallas, representando el 19% del total, también el motor con 189 horas de fallas representando un porcentaje de 18%. Estas tres fallas representan el 70% del total de horas; es decir; que son las principales causantes de una avería.

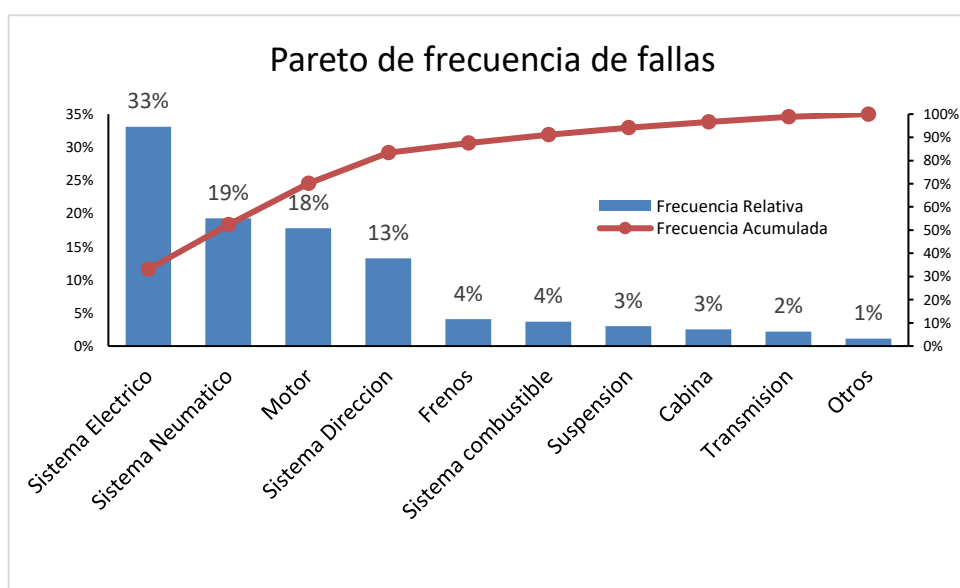


Figura 28: Análisis de Pareto de fallas.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se observa en el análisis de Pareto de fallas, donde se tiene que la falla del sistema eléctrico, sistema neumático y motor las cuales son el 70% del total de fallas. Además, las fallas de sistema de dirección, frenos y Sistema de combustible representan el 21% del problema (ver figura 28).

*Tabla 12: Análisis del número de prioridad de riesgo, según tipo de falla.*

Descripción de la fase	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Frecuencia relativa	Frecuencia Acumulada
Sistema eléctrico	10	10	8	800	16%	16%
Sistema neumático	10	9	8	720	15%	31%
Motor	9	9	8	648	13%	44%
Sistema transmisión	9	8	8	576	12%	56%
Frenos	9	8	8	576	12%	68%
Sistema de combustible	9	8	6	432	9%	77%
Sistema de dirección	8	7	7	392	8%	85%
Suspensión	8	8	6	384	8%	92%
Cabina	6	7	6	252	5%	98%
Otros	4	6	5	120	2%	100%

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 12, se muestra el cálculo del NPR, el cual se obtiene multiplicando los valores de la severidad, ocurrencia y detección para cada sistema, tales como sistema eléctrico, sistema neumático y demás puesto en la tabla. Se calculó el NPR para sistema eléctrico el cual se obtuvo un valor de 800 representando el 16% del total, igual se calculó el sistema neumático obtuvo un NPR de 720 siendo el 15% del total. Es importante hallar el valor NPR para realizar un correcto análisis de reparación.



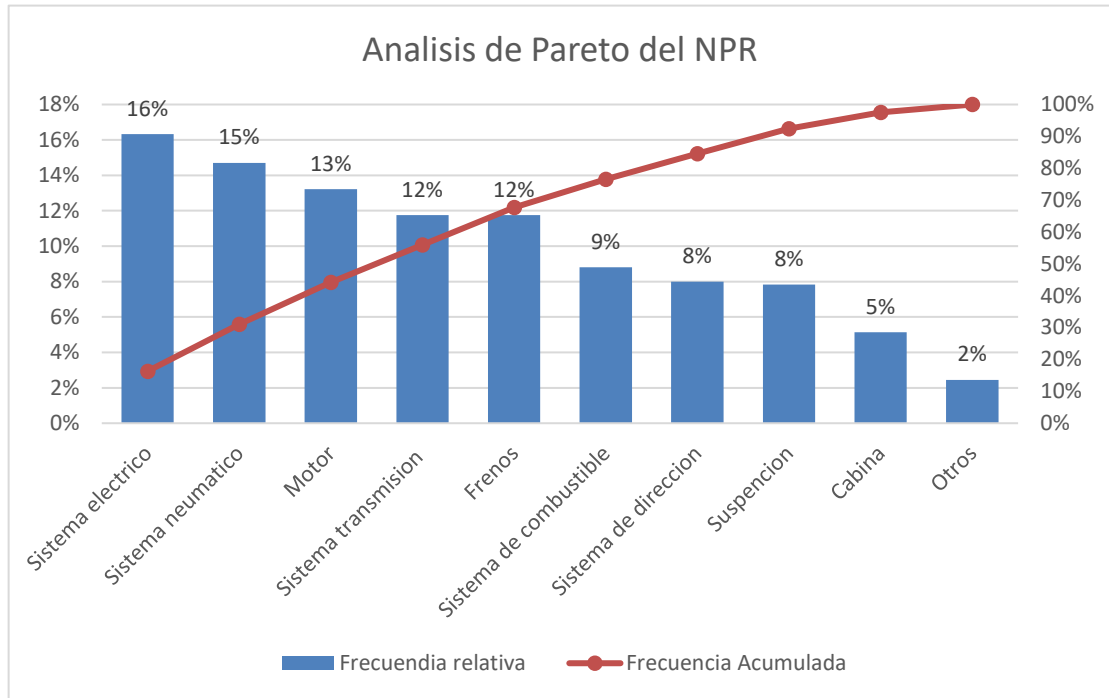


Figura 29: Análisis de Pareto de fallas.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, se muestra el análisis de Pareto del NPR, lo cual se identifica que el sistema eléctrico, sistema neumático, motor, sistema de transmisión, frenos representa un 70% del valor total, por lo tanto, se determina que el NPR de estos factores es prioridad para aumentar la operatividad de los tractocamiones Freightliner CL 120.

El AMEF se realizó con el objetivo de identificar los efectos y causas de fallas en los sistemas y subsistemas de los tractocamiones. Esto permitirá incrementar la longevidad de los repuestos utilizados en los sistemas. Asimismo, en la tabla 11, se valoriza el NPR para identificar la falla con mayor frecuencia del cual se tendrá que realizar una acción recomendada para cada modo de falla y con ello volver a calcular un nuevo NPR. Según indicado por Lean Solutions (2020), un valor de NPR mayor a 500 es considerado de “alto riesgo de falla” (ver anexo 7).



Tabla 13: Ficha de análisis AMEF

Descripción de la fase	Efectos potenciales de falla	Severidad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR	Acción recomendada	Persona responsable	Resultado de las acciones				
										Frecuencia de trabajo	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Sistema eléctrico	Falla de focos	10	Focos de mala calidad	10	Mantenimiento correctivo por falla	8	800	Seleccionar focos de buena calidad	Richard Ordoñez	Semanal	6	5	4	120
Sistema neumático	Detención por fugas de aire	10	Cambio de acoples desgaste prematuro	9	Mantenimiento correctivo por falla	8	720	Cambio de niples y mantenimiento del sistema neumático	Richard Ordoñez	Semanal	5	5	4	100
Motor	Detención de unidad sin funciones básicas	9	Desgaste de piezas por mal mantenimiento	9	Mantenimiento preventivo según kilometraje	8	648	Mantenimiento preventivo con lubricantes adecuados	Richard Ordoñez	Mensual	4	4	3	48
Sistema transmisión	Detención del equipo por falla en crucetas	9	Desgaste de piezas	8	Mantenimiento correctivo por falla	8	576	Cambio de sistema y alineamiento de cardan	Richard Ordoñez	Semanal	5	4	4	80
Frenos	Detención del equipo sin funciones básicas	9	Falta de mantenimiento	8	Mantenimiento correctivo por falla	8	576	Mantenimiento de sistema de frenos	Richard Ordoñez	Mensual	4	3	3	36
Sistema de combustible	Daño de mangueras por tiempo de uso	9	Desgaste de piezas por uso	8	Mantenimiento correctivo por falla	6	432	Cambio de mangueras de combustible	Richard Ordoñez	Mensual	3	2	2	12
Sistema de dirección	Desgaste excesivo de bocinas	8	Desgaste de piezas por falta de engrase	7	Mantenimiento correctivo por falla	7	392	Reparación y mantenimiento de sistema	Richard Ordoñez	Mensual	4	3	2	24
Suspensión	Daño de carrocería por bolsa de aire dañadas	8	Desgaste de piezas prematuras	8	Mantenimiento correctivo por fallas	6	384	Reparación de suspensión y engrase	Richard Ordoñez	Mensual	3	3	2	18
Cabina	Daño de sistema elevallunas	6	Falta de mantenimiento	7	Mantenimiento correctivo por falla	6	252	Reparación o cambio de sistema elevallunas	Richard Ordoñez	Mensual	2	2	2	8
Otros	Según daño, graseras	4	Según daño	6	Mantenimiento correctivo por falla	5	120	Mantenimiento preventivo	Richard Ordoñez	Mensual	2	2	1	4

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la fase 3 se buscó la forma de obtener un ERP el cual permita facilitar el análisis de datos en cuanto las fallas más frecuentes y los indicadores del área de mantenimiento. Todo ello inicio después de la recolección de datos en los periodos anteriores y con los formatos que se establecieron en la fase 2, tales como check list y OT. Para realizar este desarrollo tomo una duración de aproximadamente 3 meses, el cual se ejecutó en conjunto con el área de TI en la semana 11 del cronograma de implementación RCM.

