



EN LA UAP  
TÚ ERES PARTE  
DEL CAMBIO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“MEJORAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO PARA  
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE  
CAMIONES 797F EN LA OPERACIÓN MINERA ANTAPACCAY”**

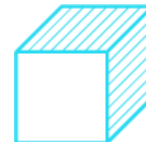
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
EDWIN ALVARO MOLLO RODRÍGUEZ**

**ASESOR**

**MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LOPEZ RODAS**

**LIMA – PERÚ, ENERO 2022**



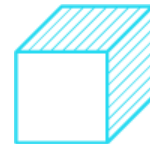
## **DEDICATORIA**

A mi familia por entender y apoyar mi decisión de vida, y pese al sacrificio siempre estar ahí para ayudarme.

A Dios, por darme siempre la lucidez de ver oportunidades para yo poder elegir la mejor.

A mi madre, por estar siempre ahí, fuerte como un roble para mí y todos mis hermanos.



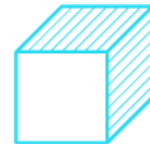


## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida y alcanzar esta meta tan deseada.

A la universidad y toda su respetada plana de docentes que me brindaron los conocimientos necesarios para hacer realidad este preciado objetivo de mi vida.





## INTRODUCCIÓN

Al presente, la minería se ha convertido en la actividad económica más importante para nuestro país, las compañías mineras asumen posiciones competitivas muy altas entre sí, el número de toneladas extraídas al mes es un indicador de producción necesario para el cálculo de sus metas planeadas, para ello, requieren equipos de acarreo de mineral cada vez más grandes, confiables y con alta disponibilidad.

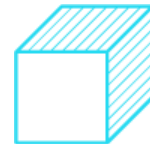
Ferreyros S.A., al ser una empresa que comercializa bienes de capital y servicios, representante de la marca Caterpillar en el Perú, se encarga de proveer al mercado minero los camiones de acarreo con tren de potencia mecánico más grandes del mundo, los camiones 797F con capacidad de carga de 363 toneladas métricas.

El soporte técnico postventa es clave para alcanzar indicadores de mantenimiento de calidad mundial para estos equipos, enfocar las actividades de mantenimiento desde la base del planeamiento estratégico y la buena confiabilidad de los componentes es la estrategia estándar de la empresa para lograr alcanzar la disponibilidad objetivo comprometida en toda operación minera.

El contrato de mantenimiento con la operación minera Antapaccay asegura el cálculo de los recursos básicos para afrontar los compromisos de mantenimiento asumidos por Ferreyros, de igual manera están descritas las actividades, funciones, y todos los alcances adicionales para dar el servicio de mantenimiento, en este caso, se está hablando de un contrato de ejecución de cambio de componentes mayores, ejecución de backlog, y trabajos de garantías como responsabilidad de Ferreyros, el cliente asume la ejecución del PM (mantenimiento programado), cambio de componentes menores, generación de backlog y monitoreo de condiciones.

Todas estas tareas serán ejecutadas siguiendo la estrategia de mantenimiento diseñada para ejecutar los PM y cambio de componentes mayores en ciclos de cada 500 horas de aceite de motor.





## RESUMEN

El presente trabajo “Mejorar el proceso de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de camiones 797F en la operación minera Antapaccay”, tiene como objetivo principal el incremento de la disponibilidad y confiabilidad para los camiones 797F (camiones de acarreo de mineral).

De lo indicado, analizar la situación actual de la disponibilidad y confiabilidad de los camiones mineros 797F en la operación Antapaccay, referido en específico a las labores de las cuales Ferreyros S.A. tiene responsabilidad sobre sus procesos y que son detallados en el contrato de mantenimiento.- El análisis de los indicadores de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad, tiempo para reparar, precisión de servicio, y otros) se hace necesario para entender por qué no se puede alcanzar indicadores de clase mundial en la operación minera Antapaccay (ver anexos 1,2,3 referidos a KPI de clase mundial para Caterpillar).

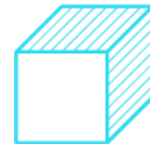
Partir desde el cálculo adecuado de los recursos necesarios para ejecutar los mantenimientos de manera efectiva (contar con los repuestos, personal, bahías libres, herramientas y equipos necesarios para ejecutar los PM, cambios de componentes, backlog o correctivos) son funciones básicas que deben ser atendidas desde el área de planeamiento para poder cumplir con el plan de mantenimiento.

El soporte de mantenimiento visto desde el punto de vista de la ejecución requiere se atienda en base a la calidad del personal técnico, el re trabajo tienen un porcentaje muy alto respecto a la media de otras operaciones mineras en el Perú.

Las fallas no programadas de componentes mayores indican que las actividades de monitoreo de condiciones de los equipos no son muy efectivas, pues a pesar de tener el registro de la condición de los componentes, las alertas por falla crítica o tareas programadas referentes a dicha condición no se dieron en el momento efectivo.

Se requiere finalmente establecer procesos que atiendan las condiciones mencionadas para lograr el incremento de la disponibilidad de estos equipos hasta límites de clase mundial.





## ABSTRACT

The present work "Improving the maintenance process to increase the availability and reliability of 797F trucks in the Antapaccay mining operation", has as its main objective the increase of availability and reliability for the 797F trucks (ore hauling trucks).

From the above, analyze the current situation of the availability and reliability of the 797F mining trucks in the Antapaccay operation, referring specifically to the tasks of which Ferreyros S.A. has responsibility for its processes and that they are detailed in the maintenance contract.- The analysis of the maintenance indicators (availability, reliability, time to repair, service precision, and others) is necessary to understand why it cannot be achieved World-class indicators in the Antapaccay mining operation (see annexes 1,2,3 referring to world-class KPIs for Caterpillar).

Starting from the adequate calculation of the necessary resources to execute maintenance effectively (having the spare parts, personnel, free bays, tools and equipment necessary to execute the PM, component changes, backlog or corrective) are basic functions that must be attended from the planning area in order to comply with the maintenance plan.

The maintenance support seen from the point of view of the execution requires attention based on the quality of the technical staff, the rework has a very high percentage compared to the average of other mining operations in Peru.