Para desarrollar este ERP se utilizó el Excel – macros el cual mediante un formato se ingresaba la información de las ordenes de trabajo y check list por placa de unidad, tales como numero de check list, trabajos a realizar, fecha de inicio y finalización, repuestos a utilización. (Ver anexo 8)

Luego de obtener toda la data de la flota se llegó a analizar los indicadores del área analizada y se observó que se tenía una forma de automatizar dicho proceso mediante la herramienta Power BI, el cual permitió presentarlo según los solicite gerencia, ya sea semanal, mensual o trimestral para tomar acciones según las incidencias. (Ver anexo 9).

#### Fase 4: Capacitación

Se realizó los formatos de capacitaciones, donde se especifica el objetivo general de la capacitación. Asimismo, se describen los temas para el desarrollo, el alcance de la capacitación, herramientas a utilizar; entre otros temas.

	<i>Sistema Integrado de Gestión</i> <b>REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA</b>		Código: FR-SIG-001
			Versión: 03
			Fecha: 20/09/2018
			<u>Página:</u> 1 de 1
Elaborado: Asistente SIG		Revisado: Gerente General	Aprobado: Gerente General

RAZÓN SOCIAL	RUC	DIRECCIÓN	ACT. ECONOMICA	N° DE TRABAJADORES
J & J TRANSPORTES Y SOLUCIONES INTEGRALES S.A.C	20524879191	JR. JOSE DE LA MAR 388 URB. SANTA LUZMILA LIMA LIMA.COMAS	TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA	

LUGAR:				
TIPO:	INDUCCIÓN	ENTRENAMIENTO	CHARLA DE INICIO DE LABORES	
	CAPACITACIÓN	SENSIBILIZACIÓN		
TIPO DE TEMA:	SEGURIDAD	SALUD OCUPACIONAL	MEDIO AMBIENTE	
	CALIDAD	SIMULACRO DE EMERGENCIA	OTROS:.....	
TEMA:				
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR:				
CARGO:	FECHA:	N° HORAS:		
N°	APELLIDOS Y NOMBRE DE LOS CAPACITADOS	N° DNI	ÁREA	FIRMA
1				
2				
3				
4				
5				
OBSERVACIÓN:				

RESPONSABLE DEL REGISTRO		CAPACITADOR O ENTRENADOR	
Nombre:		Firma:	
Cargo:			
Fecha:			
Firma:			

Figura 30: Formato de capacitación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se detalla los temas de las capacitaciones que se realizaron durante y después de la implementación. Cabe mencionar que todas estas charlas están dirigido al personal del área de mantenimiento, debido a que se observaba deficiencias, mala comunicación, despreocupación ante cualquier peligro en la zona de trabajo.

La charla de seguridad en el trabajo permitió concientizar a los trabajadores de los peligros latentes que existente en el área, y la importancia de uso de EPP's les ayudará a protegerse ante un peligro. La charla de trabajo en equipo, permitió integrar a todo el equipo, generar confianza entre ellos y trabajar en un buen ambiente laboral por consiguiente generaran productividad en el área. La charla de "Procedimientos Operacionales de equipos" permitió mantener a los técnicos mecánicos actualizados sobre el funcionamiento de cada sistema; y finalmente en la charla de "Uso de ERP" se capacitó a todo el equipo de mantenimiento el uso de esta nueva herramienta, el cual permitirá generar los indicadores de disponibilidad actualizados, es por ello la importancia de rellenar información correcta. Para cada charla se especificó el tiempo de duración, frecuencia y el desarrollo del mismo.

Tabla 14: Resumen de Capacitaciones

Capacitación	Charla 1	Charla 2	Charla 3	Charla 4
Tema	<b>Seguridad en el Trabajo</b>	<b>Trabajo en Equipo</b>	<b>Procedimientos Operaciones de equipos</b>	<b>Uso ERP</b>
Responsable	<b>Ingeniero industrial/especialista</b>	<b>RRHH (especialista)</b>	<b>Representante de la marca/Ingeniero Industrial</b>	<b>Ingeniero industrial/especialista</b>
Dirigido	Personal del área de mantenimiento			
Tiempo de duración	15 min	40 min	50 min	40 min
Frecuencia	Diaria	Una vez al mes	Cada 3 meses - Actualización	Al finalizar la implementación
Objetivo	Informar y poner en práctica las Normas Básicas de Seguridad y Salud en el trabajo. Prevenir riesgos laborales en el taller.	Incrementar la productividad de un equipo y mejorar los niveles de comunicación interna.	Actualizar al personal de taller con información sobre el funcionamiento de cada tipo de sistema operativo, modelo de repuestos, software, entre otros.	Capacitar al personal operativo de taller del uso de ERP que se implementó. Concientizar al personal la importancia del uso ERP en tiempo real.
Desarrollo	Prevención de riesgos en el trabajo; bloqueo de maquinaria.	Dinámicas para trabajar en equipo	Presentar información actualizada de cada sistema	Paso a paso para el llenado del sistema correctamente.

Capacitación	Charla 3	Charla 4
Tema	<b>Procedimientos Operaciones de equipos</b>	<b>Uso ERP</b>
Responsable	<b>Representante de la marca/Ingeniero Industrial</b>	<b>Ingeniero industrial/especialista</b>
Dirigido	Personal del área de mantenimiento	
Tiempo de duración	50 min	40 min
Frecuencia	Cada 3 meses - Actualización	Al finalizar la implementación
Objetivo	Actualizar al personal de taller con información sobre el funcionamiento de cada tipo de sistema operativo, modelo de repuestos, software, entre otros.	Capacitar al personal operativo de taller del uso de ERP que se implementó. Concientizar al personal la importancia del uso ERP en tiempo real.
Desarrollo	Presentar información actualizada de cada sistema	Paso a paso para el llenado del sistema correctamente.

Fuente: Elaboración propia

## Fase 5: Supervisión

En esta fase se valida el cumplimiento de la metodología RCM.

*Tabla 15: Implementación de la supervisión*

<p>1. Formato de Auditoría.</p> <p>Este formato de auditoría donde se muestra 18 ítem que serán calificados según escala y el nivel de cumplimiento. El formato es validar si en los equipos existe riesgos en seguridad y si se viene trabajando y buenas condiciones. También se valida el cumplimiento del reglamento supervisión y comunicación del personal.</p> <p>Esta auditoría se realiza cada fin de mes junto al equipo de mantenimiento quienes se encargan de mantener ordenada y limpia el área además de hacer cumplir los procesos de la metodología RCM. El responsable de la supervisión y llenado del formato es el Coordinador de Mantenimiento.</p>	<p>Anexo 10</p>
<p>2. Informe de Auditoría</p> <p>Se especifica los datos de la empresa, fechas cuando se lleva a efecto la auditoría y los procesos auditados. A su vez se registra las conformidades obtenidas, su descripción y sus causas de las cuales propone las medidas correctivas, su responsable y su fecha de realización.</p> <p>Esta auditoría se realizaba con el área de SIG en conjunto con el Coordinador de Mantenimiento que auditaba el avance del proyecto cada 2 meses.</p> <p>Posterior a la implementación la auditoría se realiza cada 6 meses con los mismos responsables con el objetivo de encontrar posibilidades de mejora para el área de mantenimiento.</p>	<p>Anexo 11</p>
<p>3. Evidencias de auditoría en taller</p> <p>Se muestra al coordinador de mantenimiento, responsable del área y/o realizando labores de supervisión en el taller, utilizando formatos establecidos por la metodología RCM.</p>	<p>Anexo 12</p>

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Escenario posterior de la implementación de la Metodología RCM

Posterior a la etapa inicial se planifica e implementa la metodología RCM con la finalidad de generar cambios permanentes y beneficios para la empresa, esta implementación tuvo una duración de 6 meses.

En este capítulo, se procede a evaluar y mostrar los indicadores obtenidos en esta etapa post implementación

#### 1. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Este indicador hace referencia que en cuanto más alto sea los resultados, existe mayor fiabilidad en el funcionamiento de la flota.

Tabla 16: Análisis del tiempo medio entre fallas de los años 2019 al 2022.

Periodo	Año	Meses	Horas Operando	No Fallas	MTBF (h)
<b>Periodo Inicial</b>	2019	Mes 1	372	18	20.67
		Mes 2	336	18	18.67
		Mes 3	372	17	21.88
		Mes 4	360	20	18.00
		Mes 5	372	20	18.60
		Mes 6	360	38	9.47
		Mes 7	372	35	10.63
		Mes 8	372	27	13.78
		Mes 9	360	27	13.33
		Mes 10	372	21	17.71
		Mes 11	360	21	17.14
		Mes 12	372	17	21.88
			<b>Promedio</b>		16.81
<b>Periodo durante la implementación</b>	2020	Mes 1	372	18	20.67
		Mes 2	348	24	14.50
		Mes 3	372	11	33.82
		Mes 4	360	6	60.00
		Mes 5	372	7	53.14
<b>Periodo post implementación</b>	2020	Mes 6	360	21	17.14
		Mes 7	372	15	24.80
		Mes 8	372	21	17.71
		Mes 9	360	13	27.69
		Mes 10	372	23	16.17
		Mes 11	360	15	24.00

		Mes 12	372	14	26.57
				<b>Promedio</b>	28.02
<b>Periodo post implementación</b>	2021	Mes 1	372	5	74.40
		Mes 2	336	13	25.85
		Mes 3	372	17	21.88
		Mes 4	360	5	72.00
		Mes 5	372	8	46.50
		Mes 6	360	7	51.43
		Mes 7	372	7	53.14
		Mes 8	372	10	37.20
		Mes 9	360	13	27.69
		Mes 10	372	14	26.57
		Mes 11	360	8	45.00
		Mes 12	372	8	46.50
				<b>Promedio</b>	44.01
<b>Periodo post implementación</b>	2022	Mes 1	372	8	46.50
		Mes 2	336	11	30.55
		Mes 3	372	14	26.57
		Mes 4	360	10	36.00
		Mes 5	372	12	31.00
		Mes 6	360	14	25.71
		Mes 7	372	14	26.57
		Mes 8	372	12	31.00
		Mes 9	360	8	45.00
		Mes 10	372	11	33.82
		Mes 11	360	10	36.00
		Mes 12	372	7	53.14
				<b>Promedio</b>	35.16