The unscheduled failures of major components indicate that the monitoring activities of the equipment conditions are not very effective, because despite having the record of the condition of the components, the alerts for critical failure or scheduled tasks referring to said condition do not they occurred at the effective time.

Finally, it is necessary to establish processes that meet the aforementioned conditions to achieve an increase in the availability of these equipment to world-class limits.

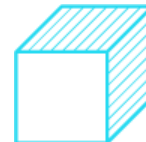




## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXO .....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PERFIL DE LA EMPRESA O ENTIDAD .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA O ENTIDAD.....</b>	<b>3</b>
1.3.1. Misión .....	3
1.3.2. Visión.....	3
1.3.3. Objetivo .....	3
<b>1.4. ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>4</b>
1.4.1. Descripción de puestos .....	7
<b>1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA.....</b>	<b>10</b>
1.5.1. Análisis interno – recursos y capacidades.....	10
1.5.2. Análisis estratégico.....	11
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>

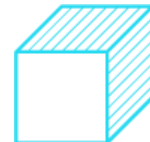




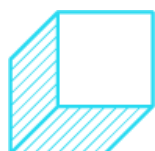
<b>REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>24</b>
2.4.1. Objetivo general .....	24
2.4.2. Objetivos específicos .....	24
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>26</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO .....</b>	<b>26</b>
3.1.1. Antecedentes de la investigación.....	26
3.1.2. Bases Teóricas .....	27
3.1.3. Bases Normativas .....	32
<b>3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>39</b>
3.2.1. Desarrollo del primer objetivo específico .....	41
<b>TABLA 4 CONSOLIDADO DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y MATERIALES 1 DE 2.....</b>	<b>50</b>
3.2.2. Desarrollo del segundo objetivo específico.....	64
3.2.3. Desarrollo del tercer objetivo específico .....	67
<b>3.3. COSTOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>81</b>
<b>3.4. CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....</b>	<b>84</b>
<b>3.5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>3.6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>92</b>

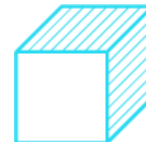






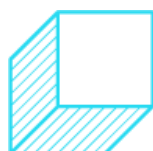
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>92</b>
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>95</b>

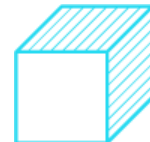




## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Logo de la Empresa Ferreyros S.A. ....	3
<b>Figura 2</b> Estructura Organizacional .....	5
<b>Figura 3</b> Organigrama Gran Minería Ferreyros S.A.....	6
<b>Figura 4</b> Organigrama Para el Desarrollo del TSP .....	7
<b>Figura 5</b> Aplicación del Mantenimiento Industrial .....	16
<b>Figura 6</b> Indisponibilidad de Camiones 797F .....	22
<b>Figura 7</b> Camión 797F.....	29
<b>Figura 8</b> Fórmulas de Indicadores de Mantenimiento GM.....	38
<b>Figura 9</b> Ciclo Vicioso del Mantenimiento Reactivo.....	40
<b>Figura 10</b> Parque de Camiones 797F Antapaccay .....	42
<b>Figura 11</b> Formato de Backlog Antapaccay.....	44
<b>Figura 12</b> Formatos de Inspección de Camiones 797F .....	45
<b>Figura 13</b> Dashboard de Alerta de Eventos DARIS.....	47
<b>Figura 14</b> Dashboard de Alerta de Tendencias DARIS .....	47
<b>Figura 15</b> Formato Daylist Antapaccay.....	52
<b>Figura 16</b> Lista de Tareas de Intervalo de Mantenimiento 1 – 2 y 3.....	54
<b>Figura 17</b> Formato Gantt de Mantenimiento (PM) .....	70
<b>Figura 18</b> Detalle del Plan de Mantenimiento en SIGMA .....	72
<b>Figura 19</b> Vista del Entorno AMT para la Administración de Información.....	80

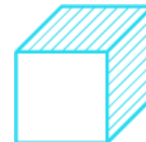




## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Análisis FODA Para Ferreyros – Antapaccay .....	12
<b>Tabla 2</b> Planificación Estratégica Ferreyros - Antapaccay.....	13
<b>Tabla 3</b> Consolidado de Frecuencia de Mantenimiento y Materiales 1 de 1 .....	49
<b>Tabla 4</b> Consolidado de Frecuencia de Mantenimiento y Materiales 1 de 2.....	50
<b>Tabla 5</b> Plan de Cambio de Componentes 797F .....	51
<b>Tabla 6</b> Resumen de Comparación del Organigrama 2020 – 2021 .....	73
<b>Tabla 7</b> Cuadro de Análisis de Pérdidas de Producción vs Disponibilidad .....	82
<b>Tabla 8</b> Cuadro comparativo del gasto 2020 - 2021 .....	84
<b>Tabla 9</b> Cronograma de Actividades Mejora de Procesos de Mantenimiento.....	86

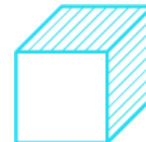




## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Flujograma Elaboración del Plan de Mantenimiento.....	17
<b>Gráfico 2</b> Indicadores de Confiabilidad Física Camiones 797F.....	19
<b>Gráfico 3</b> Disponibilidad Física y Utilización Camiones 797F.....	20
<b>Gráfico 4</b> Precisión de Servicio de Mantenimiento 2021.....	21
<b>Gráfico 5</b> Análisis General del Problema Utilizando el Diagrama de Ishikawa.....	23
<b>Gráfico 6</b> Gráfica del Top Ten e Indisponibilidad 2020.....	59
<b>Gráfico 7</b> Gráfica de la Disponibilidad y Utilización 2020.....	60
<b>Gráfico 8</b> Gráfica de la Confiabilidad Física 2020.....	61
<b>Gráfico 9</b> Reporte de Cumplimiento de Backlog 2020.....	62
<b>Gráfico 10</b> Gráfica de la Precisión de Servicio de los PM.....	63
<b>Gráfico 11</b> Proceso de Elaboración de un Plan de Mantenimiento.....	68
<b>Gráfico 12</b> Gráfica de la Indisponibilidad y Top Ten 2021.....	75
<b>Gráfico 13</b> Gráfica de la Disponibilidad y Utilización 2021.....	76
<b>Gráfico 14</b> Gráfica de la Confiabilidad Física 2021.....	77
<b>Gráfico 15</b> Reporte de Cumplimiento de Backlog 2021.....	77
<b>Gráfico 16</b> Gráfica de la Precisión de Servicio 2021.....	79
<b>Gráfico 17</b> Gráfico de Análisis de Pérdidas de Producción vs Disponibilidad.....	83