Fuente: Elaboración propia

MTBF (2019 al 2022)

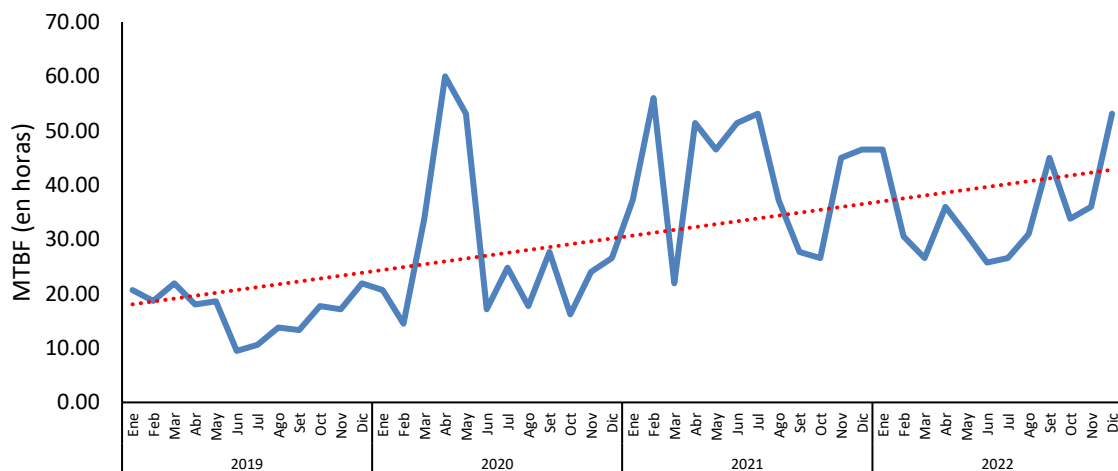


Figura 31: Análisis de tiempo medio entres fallas totales (2019-2022)

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 16 y figura 31, se encontró que en periodo post implementación se tuvo una tendencia a subir en los años 2020, 2021 y 2022, donde en el periodo inicial en el año 2019 se tuvo un promedio de 16.81 horas y después de la implementación se tuvo un promedio 28.02 horas en año 2020; es decir se tuvo 11.2 horas por arriba del periodo inicial, al siguiente año 2021 se tuvo un promedio de 44 horas obteniendo un aumento de 16 horas más y finalmente en el año 2022 se tuvo un promedio de 35.16 horas el cual se tuvo una disminución de 9 horas, sin embargo en los último años se ha tenido una tendencia a mejorar el indicador y se ha mantenido en un rango de 30 a 40 horas de MTBF.

## 2. Tiempo medio para reparaciones (MTTR).

Es un indicador que nos permite hallar la disponibilidad, donde la empresa puede identificar la eficacia de las reparaciones de cualquier averías o fallas detectadas, es decir; el tiempo que se demora en reparar, por esto, si el cálculo es bajo las reparaciones se resuelven de manera rápida.

Tabla 17: Análisis del tiempo medio para reparaciones total (2019 - 2022)

Periodo	Años	Meses	No Fallas	Horas de Mantenimiento	MTTR (h)
Periodo Inicial	2019	Mes 1	18	87	4.83
		Mes 2	18	87	4.83
		Mes 3	17	53.3	3.14
		Mes 4	20	83	4.15
		Mes 5	20	69	3.45
		Mes 6	38	115	3.03
		Mes 7	35	131	3.74
		Mes 8	27	73.3	2.71
		Mes 9	27	110	4.07
		Mes 10	21	89	4.24
		Mes 11	21	91	4.33
		Mes 12	17	74.3	4.37
				<b>Promedio</b>	3.91
	2020	Mes 1	18	78	4.33

<b>Periodo durante la implementación</b>	Mes 2	24	77	3.21	
	Mes 3	11	46	4.18	
	Mes 4	6	25	4.17	
	Mes 5	7	28	4.00	
	Mes 6	21	97.3	4.63	
	Mes 7	15	42	2.80	
	<b>Periodo post implementación</b>	Mes 8	21	62	2.95
Mes 9		13	31	2.38	
Mes 10		23	65	2.83	
Mes 11		15	45.3	3.02	
Mes 12		14	41	2.93	
			<b>Promedio</b>	3.45	
<b>Periodo post implementación</b>	2021	Mes 1	5	8.3	1.66
		Mes 2	13	30	2.31
		Mes 3	17	54.3	3.19
		Mes 4	5	11	2.20
		Mes 5	8	16	2.00
		Mes 6	7	14.3	2.04
		Mes 7	7	24	3.43
		Mes 8	10	19.3	1.93
		Mes 9	13	28.3	2.18
		Mes 10	14	36	2.57
		Mes 11	8	12	1.50
		Mes 12	8	15.3	1.91
			<b>Promedio</b>	2.24	
<b>Periodo post implementación</b>	2022	Mes 1	8	26	3.25
		Mes 2	11	31	2.82
		Mes 3	14	49.3	3.52
		Mes 4	10	31	3.10
		Mes 5	12	29.4	2.45
		Mes 6	14	41	2.93
		Mes 7	14	33	2.36
		Mes 8	12	25.3	2.11
		Mes 9	8	25.2	3.15
		Mes 10	11	27	2.45
		Mes 11	10	20	2.00
		Mes 12	7	15	2.14
			<b>Promedio</b>	2.69	

Fuente: Elaboración propia

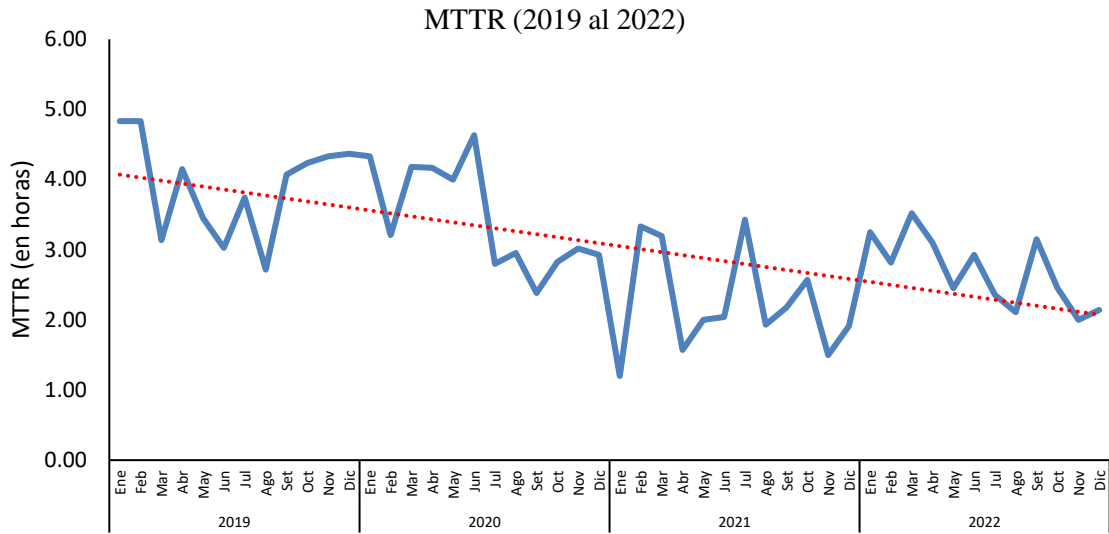


Figura 32: Análisis del tiempo medio para reparaciones total (2019 - 2022).

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 17 y grafico 32, en el MTTR se observó mejoras para el periodo final, es decir, luego de la implementación se visualiza los cambios durante el periodo de inicial en el año 2019 se llegó a un promedio 4 horas. Durante la implementación se buscó controlar y aminorar los tiempos de reparación el cual se obtuvo un promedio de 3.45 horas, sin embargo, aún se tiene procesos por mejorar, finalizando el año 2020 se logró obtener mejores resultados y en el año 2021 y 2022 se logró disminuir a 2 horas a comparación del periodo inicial.

La herramienta que logró reducir el tiempo entre reparaciones y cumplir con el objetivo de gerencia fue la hoja de decisión y el AMEF, ya que ambos formatos permito realizar un análisis más profundo sobre las fallas más frecuentes por sistemas, subsistemas y por unidad. Es decir si se tiene una unidad 1 con una falla en 150 mil kilómetros y otra unidad 2 que tiene la misma falla con un kilometraje de 120 mil

kilómetros, la hoja de decisión propone acciones preventivas para evitar que las demás unidades no fallen en el tiempo de un servicio.

Asimismo, los indicadores del MTTR, MTBF y Disponibilidad ayudaron a medir y controlar de manera mensual los objetivos de la empresa.