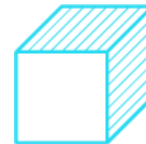




## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Disponibilidad Física Según el MEM Caterpillar.....	95
<b>Anexo 2</b> Confiabilidad Física Según el MEM Caterpillar .....	96
<b>Anexo 3</b> Tiempo Medio para Reparar Según el MEM Caterpillar .....	96
<b>Anexo 4</b> Campana de Distribución de Cargas.....	97
<b>Anexo 5</b> Formatos de Inspección por Monitoreo de un Evento .....	98
<b>Anexo 6</b> Proceso de Desarrollo del Personal Técnico.....	99
<b>Anexo 7</b> Avance Service Pro, octubre el 2021 .....	99





## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES DE LA EMPRESA

#### 1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Ferreyros S.A., ubicada en jirón Cristóbal de Peralta norte 820, Surco – Lima, es la empresa comercializadora de bienes de capital y servicios con mayor presencia en la industria de la minería en el país y Latinoamérica, su historia se inicia en:

1922 – 1942: Enrique Ferreyros Ayulo y un pequeño grupo de socios fundaron en 1922 la empresa Enrique Ferreyros y Cía. Sociedad en Comandita, la cual se dedicó en sus primeros años de operación a la comercialización de productos de consumo masivo.

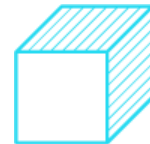
1942 – 1960: Veinte años más tarde, la empresa experimentó un giro trascendental, cuando tomó la decisión de asumir la representación de Caterpillar Tractor Co., en el Perú; a partir de entonces, la compañía incursionó en nuevos negocios y comenzó a redefinir su cartera de clientes, marcando así el futuro desarrollo de toda la organización.

1960 – 1981: Dos décadas después, en la década de los 60, otras líneas de máquinas y equipos como Massey Ferguson le encomendaron su representación. Asimismo, fue en 1962 que la empresa concretó su inscripción en la bolsa de valores de Lima, convirtiéndose en una compañía de accionariado difundido.

1981 – 1988: En 1981, la empresa se transformó en sociedad anónima, como parte de un proceso de modernización a fin de reflejar la nueva estructura accionaria.

1998 – 2012: Ello la llevó finalmente a convertirse, en 1998, en una sociedad anónima abierta bajo la denominación de Ferreyros S.A.A.





El hito Ferreycorp S.A., inicia a partir del año que prodigue a continuación, donde la empresa Ferreyros S.A.A., de ser una empresa abierta, sus actividades comerciales vienen a desarrollarse dentro del mercado nacional e internacional como sociedad anónima.

2012 – 2013: En el 2012, como consecuencia del crecimiento experimentado por Ferreyros S.A.A., y por las otras compañías subsidiarias del grupo, se procedió a realizar una reorganización corporativa. Antes del cambio, la empresa Ferreyros S.A.A. se dedicaba a las funciones operativas de una compañía distribuidora de bienes de capital y, adicionalmente, a un rol corporativo, que definía los lineamientos de todas las empresas de la organización.

2013 – 2015: Gracias a la reorganización, Ferreyros S.A.A., se transformó en Ferreycorp S.A.A., que asumió el rol corporativo en su calidad de holding del grupo, propietaria de todas las subsidiarias de la corporación, tanto las locales como las extranjeras. Por su parte, la compañía Ferreyros S.A. fue asignada a dedicarse exclusivamente a la comercialización de maquinaria, equipos y servicio postventa de la línea Caterpillar y sus marcas aliadas.

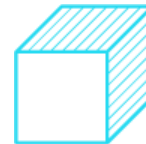
2015: Esta nueva estructura organizativa está diseñada para permitir que cada una de las subsidiarias de la corporación se enfoque mejor en la propuesta de valor a sus clientes, logrando una mejor cobertura para atender las propias oportunidades de negocio y mejorar así sus capacidades operativas.

Ferreyros S.A., empresa subsidiaria de Ferreycorp S.A.A., tiene una nutrida historia con la minería en el país, la introducción de los equipos Caterpillar impulsaron a mejorar los procesos productivos de las compañías mineras, llevándonos en su mejor momento a ser los segundos más productores de cobre en el mundo.

## **1.2. PERFIL DE LA EMPRESA O ENTIDAD**

Ferreyros es la empresa líder en la comercialización de bienes de capital en el país y en la provisión de servicios en este ámbito. Integrante de la corporación





Ferreycorp, es distribuidora de Caterpillar desde 1942, así como de otras prestigiosas marcas.

*Figura 1*

*Logo de la Empresa Ferreyros S.A.*



Fuente: (Ferreyros S.A., 2021)

### 1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA O ENTIDAD

#### 1.3.1. Misión

Proveer las soluciones que cada cliente requiere facilitándole los bienes de capital y servicios que necesita para crear valor en los mercados en los que actúa.

#### 1.3.2. Visión

Fortalecer nuestro liderazgo siendo reconocidos por nuestros clientes como la mejor opción, de manera que podamos alcanzar las metas de crecimiento.

#### 1.3.3. Objetivo

- a. **Crecimiento rentable y diversificado:** Buscamos crecimiento en aquellos negocios y mercados que nos aseguren la rentabilidad y el valor de la corporación en el tiempo.
- b. **Transformación centrada en el cliente:** Nos anticipamos a las necesidades de nuestros clientes, transformamos nuestros negocios e incorporamos nuevas tecnologías para optimizar su







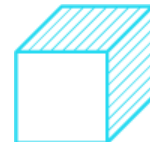
experiencia y el valor de sus operaciones, haciéndolas más seguras, rentables y eficientes.

- c. Mejores prácticas y sinergias:** La complementariedad de nuestros negocios representa una ventaja competitiva que, junto a la colaboración y al trabajo en equipo, nos ayuda a alcanzar la eficiencia y excelencia en nuestras operaciones.
- d. Talento empoderado y en constante desarrollo:** Llevamos al máximo el potencial de nuestra gente para una ejecución exitosa de la estrategia, acompañándolos en su desarrollo y fomentando la puesta en práctica de nuestros seis principios culturales.

#### **1.4. ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

Ferreyros S.A., al ser una empresa subsidiaria de la corporación Ferreycorp S.A.A., presenta la siguiente estructura organizacional en la “figura 2”, el área de gran minería con la operación Ferreyros - Antapaccay nace de esta organización general.





**Figura 2**  
*Estructura Organizacional*



Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)

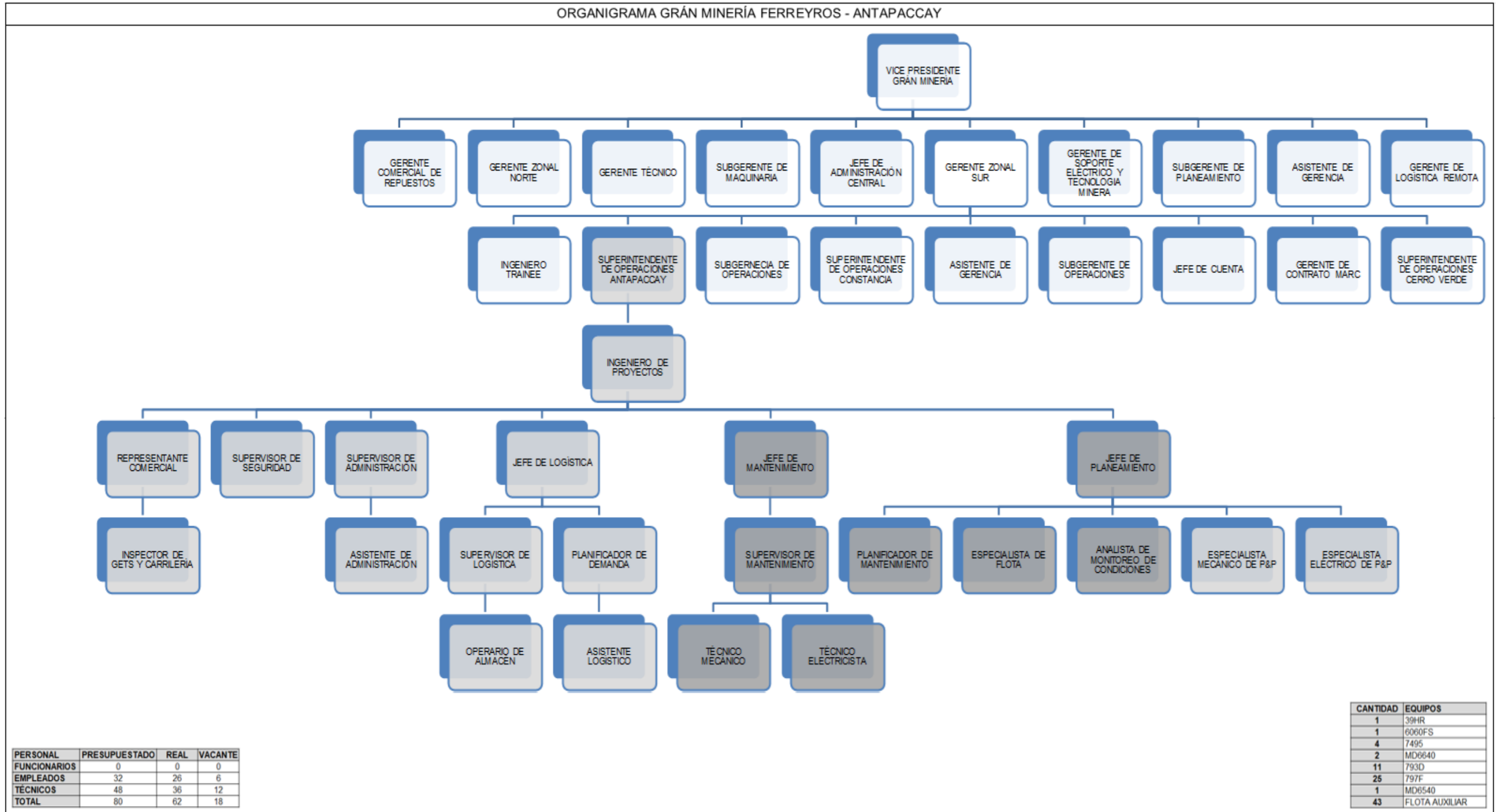
El organigrama de gran minería “figura 3”, nos detalla la estructura organizacional desde la vice presidencia hasta el área en la operación Antapaccay.

La “figura 4” nos muestra las áreas en específico donde debemos trabajar para alcanzar el objetivo de una mejor disponibilidad y confiabilidad.