Tabla 18: Análisis de la disponibilidad total (2019 - 2022)

Periodo	Tiempo medio entre fallas				Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad	
	Años	Meses	Horas Operando	N° Fallas	MTBF	Horas de Mantenimiento	N° Fallas		MTTR
Periodo Inicial	2019	Ene	372.00	18	20.67	87	18	4.83	81%
		Feb	336.00	18	18.67	87	18	4.83	79%
		Mar	372.00	17	21.88	53.3	17	3.14	87%
		Abr	360.00	20	18.00	83	20	4.15	81%
		May	372.00	20	18.60	69	20	3.45	84%
		Jun	360.00	38	9.47	115	38	3.03	76%
		Jul	372.00	35	10.63	131	35	3.74	74%
		Ago	372.00	27	13.78	73.3	27	2.71	84%
		Set	360.00	27	13.33	110	27	4.07	77%
		Oct	372.00	21	17.71	89	21	4.24	81%
		Nov	360.00	21	17.14	91	21	4.33	80%
		Dic	372.00	17	21.88	74.3	17	4.37	83%
								Promedio	81%
Periodo durante la implementación	2020	Ene	372.00	18	20.67	78	18	4.33	83%
		Feb	348.00	24	14.50	77	24	3.21	82%
		Mar	372.00	11	33.82	46	11	4.18	89%
		Abr	360.00	6	60.00	25	6	4.17	94%
		May	372.00	7	53.14	28	7	4.00	93%
		Jun	360.00	21	17.14	97.3	21	4.63	79%
		Jul	372.00	15	24.80	42	15	2.80	90%
Periodo post implementación		Ago	372.00	21	17.71	62	21	2.95	86%
		Set	360.00	13	27.69	31	13	2.38	92%
		Oct	372.00	23	16.17	65	23	2.83	85%
		Nov	360.00	15	24.00	45.3	15	3.02	89%
		Dic	372.00	14	26.57	41	14	2.93	90%
								Promedio	88%
Periodo post implementación	2021	Ene	<b>372.00</b>	<b>5</b>	<b>74.40</b>	<b>8.3</b>	<b>5</b>	<b>1.66</b>	<b>98%</b>
		Feb	336.00	13	25.85	30	13	2.31	92%
		Mar	372.00	17	21.88	54.3	17	3.19	87%
		Abr	360.00	5	72.00	11	5	2.20	97%
		May	372.00	8	46.50	16	8	2.00	96%
		Jun	360.00	7	51.43	14.3	7	2.04	96%
		Jul	372.00	7	53.14	24	7	3.43	94%

		Ago	372.00	10	37.20	19.3	10	1.93	95%
		Set	360.00	13	27.69	28.3	13	2.18	93%
		Oct	372.00	14	26.57	36	14	2.57	91%
		Nov	360.00	8	45.00	12	8	1.50	97%
		Dic	372.00	8	46.50	15.3	8	1.91	96%
								<b>Promedio</b>	94%
<b>Periodo post implementación</b>	2022	Ene	372.00	8	46.50	26	8	3.25	93%
		Feb	336.00	11	30.55	31	11	2.82	92%
		Mar	372.00	14	26.57	49.3	14	3.52	88%
		Abr	360.00	10	36.00	31	10	3.10	92%
		May	372.00	12	31.00	29.4	12	2.45	93%
		Jun	360.00	14	25.71	41	14	2.93	90%
		Jul	372.00	14	26.57	33	14	2.36	92%
		Ago	372.00	12	31.00	25.3	12	2.11	94%
		Set	360.00	8	45.00	25.2	8	3.15	93%
		Oct	372.00	11	33.82	27	11	2.45	93%
		Nov	360.00	10	36.00	20	10	2.00	95%
		Dic	372.00	7	53.14	15	7	2.14	96%
								<b>Promedio</b>	93%

Fuente: Elaboración propia

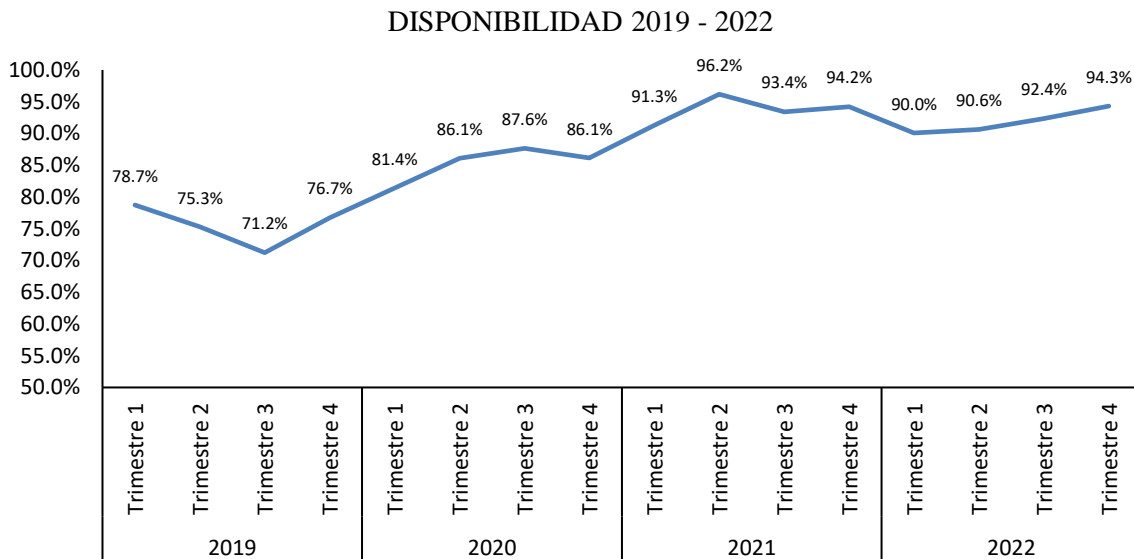


Figura 33: Análisis de la disponibilidad total (2019-2022)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 y gráfico 33, se mostró resultados con una tendencia creciente a partir del 3° trimestre del año 2020 en el periodo post implementación. Como se logra visualizar, existe

un aumento en la disponibilidad de 13% sobre el periodo inicial logrando así superar la meta solicitada por la empresa que es de 90%. Según el libro Emerson Process Management (2022) menciona que la disponibilidad es acorde al tipo de proceso, el cual muestra un benchmark entre sectores sobre el porcentaje de disponibilidad óptimo que las empresas deberían de lograr. A pesar de existir tiempos muertos en la operación se procura tener una disponibilidad alta. Para esta investigación el libro menciona que se debería tener una disponibilidad del 91% (ver anexo13). Como señala Caso Murillo & León Mejía (2023), la implementación del RCM aumenta la disponibilidad por lo cual esta herramienta logró resultados exitosos. A su vez indica que logró aumentar la disponibilidad, llegando al valor cercano al proyectado por la empresa del cual su referencia es la tabla de disponibilidad, donde 90% es la disponibilidad óptima para una empresa de clase mundial (ver anexo 14).

#### 4.2. Análisis descriptivo entre el periodo inicial y periodo final

Para la implementar el RCM, según la experiencia profesional, la base fue una serie de lineamientos los cuales se desarrollan en estas fases:

Fase 1: La gestión en el orden ha permitido el orden en los elementos mecánicos en el área. Con esto se impactó de manera positiva en el tiempo de mantenimiento y, al mismo tiempo, se ejecutó un trabajo eficiente con la finalidad de incrementar la disponibilidad con el MTBF Y MTTR. Nishimura (2019), considera beneficioso la herramienta de las 5s y logró optimizar el orden del almacén y reducir el tiempo en los despachos generales, haciendo crecer el desarrollo de la mejora continua. A su vez, Alarcón (2021) implementó las 5s mejorando la productividad a un 98.11 % en la empresa estudiada por su persona. Esto incremento el cumplimiento de la flota. Para Pérez (2017) la herramienta de las 5s se aplica para la clasificación, orden y mejora en respuesta de solicitudes en una gerencia de transporte. Las clasificaciones de documentos con las 5s demostraron el orden general con

lo que se debe trabajar. Los controles de cumplimiento con la metodología influenciaron directamente a disminuir solicitudes en su área.

Fase 2: Para realizar el análisis RCM se integraron a especialistas con experiencia en mantenimiento de tractocamiones Freightliner CL 120. Asimismo, se desarrolló formatos de trabajo estandarizados para el área, también se elaboró un programa para el mantenimiento preventivo con el que se observaran las fallas y mejoraran las condiciones de operatividad de las unidades. Según Barbadillo, Juárez, & León (2023), tuvo el apoyo de la gerencia de planta y del equipo mantenimiento completo, obteniendo resultados de mayor utilidad gracias al Análisis de Modos y Falla, ya que permite tomar planes de acción para disminuir las ocurrencias de una falla. Para Cormilluni (2019), se logró formar grupos multidisciplinarios para la ejecución del RCM. Estos estuvieron liderados por la gerencia de mantenimiento y de producción. El AMEF tuvo un valor fundamental para los análisis de criticidad y las fallas de mantenimiento. A su vez indica que la confiabilidad aumento debido a que se minimizo las paradas no programadas. Según Cáceres (2022) el trabajo de implementación del modelo RCM fue dado con el apoyo de la gerencia general. Cabe mencionar que se establecieron herramientas tales como Ishikawa, Pareto Hojas de decisión y el AMEF para implementar el modelo de RCM establecido. A su vez indica que con la implementación se obtuvo la reducción de fallas en los sistemas analizados

Fase 3: Se determinó que el AMEF alcanzó valores del NPR elevados de 800 puntos para el sistema Eléctrico, 720 puntos para el sistema neumático, 648 puntos para motor, 576 puntos para sistema de transmisión y frenos; con esta información recopilada se debe plantear acciones de mejora, tácticas de mantenimiento con programas preventivo de los tractocamiones de la empresa, a su vez se tendrá la hoja de decisión RCM que cuenta con una revisión sistemática de manera semanal para los activos que estén de manera crítica.

Para finalizar se estudiaron los fallos funcionales, donde los problemas continuos fueron el sistema eléctrico, neumático, motor, transmisión y frenos.

Fase 4: En esta fase es muy importante la capacitación del personal técnico para lograr un eficiente resulta operativo en la ejecución de su trabajo basado en la metodología RCM, ya que esta metodología no solo se expresa mediante indicadores sino también con el trabajo en equipo, procesos establecidos y otros factores que incrementa el nivel de desempeño para aumentar la disponibilidad de los tractocamiones. Para este trabajo, se realizaron cuatro capacitaciones debido a se requiere mantener a los trabajadores en constantes actualizaciones, tales como la charla de seguridad en el trabajo se propuso para incentivas una cultura preventiva a los trabajos a realizar; la charla de trabajo en equipo se dio con la finalidad de desarrollar de habilidades blandas como persona y profesional; la charla de procedimientos operaciones de equipos se propuso para actualizar a los técnicos mecánicos y con ello mejorar la productividad y finalmente la empresa desarrollo un ERP que permitió medir los indicadores de disponibilidad, y se capacitó a todo el equipo de mantenimiento en el uso de un mismo ERP.