**Figura 3**  
Organigrama Gran Minería Ferreyros S.A.

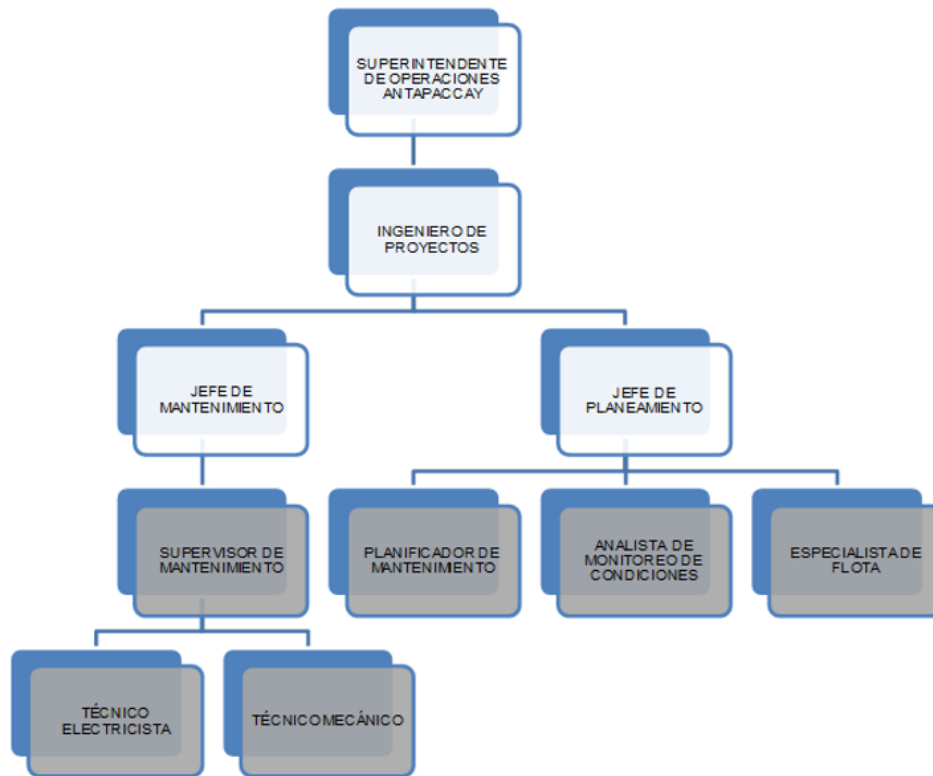


Fuente: (Ferreyros S.A., 2021)





**Figura 4**  
*Organigrama Para el Desarrollo del TSP1*



Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

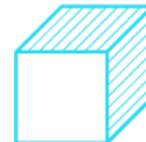
### 1.4.1. Descripción de puestos

De acuerdo al manual de funciones y responsabilidades (Ferreyros S.A., 2021), se describen las siguientes funciones del personal de la operación:

- **Superintendente de operaciones:** Responsable de todos los procesos de mantenimiento en la unidad minera, garantizando su aplicación en tiempo y calidad, visa los planes de mantenimiento, programación, monitoreo y garantías, es responsable de la aplicación del presupuesto mensual y finalmente promueve,

<sup>1</sup> El organigrama representa al área operativa y de planeamiento de la empresa Ferreyros – Antapaccay.





respalda y lidera oportunidades de mejora y buenas prácticas que permitan altos estándares de calidad.

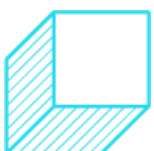
- **Ingeniero de proyectos:** Asume la responsabilidad de mantener los procesos de mantenimiento alineados a indicadores de calidad, visa los planes de mantenimiento, programación, monitoreo y garantías en ausencia del superintendente, asume responsabilidad sobre la aplicación del presupuesto mensual, así como el superintendente, promueve, respalda y lidera oportunidades de mejora y buenas prácticas que permitan altos estándares de calidad.
- **Jefe de mantenimiento:** Ingeniero especialista en gestión de mantenimiento encargado de asegurar el buen funcionamiento y operatividad de los equipos, herramientas, y maquinaria a su cargo mediante el cumplimiento del plan de mantenimiento, programa de cambio de componentes o atención de correctivos no programados, además, asegurara la calidad de la ejecución de las tareas del personal técnico y la correcta supervisión de los mismos, todo ello siguiendo las políticas, normas y procedimientos indicadas por la empresa y las recomendaciones de fábrica.
- **Jefe de planeamiento:** Lidera las labores de planificación de las actividades de mantenimiento de corto y mediano plazo con la finalidad de lograr las metas de disponibilidad, confiabilidad y costo de mantenimiento de equipos, asegura la correcta aplicación de procesos de planeamiento y confiabilidad sobre las tareas programadas y correctivas para su programación.
- **Supervisor de mantenimiento:** Es responsable de organizar y supervisar la ejecución de las actividades de mantenimiento programadas y no programadas tanto en taller como en campo, haciendo cumplir los lineamientos de seguridad, proporcionando

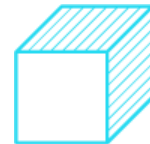




los recursos necesarios para la ejecución de las tareas de manera eficaz y eficiente; comunicando y documentando a todo nivel dichas actividades

- **Planificador de mantenimiento:** Elabora el plan de mantenimiento diario, semanal y mensual, es su responsabilidad la planificación de corto y mediano plazo, asegura las partes para los PM, lidera las reuniones de planificación, apertura y cierra ordenes de trabajo, hace seguimiento a las horas/vida de los equipos y componentes, controla las reparaciones y la facturación de las tareas de mantenimiento, administra la información en AMT y SAP.
- **Analista de monitoreo de condiciones:** Es responsable del seguimiento de las condiciones de funcionamiento, registro de eventos, análisis de la información obtenida por el VIMS, análisis y reporte de SOS de los componentes de los diferentes equipos, apertura y cierre de las tareas de monitoreo de condiciones, así como alertar cualquier condición que ponga en riesgo la vida útil de los equipos de la operación.
- **Especialista de flota:** Asegurar que la información que ingresa al AMT el personal técnico sea de calidad, realizar reportes semanales de estado de análisis de fallas, análisis de data paradas de equipos, top ten y planes de acción, también informar problemas técnicos en los equipos al ingeniero de soporte central, participar en el cumplimiento de tareas específicas que se establezcan para el desarrollo de ICAs y PCAs indicados por el área de Soporte Técnico Centralizado (STC), asegurar la correcta aplicación de los procedimientos específicos de diagnóstico y reparaciones en campo y taller por parte de nuestros técnicos y finalmente asegurar la entrega, control y actualización de la información técnica en la operación tanto de consulta como de utilización en taller asegurando que sigan las guías y





especificaciones del fabricante, como por ejemplo los Check List de PM, evaluaciones, etc.

- **Técnico electricista:** Realiza correctamente las tareas eléctricas del mantenimiento preventivo y correctivo, soluciona fallas, cambia componentes, diagnostica, pide repuestos, registra la información de sus tareas diarias en el AMT.
- **Técnico mecánico:** Realiza correctamente las tareas mecánicas del mantenimiento preventivo y correctivo, soluciona fallas, cambia componentes, diagnostica, pide repuestos, registra la información de sus tareas diarias en el AMT.

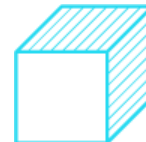
## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA

### 1.5.1. Análisis interno – recursos y capacidades

#### A. Recursos tangibles

- Oficinas móviles
- Maletas de herramientas
- Equipos de diagnóstico
- Equipos de ajuste
- Equipos de izaje
- Equipos de comunicación inalámbrica
- Camionetas
- Buses
- Laptops
- Equipos de telefonía móviles





## **B. Recursos intangibles**

- Administrador de información AMT
- Administrador y enlace de comunicación SAP
- Herramienta informática ET
- Sistema de gestión de información vital VIMS
- Sistema integrado de reportes y análisis de datos DARIS
- Minestar Healt Caterpillar
- Sistema de información de servicio SIS Caterpillar

### **1.5.2. Análisis estratégico**

**Análisis FODA:** Herramienta de análisis que nos permitirá entender la realidad de la empresa en la operación Antapaccay, ver foda en “tabla 1” y planificación estratégica en “tabla 2”.







**Tabla 1**  
*Análisis FODA Para Ferreyros – Antapaccay*

MATRIZ FODA	FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS
ASPECTOS POSITIVOS	<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Productos y servicios de alta calidad.</li> <li>2. Logística de 5 estrellas para sus clientes.</li> <li>3. Soporte postventa de calidad mundial.</li> <li>4. Gerencia con visión de cambio.</li> <li>5. Excelente clima laboral.</li> <li>6. Comercialización de productos y servicios que trascienden.</li> <li>7. Alto nivel de satisfacción al cliente.</li> <li>8. Certificación nacional e internacional.</li> <li>9. Renombrada reputación en el mercado minero.</li> <li>10. Profesionales de gran calidad.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Potenciar la introducción al mercado del tren de potencia eléctrico.</li> <li>2. Apostar por estrategias logísticas basadas en la necesidad de componentes críticos.</li> <li>3. Estandarizar procesos de mantenimiento para todas las operaciones mineras.</li> <li>4. Incrementar la aplicación de la política de cero fallas en reparaciones.</li> <li>5. Soporte técnico no presencial en proceso de desarrollo.</li> <li>6. Incrementar la inversión en los procesos de mantenimiento.</li> <li>7. Ampliar la variedad de productos y servicios dependiendo del tipo de mercado.</li> <li>8. Fortalecer el área de capacitación para incrementar el nivel profesional operativo.</li> <li>9. Implementar el taller de reparaciones eléctricas en La Joya – Arequipa.</li> <li>10. Competencia con una limitada logística nacional.</li> </ol>
ASPECTOS NEGATIVOS	<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inadecuado cálculo de recursos para el mantenimiento</li> <li>2. Acuerdos comerciales forzados a la condición del producto.</li> <li>3. Alto índice de rotación de personal clave.</li> <li>4. Procesos de capacitación insuficientes a las necesidades técnicas.</li> <li>5. Limitada comunicación entre áreas.</li> <li>6. Soporte técnico centralizado, poco efectivo.</li> <li>7. Contratos de mantenimiento en optimistas.</li> <li>8. Respuesta a las necesidades del cliente parcialmente efectiva.</li> <li>9. Inexperiencia de un alto porcentaje del recurso humano.</li> <li>10. Falta de procesos de mantenimiento definidos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesos de calidad de fábrica por debajo de las necesidades de nuestro mercado.</li> <li>2. Reducción del mercado debido al incrementar del riesgo país.</li> <li>3. Equipos de la competencia con mayor tecnología.</li> <li>4. Estrategias logísticas más agresivas de la competencia.</li> <li>5. Ingreso de empresas extranjeras que brindan el mismo servicio al mercado peruano.</li> <li>6. Disminución de la producción de repuestos y componentes debido a la pandemia.</li> <li>7. Coyuntura económica y política del país que afecta a las inversiones mineras.</li> <li>8. Falta de personal calificado para las necesidades del mercado.</li> <li>9. Constantes conflictos sociales.</li> <li>10. Alza del valor del dólar en crecimiento.</li> </ol>

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)



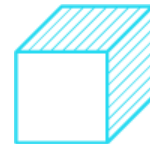


**Tabla 2**  
*Planificación Estratégica Ferreyros - Antapaccay*

<p align="center"><b>MATRIZ FODA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA</b></p>	<p align="center"><b>Fortalezas (F)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>F1</b> Productos y servicios de alta calidad</li> <li>- <b>F2</b> Logística de 5 estrellas para sus clientes.</li> <li>- <b>F3</b> Soporte postventa de calidad mundial.</li> </ul>	<p align="center"><b>Debilidades (D)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>D1</b> Inadecuado cálculo de recursos para el mantenimiento.</li> <li>- <b>D2</b> Acuerdos comerciales forzados a la condición del producto</li> <li>- <b>D3</b> Alto índice de rotación de personal clave.</li> </ul>
<p align="center"><b>Oportunidades (O)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>O1</b> Potenciar la introducción al mercado del tren de potencia eléctrico.</li> <li>- <b>O2</b> Apostar por estrategias logísticas basadas en componentes críticos.</li> <li>- <b>O3</b> Estandarizar procesos de mantenimiento para todas las operaciones mineras.</li> </ul>	<p align="center"><b>Estrategia FO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FO1:</b> Introducir al mercado el nuevo camión 798AC con la mayor tecnología del tren de potencia eléctrico</li> <li>• <b>FO2:</b> El stock de repuestos críticos dentro de los almacenes, incrementa el valor de los productos Caterpillar y reduce el sobre stock.</li> <li>• <b>FO3:</b> Estandarizar los procesos de soporte post venta permitirá que todos los clientes obtengan servicios de igual calidad y eficiencia.</li> </ul>	<p align="center"><b>Estrategia DO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DO1:</b> La introducción del tren de potencia eléctrico, reduce sustancialmente los recursos necesarios para el mantenimiento.</li> <li>• <b>DO2:</b> Los acuerdos comerciales forzados se reducen sustancialmente al incrementar el stock de repuestos críticos necesarios para evitar paradas largas.</li> <li>• <b>DO3:</b> Estandarizar procesos con personal especializado es la clave para eficiencia.</li> </ul>
<p align="center"><b>Amenazas (A)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>A1</b> Procesos de calidad de fábrica por debajo de las necesidades de nuestro mercado.</li> <li>- <b>A2</b> Reducción del mercado debido al incremento del riesgo país.</li> <li>- <b>A3</b> Equipos de la competencia con mayor tecnología.</li> </ul>	<p align="center"><b>Estrategia FA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FA1:</b> Los productos Caterpillar son de muy alta calidad, las condiciones operacionales rebasan la calidad de los productos, se hace necesario mejoras del producto.</li> <li>• <b>FA2:</b> Se abren nuevas oportunidades para reinventar un servicio logístico de 5 estrellas y obtener o mejorar sus resultados a pesar de la coyuntura nacional.</li> <li>• <b>FA3:</b> La introducción del 798AC permite eliminar la brecha tecnológica de la competencia, nuevos procesos y nueva tecnología se adiciona a la empresa.</li> </ul>	<p align="center"><b>Estrategia DA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DA1:</b> El incremento de la calidad de los productos Caterpillar permitirá reducir los recursos usados en el tiempo y mejorar la disponibilidad de los equipos.</li> <li>• <b>DA2:</b> Los acuerdos comerciales deben ser revisados en relación a la situación del país, nuevas estrategias nuevos productos y nuevos procesos reducirán el impacto provocado por la situación nacional.</li> <li>• <b>DA3:</b> La especialización del personal en tecnologías nuevas como el 798AC permite retos nuevos y atrae al personal competente a quedarse por mayor tiempo.</li> </ul>