Fase 5: Durante esta fase se auditó la implementación de la metodología RCM cada 2 meses para validar mejoras continuas, lluvia de ideas para nuevo procedimiento, entre otros. Y, posterior a la implementación, el área de Sistema de Gestión de Calidad auditó y formalizó el nuevo procedimiento basado en la metodología RCM. Posterior a ello, se mantuvo una frecuencia de auditorías de forma semestral para supervisar los procedimientos. Asimismo, de manera mensual se presenta los resultados de los indicadores a la gerencia de operaciones.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En el presente trabajo desarrollado en la empresa de transportes, de acuerdo con el análisis inicial, se encontró el problema de la baja disponibilidad de las unidades Freightliner CI 120. Las causas principales se deben a la falta de gestión mantenimiento, falta de data histórica para mayor análisis, falta de formatos, falta de indicadores de mantenimiento, entre otros. El origen de este problema probablemente se encuentre en la falta de interés en mejorar el área de mantenimiento por desconocimiento del mismo.

Como parte de la aplicación de la metodología RCM se diseñaron los siguientes instrumentos según las fases: Gestión de área, análisis RCM, análisis modal de fallas y efectos, capacitación y supervisión. Dentro de la fase de gestión del área, se implementó la limpieza, el orden y optimizar procesos. En la segunda fase análisis RCM se aplicaron formatos los reportes de fallas, OT (orden de trabajo), procedimientos y programa de mantenimiento. En la tercera fase AMEF se implementaron las hojas de decisión y el NPR. En la fase de capacitación se realizaron reuniones con el personal técnico acerca de seguridad en el trabajo, trabajo en equipo, procedimientos operacionales y el uso del sistema ERP. Por último, en la fase de supervisión se desarrollaron auditorías constantes para validar el cumplimiento de la metodología RCM.

Se ha llegado a la conclusión que, durante la implementación de la metodología RCM, se logró realizar y detallar un nuevo proceso y, dentro de ello, está el uso los formatos tales como check-list y ordenes de trabajo, esto permitió que el equipo de mantenimiento trabaje de manera ordenada y con información veraz.

Se logró medir la disponibilidad con los indicadores de MTBF Y MTTR, ello permitió controlar y obtener el objetivo meta solicitado por las gerencias. Asimismo, se utilizaron dos herramientas claves que ayudaron sustancialmente a subir el indicador de la disponibilidad

a un 90%. Estos fueron la hoja de decisión y el análisis modal de falla y efecto, con los cuales se identificaron las fallas más recurrentes y con mayor gravedad para darles prioridad, para finalmente realizar un plan de mantenimiento.

Asimismo, se concluye que se logra obtener mejores resultados en el indicador MTTR en la empresa de estudio, ya que en el periodo inicial (año 2019) se obtuvo un valor de 3.91 horas y, en el periodo final (año 2022), un valor de 2.69 horas, con una disminución de 1.22 horas. Esto significa que el tiempo entre reparaciones es menor, por tanto, las maquinas están menos tiempo en taller.

Por otro lado, se concluye que se logra obtener resultados positivos en el indicador MTBF, ya que en el periodo inicial 2019, se llegó al valor de 16.81 horas y en el periodo final 2022 llegó a 35.16 horas, aumentando 18.35 horas. Esto significa que aumentó el tiempo operativo de las unidades y ello es beneficioso por que los tractocamiones estarán más tiempo disponibles para servicios.

Además, se llega a demostrar que la implementación de la metodología RCM mejora las actividades correctivas de los tractocamiones de la empresa, el cual mediante el análisis AMEF se pueden determinar y reconocer las alternativas de solución según la falla más críticas. Asimismo, se maneja un programa de mantenimiento preventivo, donde se indica el tiempo de reparación según kilometraje y falla.

Tras la implementación de la metodología RCM en el periodo de estudio, se observa que la disponibilidad operativa de los tractocamiones de la empresa se incrementa a un 12% en comparación del periodo inicial el cual obtuvo un valor de 81% (en el año 2019) y en el periodo final se obtuvo un promedio de 93% (en el año 2022), aumentando la utilización de unidades.

Finalmente, se validó la ejecución del RCM mediante supervisión y auditorías internas que se realizaban con el coordinador de mantenimiento y un especialista en el área de Sistema

Integrado de Gestión. Se validó para la gestión en el área, el cumplimiento del proceso mediante los formatos de check-list y órdenes de trabajo.

## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda mantener los sistemas de control y las supervisiones constantes con el fin de medir, analizar la disponibilidad de los tractocamiones, mediante los indicadores Tiempo medio entre fallas y Tiempo medio de reparaciones. Esta labor debe estar a cargo de los responsables del área de mantenimiento

Asimismo, se recomienda que para obtener un resultado óptimo en el indicador MTTR, es disminuir los tiempos muertos como es el caso de la demora en la compra de repuestos, esta demora es originada por la falta de aprobación de gerencia de las órdenes de compra.

Finalmente, se recomienda manejar un indicador más para la gestión de mantenimiento y flota, el cual es la utilización, ya que este permite conocer si el activo se encuentra operando. Es decir, si se tiene un valor de 90% de disponibilidad ello no te asegura que el activo este generando ingresos a la empresa; por ende, se considera importante que se controle mediante un comparativo entre la disponibilidad y la utilización de la flota.

## REFERENCIAS

- Alarcón Aguirre Elías Obed, A. V. (2021). *Implementación de la metodología 5S en el área de mantenimiento para mejorar la productividad de la empresa Transportes Atlantic International Business SAC en base Supe-Barranca 2021*. Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6442/E.Alarcon\\_A.Alvarez\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6442/E.Alarcon_A.Alvarez_Tesis_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alex Eduardo Heras Sanchez, A. J. (2022). *Propuesta de diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la flota de tractocamiones en una empresa de transporte, Trujillo, 2022*. Universidad Privada del Norte, Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32662/Heras%20Sanchez%20Alex%20Eduardo%20-%20Rodriguez%20Ramos%20Andres%20Joel.pdf?sequence=3>
- Ángel Macías Barbaran, A. A. (2021). Análisis de los indicadores de la caldera de una planta procesadora de conservas de atún. *Scielo*, 7. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v24n3/1815-5944-im-24-03-11.pdf>
- Aranda Mauro, R. J. (2017). *Sistemas de admisión y escape*. Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/2714/Sistemas%20de%20admi%C3%B3n%20y%20escape.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autos de primera. (2014). El Freightliner Columbia CL 120 con motor Detroit Diesel serie 60 o Cummins ISX 450, busca el mejor desempeño y eficiencia. *Autos de primera*, 1. Obtenido de <https://autosdeprimera.com/freightliner-columbia-cl-120/>
- Barbadillo, D. A., Juárez, J. L., & León, J. C. (2023). Mejora de la gestión de mantenimiento soportada mediante la metodología RCM con herramientas de calidad en una empresa siderurgia. *Universidad de Piura*, 132. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/6045/MAS\\_IME\\_SEM\\_2305.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/6045/MAS_IME_SEM_2305.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Belen, R. J. (2022). *Aplicación de la metodología RCM para incrementar la disponibilidad operativa de camiones - volquetes de una empresa minera*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31562>
- Business Empresarial. (26 de 02 de 2019). *Transporte Estratégico reafirma su confianza con Divemotor y amplia su flota de tractos Freightliner*. Recuperado el 30 de 08 de 2023, de Business Empresarial: <https://www.businessempresarial.com.pe/transporte-estrategico-reafirma-su-confianza-con-divemotor-y-amplia-su-flota-de-tractos-freightliner/>
- Caceres, D. M. (2022). *Plan de mantenimiento basado en RCM para maximizar la disponibilidad de tráileres de 32 toneladas en una empresa de transportes en Lima Norte*. Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Desktop/D.Mariña\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2022.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Desktop/D.Mariña_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf)
- Caceres, D. M. (2022). *Plan de mantenimiento basado en RCM para maximizar la disponibilidad de tráileres de 32 toneladas en una empresa de transportes en Lima Norte*. Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/7281/D.Mari%C3%B1a\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/7281/D.Mari%C3%B1a_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Caicedo, B. L. (2018). *Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad RCM para la flota de tractocamiones Kenworth t660 y t800 de la empresa enlace logístico de cargas S.A.S, Colombia 2018*. Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5690>
- Carol Alavedra Flores, Y. G. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Revistas Universidad de Lima*, 18. Obtenido de [https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/529/1354](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/529/1354)