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





## CAPÍTULO II

### REALIDAD PROBLEMÁTICA

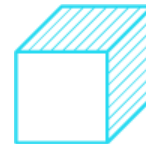
#### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los trabajos de mantenimiento para los camiones 797F en la operación minera Antapaccay están a cargo de la empresa Ferreyros S.A., estos trabajos de mantenimiento se encuentran detallados en un contrato donde se especifican los alcances de dicho servicio, para ello, la empresa se compromete a realizar los cambios de componentes mayores en su totalidad y de los componentes menores programados en los Mantenimiento Programado (**PM**); además de la ejecución de **backlog** (trabajo pendiente), reparaciones por garantía, aplicación de trabajos estratégicos de mejoras, reparaciones por accidentes y evaluaciones sugeridas por el área de monitoreo de condiciones, también, dar el soporte de monitoreo sobre las condiciones de los camiones 797F, soporte técnico, soporte de planeamiento y soporte logístico.

El cliente a su vez se compromete a realizar los PM, atención por correctivos en campo, cambio de componentes menores no programados, cambios de aceites, rellenos, lubricación, cambios de neumáticos, reparación de tolvas por soldadura, generación de backlogs, servicios adicionales limpieza, comunicación, aire acondicionado, además de dar los soportes de planeamiento, confiabilidad de equipos y supervisión de tareas como dueño del contrato.

Los procesos de mantenimiento en específico, enfocándose en los trabajos operativos y de planeamiento tienen muchísimo impacto en la disponibilidad y confiabilidad física de los camiones 797F, estos se ven reflejados en los indicadores de mantenimiento, controlados, registrados y reportados de manera diaria, mensual y anual para compararlos con indicadores de clase mundial y su variable de acuerdo a la negociación con el cliente como disponibilidad anual acumulada, lo mismo sucede con la confiabilidad (**MTBF**), los valores mensuales y su acumulado anual de la disponibilidad y confiabilidad son factores clave para





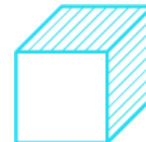
mantener los contratos de mantenimiento, monitoreo y logística, bajos indicadores son motivo de penalidades o rotura de los contratos.

Dentro de las actividades operativas y de planeamiento a cargo de Ferreyros la ejecución de los trabajos parte desde la planeación de las tareas valiéndose de los intervalos de mantenimiento programado, los cambios de componentes mayores, menores, correctivos, backlog y otros aprovechan estas paradas para su ejecución.

Los cambios de componentes mayores llevan un estricto control por PCR (programa de reparación de componente) y condición del componente, los backlog son programados dependiendo de su criticidad, las tareas correctivas no programadas dependen del análisis e inspección detallada de los inspectores de equipos en el taller (inspectores del cliente), las tareas por monitoreo son reportadas y programadas por los especialistas de monitoreo de condiciones, las tareas de mejoras del producto son recomendadas y programadas por los especialistas de flota, trabajos de cambio de componentes menores y reparaciones por accidente se coordinan con el cliente para su ejecución durante el PM.

Todas las tareas para la ejecución de un PM o cambio de componente se programan de acuerdo a la reunión de programación liderada por el planner Ferreyros, en dicha reunión se informa a todo el equipo de mantenimiento (supervisor cliente, planner cliente, analista de confiabilidad del cliente, inspector de mantenimiento cliente, supervisor Ferreyros, analista de monitoreo de condiciones Ferreyros, especialista de flota Ferreyros, jefe de planeamiento Ferreyros) sobre las tareas que se tienen lista para programar en su parada programada por PM, estas tareas deben contar con los repuestos en la operación confirmados por el área de logística, la cantidad de personal adecuada para la ejecución del plan y las horas de parada necesarias, además de sustentar la criticidad del mismo para su programación, al estar todo el equipo de trabajo de acuerdo, pasa a registrarse en el plan semanal, este plan una vez tiene aseguradas todas las tareas de las diferentes empresas (Ferreyros, Antapaccay y las empresas terceras contratistas) se envía por correo a todos