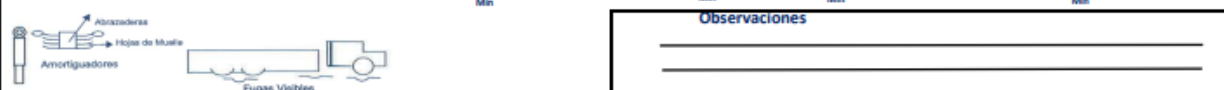
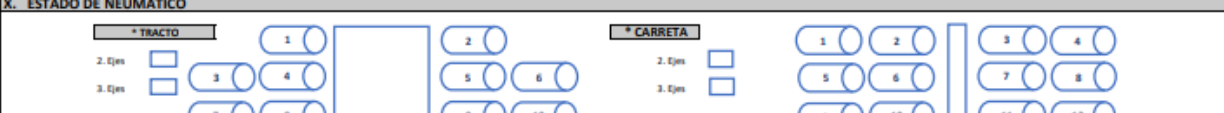
- Caso Murillo, N. N., & Leon Mejia, R. A. (2023). *Propuesta de mejora de procesos para aumentar la disponibilidad de máquinas inyectoras en una empresa del sector plástico- Lima aplicando herramientas de Lean Manufacturing y Kaizen*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Caso\_MN.pdf
- Christian Geovanny Barros Chuchuca, J. S. (2022). *Implementación de la metodología RCM para la flota vehicular de la Empresa Lácteos San Antonio C.A.* Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23135>
- Comercio, E. (2018). El Comercio. *Ruedas y Tuercas*.
- Corinne Yaulema Pinargote, R. F. (2020). *Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo mediante el software profesional mp9 en una industria alimenticia*. Universidad Saeciana del Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21990/1/UPS-GT003651.pdf>
- Curso de equipo pesado. (2014). *Curso de equipo pesado on line*. Obtenido de Curso de equipo pesado on line: <https://cursodeequipopesado.online/motor-diesel/sistema-de-admision-y-escape/>
- Dieselval. (2015). Características y funcionamiento del motor ISX Cummins. *Dieselval*, 2. Obtenido de Dieselval: <https://dieselval.com/caracteristicas-y-funcionamiento-del-motor-isx-cummins/>
- Divemotor . (02 de 09 de 2021). *Freightliner.pe* . Obtenido de Freightliner.pe : <https://www.freightliner.pe/productos/modelos/cl-120-6x4-54n-isx400/>
- Donaire, D. L. (2019). El cárter del motor: función, partes, averías, tipos. *Actualidad motor*, 3. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/el-carter-del-motor/>
- Emerson Process Management. (2022). *Disponibilidad*. Obtenido de Disponibilidad: <https://www.emerson.com/documents/automation/training-bussch-oe-102es-es-41724.pdf>
- Fabricio, H. N. (2022). *Implementacion de un plan de mantenimiento de equipos y maquinaria para la empresa Adroses*. Universidad Tecnica De Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9293/1/PI-002178.pdf>
- Fierros clasicos. (2015). El Block del motor. *Fierros clasicos*, 2. Obtenido de <https://fierrosclasicos.com/el-block-del-motor/>
- Flash Cooling. (2022). *Flash Cooling*. Obtenido de Flash Cooling: <https://flash-cooling.com/es/proteccion-del-sistema-de-refrigeracion/>
- Garrido, S. G. (2018). Mantenimiento correctivo organizacion y gestion de la reparacion de averias. *Renovetec* , 1-28.
- Google maps. (2022). *Google maps*. Obtenido de Google maps: <https://www.google.com/maps/@-11.9157304,-77.0473984,15z?entry=ttu>
- Hernández, M. A. (2013). *Mantenimiento al sistema de enfriamiento*. Instituto Politecnico Nacional de Mexico . Obtenido de <https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt4/docs/estudiantes/aulas/mescrito/cuarto/matutino/automotriz/sistema-de-enfriamiento.pdf>
- Huayta, L. M. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora CAT 336 – Compañía Minera Raura S. A. 2019*. Universidad Continental. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8061/2/IV\\_FIN\\_111\\_TI\\_Meza\\_Huayta\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8061/2/IV_FIN_111_TI_Meza_Huayta_2020.pdf)
- Illacutipa, D. C. (2022). *Implementación de un plan de mantenimiento RCM para mejorar la disponibilidad de vehículos de acarreo en la Minera Veta Dorada SAC, 2021*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna. Obtenido de [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4631/2135\\_2022\\_choque\\_illacutipa\\_d\\_fain\\_ingenieria\\_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4631/2135_2022_choque_illacutipa_d_fain_ingenieria_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaqueline, C. L. (2019). *Propuesta de mejora en el sistema de gestión de mantenimiento utilizando el RCM en el proceso de producción y extendido de asfalto*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625583/Cormilluni\\_lj.pdf?sequence=1](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625583/Cormilluni_lj.pdf?sequence=1)
- Jorge Luis Cruz Perez, K. N. (2021). *Aplicación del RCM para mejorar la productividad de la flota de tractocamiones en la empresa Látigo Negro S.A.C, Lima 2021*. Universidad Cesar Vallejo ,

- Lima. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75472/Cruz\\_PJL-Jorge\\_SKN-SD.pdf?sequence=8](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75472/Cruz_PJL-Jorge_SKN-SD.pdf?sequence=8)
- Jorge Raul Vergara Fernandez, Y. Q. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota de tracto remolcadores de la Empresa Iberoamericana de Transporte S.R.L., Piura 2022*. Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3517/INDU-VER-QUI-SOJ-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lean Solutions. (2020). AMEF Analisis de Modo y Efecto de falla. Obtenido de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>
- Lozano, R. d. (2022). *Estrategias de Gestion de Mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de equipos de transporte de carga terrestre*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9ec5068f-d387-4ac7-a607-70b52b06873f/content>
- Madasse, A. (2019). *Aplicación de la metodología RCM en motores de propulsión marina*. Universidad Politécnica de Cartagena. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/tfm-mad-apl%20(1).pdf
- Marmol, A. S. (2019). Casos de Exito en Mantencion Preventiva en Equipos de Proyeccion de Shotcrete. *Congreso Shotcrete Underground*, (pág. 38). Chile. Obtenido de [https://issuu.com/ich\\_mkt/docs/4\\_a\\_sicilia\\_charla.pptx](https://issuu.com/ich_mkt/docs/4_a_sicilia_charla.pptx)
- motor, M. (2017). Sistema de refrigeracion. *Mundo motor*, 3. Obtenido de <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-refrigeracion/>
- Moubray, J. (2019). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/moubray%20RCM.pdf
- Neumaticos Porpoco. (2017). Qué es y cómo funciona el sistema de inyección diesel. *Neumaticos Porpoco*, 1. Obtenido de <https://www.neumaticosxpoco.es/mecanica/que-es-y-como-funciona-el-sistema-de-inyeccion-diesel/#:~:text=%C3%89ste%20tipo%20de%20sistema%20de,por%20la%20v%C3%A1lvula%20de%20admis%C3%B3n>.
- Nishimura, P. I. (2019). *Implementación de la metodología de las 5S para mejorar la productividad en el área de almacén de la empresa casa Mitsuwa S.A*. Universidad de Lima . Obtenido de [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/11229/Isayama\\_Nishimura\\_Paulo\\_lv%c3%a1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/11229/Isayama_Nishimura_Paulo_lv%c3%a1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nitro.pe. (2017). Freightliner CL120: Especificaciones tecnicas. *Nitro.pe*, 1. Obtenido de <https://www.nitro.pe/camiones/freightliner-cl120-especificaciones-tecnicas.html>
- Ñato, D. R. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el area de abastecimiento corte termico de la empresa SEDEMI*. Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1612/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACI%C3%93N%20LOYA%20%C3%91ATO%20DAR%C3%8DO%20ROLANDO.pdf>
- Omar Campos, G. T. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 4. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Order, S. (2020). Mantenimiento predictivo: Qué es y pasos para hacerlo correctamente. *Stel Order*, 1-2.
- Pérez, J. I. (2017). *Implementacion de las 5'S para mejorar la calidad de servicio en la sub gerencia de transporte en la municipalidad distrital de Ventanilla 2017*. Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12295/Bustamante\\_PJI.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12295/Bustamante_PJI.pdf?sequence=1)
- Primero, D., Diaz, J., Garcia, L., & Gonzales, A. (2015). Manual para la gestion de mantenimiento Correctivo de Equipos Biomedicos en la Fundacion Valle de Lili. *Scielo*, 7. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v9n18/v9n18a21.pdf>
- Quispe, K. A. (2019). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). *Universidad Continental*, 22. Obtenido de

- [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5908/4/MP\\_MC\\_Mantenimiento\\_centrado\\_en\\_confiabilidad\\_Docente\\_Kenny\\_Melendres.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5908/4/MP_MC_Mantenimiento_centrado_en_confiabilidad_Docente_Kenny_Melendres.pdf)
- Renovetec. (2018). Mantenimiento correctivo organizacion y gestion de la reparacion de averias. *Renovetec*, 28. Obtenido de <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>
- Roberto García, H. O. (2021). *Ingenio Marino*. Obtenido de Ingenio Marino: <https://ingenieromarino.com/introduccion-al-circuito-de-lubricacion/>
- Ro-des Recambios. (2017). Qué es la culata del motor y para qué sirve. *Ro-des Recambios* , 1. Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/la-culata-del-motor-para-que-sirve/>
- sac, G. (2017). Mantenimiento predictivo. *Gamain sac*, 1.
- Socconi, L., & Barrantes, M. (2014). *5S +1 "Herramientas basicas de mejora de la calidad de vida"*. Grupo Editorial Norma. Obtenido de [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1290/5s+1\\_%20herramientas\\_b%E1sicas\\_de\\_mejora.pdf?sequence=3](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1290/5s+1_%20herramientas_b%E1sicas_de_mejora.pdf?sequence=3)
- Tecsup. (2020). *Gestion de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM*. Lima . Obtenido de <https://www.tecsupvirtual.edu.pe/cursos/gestion-del-mantenimiento-basado-en-la-confiabilidad>
- William Olarte, M. B. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Redalyc*, 5. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249041>
- Yunca, E. C. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la planta pre concentrado ore sorting de la unidad minera San Rafael - Minsur 2020*. Universidad Nacional Del Altiplano. Obtenido de [https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16869/Callomamani\\_Yunca\\_Erasmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16869/Callomamani_Yunca_Erasmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)


### ANEXOS

#### ANEXO 1: Formato de ingreso y reporte de fallas – Check List.

	<b>Sistema Integrado de Gestión</b> <b>CHECK LIST DE LA UNIDAD DE TRANSPORTE</b>	CÓDIGO: FR-FLO-001 VERSIÓN: 03 FECHA: 07/04/2020 PÁGINA: 1 a 1											
Elaborado: Coordinador de Flota y Mantenimiento	Revisado: Coordinador de Flota y Mantenimiento	Aprobado: Gerente de Operaciones y Logística Integral											
RAZÓN SOCIAL: J & J TRANSPORTES Y SOLUCIONES INTEGRALES S.A.C. RUC: 20524879191 DOMICILIO: JR. JOSE DE LA MAR 386 URB. SANTA LUZMILA LIMA LIMA COMAS		ACTIVIDAD ECONÓMICA: TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA N° TRABAJADORES: .....											
FECHA _____ HORA _____	N° PLACA UNIDAD _____ N° CARRETA _____	N° DE REGISTRO: ..... KILOMETRAJE _____											
NOMBRE CONDUCTOR SALIENTE _____ FIRMA DEL CONDUCTOR _____		NOMBRE CONDUCTOR ENTRANTE _____ FIRMA DEL CONDUCTOR _____ FIRMA DEL SUPERVISOR DE FLOTA _____											
Nota: En la columna "Estado" marca con una aspa (X o Check) en el casillero según sea el caso. Bueno: Si se encuentra en buen estado, no me presenta problemas, no está dañado, deteriorado, entre otros. Malo: Si se encuentra en mal estado, con problemas, deteriorado o dañado o no se tiene, entre otros.													
INSPECCIÓN PRE-USO GENERAL DE LA UNIDAD													
I ESTADO O CONDICIONES GENERALES				BUENO	MALO	II ESTADO DEL SISTEMA DE FRENOS				BUENO	MALO	N.A.	
1	Estado del sistema de dirección.					1	Freno de servicio (freno normal para detener el vehículo).						
2	Estado de los parabrisas y ventanas.					2	Freno de estacionamiento (brake/parqueo).						
3	Estado de parachoques y estribos.					3	Freno de motor o retarder.						
4	Estado de la placa y leyenda con el número de certificado de habilitación vehicular, capacidad de carga máxima y tara.					4	Activador de freno de remolque (trailer brake) - palanca.						
III ESTADO DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN				BUENO	MALO	N.A.	IV ESTADO DE RETROVISORES Y VISOR DE PUNTO CIEGO				BUENO	MALO	N.A.
1	Luces de alta o luces de larga o de carretera.						1	Retrovisor principal y derecho					
2	Luces de baja o luces de corta o luz de cruce.						2	Visor de punto ciego					
3	Alarma de retroceso.									CUENTA			
4	Luces de retroceso (blanca).									SI	NO		
5	Luces direccional delantero y posterior en tracto.									V EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL			
6	Luces de estacionamiento en tracto.									1	Casco de seguridad.		
7	Luces de estacionamiento en carreta (posterior).									2	Guantes de seguridad.		
8	Luces de posición lateral ambar en carreta.									3	Lentes de seguridad.		
9	Luces de freno o luces de pare rojo en tracto y carreta.									4	Zapatos de seguridad.		
10	Luces de peligro ambar en carreta (izquierda y derecha).									5	Chaleco reflectivo.		
11	Luces de placa blanca.									6	Uniforme de alta visibilidad.		
12	Luces de alumbrado interior de la cabina.									VI. HERRAMIENTA DE TRABAJO (OPERACIONES)			
13	Luces de alumbrado interior de la carrocería.									1	Tablero de madera		
										SI	NO		
VII ESTADO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD													
ITEM	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			CUENTA			ITEM	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			CUENTA		
1	Cintas reflectivas en toda la unidad tracto y carreta.			SI	NO	N.A.	10	Linterna de mano.			SI	NO	N.A.
2	Pernos debajo de la puerta.						11	Inventario de Botiquin de emergencia FR-SIG-031.					
3	Candado de acero (Cantidad: ).						12	Botiquin de emergencia .					
4	Conos de seguridad (Cantidad: ).						13	Extintor vigente.					
5	Gata y llave de ruedas.						14	Certificado de extintor de seguridad.					
6	Barra de acero (ESPADA).						15	Protocolo de emergencia.					
7	Ratchet para fajas.						16	Cuñas y/o tacos.					
8	Fajas para trunca (9m, 12m y 15m).						17	Limpieza de la unidad (interior de cabina).					
9	Juego de herramientas.												
VIII. CONDICIÓN INTERNA DE LA UNIDAD													
PISO	LIMPIO: SI ( ) NO ( ) BUEN ESTADO: SI ( ) NO ( )			UNIDAD DE PLATAFORMA:			Carpa: Buen estado ( ) Mal estado ( )			No aplica ( )			
TECHO	NINGÚN AGUJERO: SI ( ) NO ( ) N.A. ( )						Malla: Buen estado ( ) Mal estado ( )						
PARED	LIMPIO: SI ( ) NO ( ) BUEN ESTADO: SI ( ) NO ( )			REMACHES SALIDOS: SI ( ) NO ( )			ASTILLAS DE TRIPLEXY: SI ( ) NO ( )			No aplica ( )			
IX. NIVELES													
													
													
<b>Observaciones</b> _____ _____ _____													
X. ESTADO DE NEUMÁTICO													
													



## ANEXO 2: Procedimiento de trabajo estandarizado.

	<i>Sistema Integrado de Gestión</i>	Código: PE-MAN-001
		Versión: 03
	<b>PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LA UNIDAD DE TRANSPORTE</b>	Fecha: 17/04/2020
		Página: 2 de 7

### 1. OBJETIVO

El procedimiento tiene el objetivo de evitar o mitigar las consecuencias de las fallas inesperadas, mantener la unidad en buen estado y mejorar rendimiento de las unidades de transportes de la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales S.A.C.

### 2. ALCANCE

El procedimiento es aplicable para todas las unidades de transportes de la empresa.

### 3. RESPONSABLE

- 3.1. El Jefe de Mantenimiento y Flota será el responsable de asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento de la unidad de transporte.
- 3.2. El Coordinador de Mantenimiento, Mecánico, Electricista, Vulcanizador y Soldador será el responsable de ejecutar lo establecido en el plan de mantenimiento de la unidad de transporte.


### 4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- 4.1 **Mantenimiento Preventivo:** Se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de averías en la unidad de transporte.
- 4.2 **Servicio de Tipo "A":** Formato donde se encuentra las actividades para realizar el mantenimiento de la unidad como la revisión de freno de estacionamiento, verificar el reseteo de relojes de tablero de instrumentos, revisión de ~~escamones~~, los sunchos de tanque de combustible, inspección de luces del vehículo, cambio del filtro de combustible, revisar fugas de aceites y los tanques de aire, etc.
- 4.3 **Servicio de Tipo "B":** Formato donde se encuentra las actividades para realizar el mantenimiento de la unidad como la revisión de la alarma de baja presión de aire, neumáticos, aros, silenciador y tubo de escape, cambio de filtro de aire diferencial, etc.
- 4.4 **Servicio de Tipo "C":** Formato donde se encuentra las actividades para realizar el mantenimiento de la unidad como la revisión sobre la operación de bloqueo de reenvío, los muelles y amortiguadores, cámaras de freno, etc.

ANEXO 3: Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento.

Flujo	Descripción	Responsable	Registro
<p><b>INICIO</b></p> <p>1. Realizar el Check List de la unidad</p> <p>¿Tiene averías mecánicas?</p> <p>Si <b>A</b></p>	<p>1. Se realiza el check list de la unidad de transporte al ingreso y salida de la cochera.</p>	<p><u>Coordinador de Flota / Auxiliar de Flota</u></p>	<p>Check List de la unidad de transporte FR-FLO-001</p>
<p>No</p> <p>2. Se evalúa mediante el Plan de mantenimiento Preventivo</p>	<p>2. Si la unidad no presenta averías mecánicas, se evalúa mediante el Plan de mantenimiento Preventivo.</p>	<p><u>Coordinador de Mantenimiento</u></p>	<p>Plan de Mantenimiento preventivo FR-MAN-006</p>
<p><b>1</b></p> <p>¿Llega al kilometraje?</p> <p>NO</p> <p>SI</p>	<p>3. De acuerdo al kilometraje se evalúa si le corresponde el mantenimiento de tipo A, tipo B o tipo C.</p>	<p><u>Coordinador de Mantenimiento</u></p>	<p>Plan de Mantenimiento preventivo FR-MAN-006</p>
<p>3. Se realizará el Servicio de Mantenimiento Tipo A, B o C según corresponda</p>			

ANEXO 4: Orden de Trabajo de Mantenimiento

 <p>TRANSPORTES Y SOLUCIONES INTEGRALES</p>	Sistema Integrado de Gestión <b>ORDEN DE TRABAJO</b>		CODIGO: FR-MAN-010	
			VERSION: 02	
			FECHA: 24/04/2020	
			PAGINA: 01 de 01	
Elaborado: Asistente SIG	Revisado: Coordinador de Flota y Mantenimiento		Aprobado: Gerente de Operaciones y Logística Integral	
			N° REGISTRO:	
FECHA DE INGRESO:	HORA INGRESO:	FECHA SALIDA:	HORA SALIDA:	
CONDUCTOR:		N° PLACA UNIDAD :	N° PLACA CARRETA:	
KILOMETRAJE:	LUGAR:	MODELO:	MARCA:	
RESPONSABLE DE LA ORDEN DE TRABAJO:		RESPONSABLE DEL TRABAJO:		
<b>INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A UTILIZAR:</b> Según el plan de equipos de medición (FR-SIG-074).		<b>EQUIPOS, MAQUINAS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR:</b> Según la Lista de equipos, maquinas y herramientas (FR-SIG-043).		
<b>LUGAR DE SERVICIO</b>				
TALLER INTERNO <input type="checkbox"/>	TALLER EXTERNO <input type="checkbox"/>	AUXILIO MECANICO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> OTROS: _____	
<b>FALLAS MECANICAS:</b>				
<b>CAUSA POSIBLE:</b>				
<b>TIPO DE SISTEMA: (MARCAR <input checked="" type="checkbox"/> X)</b>				
<input type="checkbox"/> MOTOR	<input type="checkbox"/> DIRECCION	<input type="checkbox"/> FRENOS	<input type="checkbox"/> NEUMATICOS	<input type="checkbox"/> SISTEMA ELECTRONICO
<input type="checkbox"/> SISTEMA DIFERENCIAL	<input type="checkbox"/> SISTEMA ELECTRICO	<input type="checkbox"/> SISTEMA TRANSMISION	<input type="checkbox"/> SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	
<input type="checkbox"/> SISTEMA SUSPENSION	<input type="checkbox"/> OTROS:.....			
<b>DETALLE DEL TRABAJO:</b>				
<b>OBSERVACIONES:</b>				
_____ FIRMA DEL RESPONSABLE DE LA ORDEN DE TRABAJO		_____ FIRMA DEL RESPONSABLE DEL TRABAJO		_____ FIRMA DEL CONDUCTOR / SUPERVISOR DE FLOTA

ANEXO 5: Programa de mantenimiento preventivo para un año.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TRACTOCAMION CL120 (MOTOR CUMMINS ISX 450)						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
						125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000	2125	2250	2375
Area	Repuestos y servicios	Código de almacén	Car	Unid	Fre																			
Sist. De suspensión	Engrasar partes móviles de muelles		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Verificar alineamiento de suspensión		1	SERV	1000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Revisar desgaste de bujes de muelles		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Verificar suspensión de bolsas de aire		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Sist. Electrico - Electronico	Inspeccion de abrazaderas de muelles		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Inspeccionar cables electricos con terminales de faros		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Verificacion de baterias		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Scanear de unidad por fallas electronicas		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Inspeccion de luces quemadas		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Inspeccion de palanca de luces y bloqueador de corriente		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Revision de fusibles		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Verificar estado de funcionamiento de baterias		1	SERV	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Inspeccionar estado de cilindros hid. estabilizadores		1	SERV	1000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Verificar niveles de lubricantes caja y corona		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Sist. De transmision	Engrase de partes móviles		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Inspeccionar crujeles de cardan		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Inspeccionar fugas de lubricantes		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Inspeccionar soportes de cardan		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Inspeccionar estado de rodillos inferiores		1	SERV	1000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sist. De frenos	Inspeccionar pines y bocinas de eslabones		1	SERV	1000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Inspeccion de zapatas de freno		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Inspeccion de pulmones de freno		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Verificacion de pedal de freno		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Engrasar partes móviles		1	SERV	250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Sist. De frenos	Verificar dureza de resortes de freno		1	SERV	750	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	Verificar fugas y daños en mangueras		1	SERV	500	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

ANEXO 6: Mantenimientos de tracto camiones.



ANEXO 7: Valores de niveles de riesgo

NPR= Serevidad*Ocurrencia*Deteccion	
Valores	Nivel de Riesgo
500 - 1000	Alto riesgo de falla
125 - 499	Riesgo de falla medio
1 - 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

### ANEXO 8: Formulario a rellenar en ERP

**Ordenes de Trabajo MANTENIMIENTO** X

**1.- INFORMACIÓN DE LA UNIDAD**  
 Seleccione el número de placa de la unidad a registrar en la bitacora de Mantenimiento Número de Placa

Marca: FREIGHTLINER    Modelo: CL 120    Tipo de unidad: TRACTO

Marca: FREIGHTLINER    Modelo: CL 120    Tipo de unidad: TRACTO

**2.- INFORMACIÓN DE CHECK LIST**

A) Ingrese el Número de Check List (Solo números) Numero de CL

B) Ingrese la fecha del Check List

C) Ingrese el kilometraje de la unidad  Kms

D) Ingrese la falla Reportada por el usuario de la unidad

**3.- INFORMACION DE LA ORDEN DE TRABAJO / TRABAJO REALIZADO**

A) Ingrese el Numero de Orden de Trabajo (Solo numeros) Numero de OT

B) Ingrese la fecha de ingreso al taller bajo el sgte formato dd/mm/aaaa

C) Ingrese la HORA de ingreso al taller bajo el sgte formato hh:mm:ss

D) Seleccione al Personal Tecnico Responsable

E) Seleccione el trabajo a realizar

F) Cantidad de Horas Proyectadas de Trabajo

**G) Seleccione el Repuesto y cantidad utilizada**

Detalle de Repuestos y cantidades utilizadas

ESCRIBA NUMERO DE PARTE     CANTIDAD    

Num. Parte	Descripcion	Cantidad	Precio Unit.

### ANEXO 9: Automatización de indicadores Power bi

Año

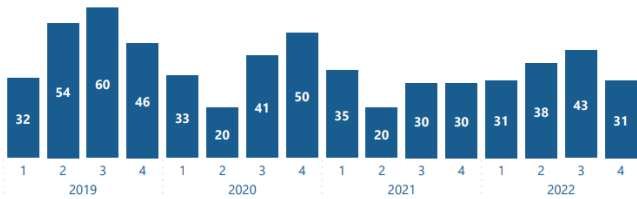
2019	2020	2021	2022
------	------	------	------

## Indicadores de Mantenimiento

Trimestre

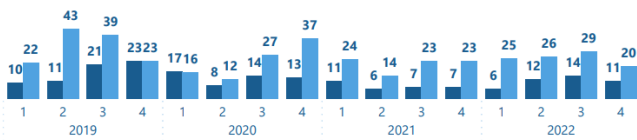
1	2	3	4
---	---	---	---

#### Cant. de Fallas trimestral



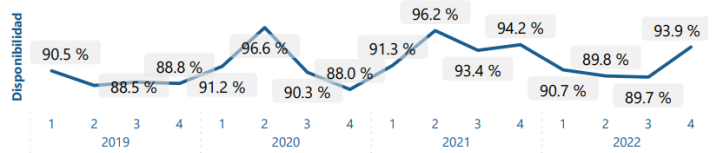
#### Cant. por área trimestral

● Eléctrico ● mecánico

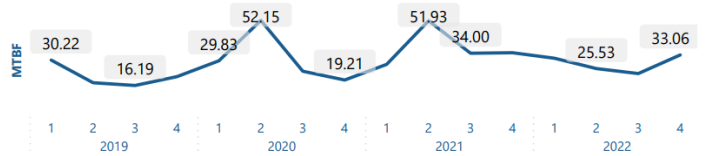


#### Cant. de Fallas por placa

#### Disponibilidad por Trimestre



#### MTBF por Trimestre



#### MTTR por trimestre





ANEXO 10: Formato de Auditoria

Area:		Auditado por:				
Fecha:						
<b>FORMATO DE AUDITORIA INTERNA</b>						
Colocar un aspa según lo observado		1	2	3	4	5
1	Equipos e insumos necesarios					
2	Inventarios necesarios					
3	Riesgos para la seguridad					
4	Los lugares correctos para los insumos estan definidos					
5	Los materiales se encuentran en su lugar					
6	Los productos se guardan posteriormente de su utilizacion					
7	Equipos e insumos se encuentran listos					
8	Otros problemas de limpieza					
9	La informacion necesaria es visible					
10	Todas las normas son conocidas por el personal					
11	Se aplica el reglamento en caso de problemas					
12	Existen listas de verificacion					
13	Mantener y supervisar el area					
14	Se comunica oportunamente los cambios					
15	Se siguen las normas					
16	Se emplea la metodologia RCM					
17	Se busca optimizar los recursos					
18	Se busca optimizar el tiempo					
Puntuacion						

ANEXO 11: Informe de Auditoría

	Sistema Integrado de Gestión  <b>INFORME DE AUDITORIA INTERNA</b>	Código: FR-SIG-016
		Versión: 01
		Fecha: 03/05/2020
		Página: 1 de 1
Elaborado: Analista SIG	Revisado: Gerente General	Aprobado: Gerente General

DATOS GENERALES			
NORMA / LEY AUDITADA	N° DE AUDITORÍA	SISTEMA DE GESTIÓN	
		SGC	
		SGANT	
ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN:			
FECHA DE LA AUDITORIA:			
AUDITOR:			
AUDITOR ASISTENTE:			
DATOS DE LA AUDITORIA			
PROCESO:			
RESPONSABLE DEL PROCESO:		PUESTO:	
PERSONAL AUDITADO:		PUESTO:	
		PUESTO:	
HALLAZGOS DE LA AUDITORIA			
N° NO CONFORMIDADES	N° OBSERVACIONES	N° OPORTUNIDADES DE MEJORA	N° FORTALEZAS
DETALLE DE LA NO CONFORMIDAD:			
DETALLE DE LAS OBSERVACIONES:			
DETALLE DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA:			
DETALLE DE LAS FORTALEZAS:			

CIERRE DEL INFORME		
Responsable del Proceso	Auditor Líder	Auditor Asistente
Firma	Firma	Firma

ANEXO 12: Evidencia de Auditoría



ANEXO 13: Benchmark de disponibilidad por tipo de proceso.

Tipo de Proceso	Cuartil			
	Peor	3 <sup>ro</sup>	2 <sup>do</sup>	Mejor
Continuo	<78%	78 – 84%	85 - 91%	>91%
Batch	<72%	72 - 80%	81 - 90%	>90%
Químico, Refinería, Energía	<85%	85 – 90%	91 - 95%	>95%
Papel	<83%	83 - 86%	87 - 94%	>94%
Fuente: Fluor Global Services – Estudio de benchmarking - NA, AP, EU – 1996				

Fuente: Emerson Process Management (2022)

ANEXO 14: Tabla de indicadores de clase mundial

<b>CLASE MUNDIAL</b>			
<b>% DISPONIBILIDAD OPTIMA</b>	<b>% RENDIMIENTO OPTIMO</b>	<b>% CALIDAD OPTIMA</b>	<b>% OEE OPTIMO</b>
<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>99%</b>	<b>85%</b>

Fuente: Caso Murillo & León Mejía (2023)