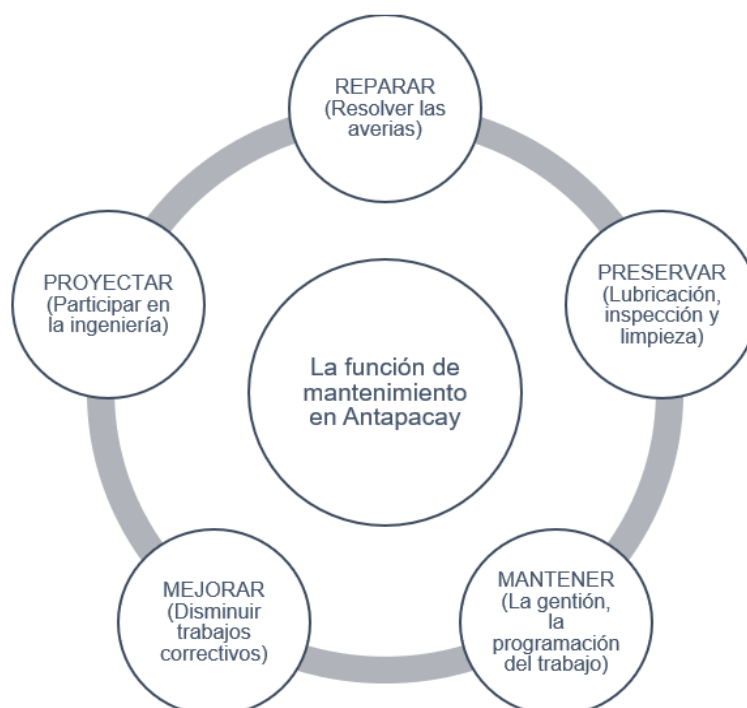




los involucrados, se adiciona las OT de cada tarea, las reservas por repuestos, los procedimientos, Gantt y documentación de seguridad ver flujograma para la elaboración de un plan de mantenimiento, “gráfico 1”.

Todo este proceso se puede mostrar de manera gráfica y resumida a través del plan de mantenimiento industrial que engloba todo lo antes indicado, “figura 5”.

**Figura 5**  
*Aplicación del Mantenimiento Industrial*

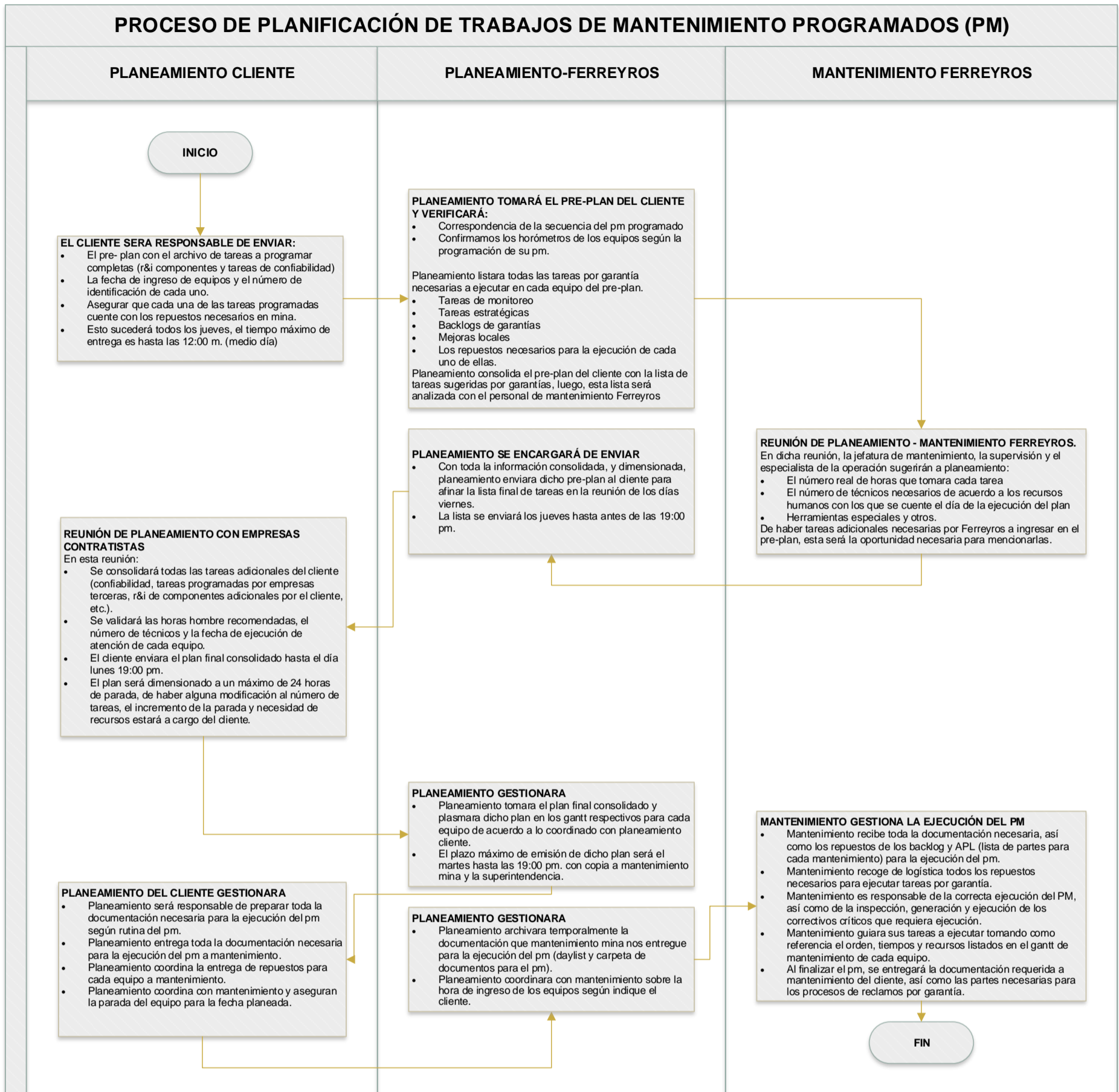


Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 1**  
Flujograma Elaboración del Plan de Mantenimiento



Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





El resultado de los procesos de mantenimiento aplicados a la operación minera a la fecha nos entrega una disponibilidad promedio anual inferior a 85% y una confiabilidad MTBF (tiempo medio entre fallas) acumulada anual por debajo de las 39 horas, solo el tiempo de reparación MTTR (tiempo medio para reparar) con 4.61 horas se encuentra dentro de los estándares de clase mundial, esto definitivamente nos indica que la disponibilidad y confiabilidad están por debajo de los indicadores de clase mundial según la metodología Caterpillar y el contrato de mantenimiento celebrado.

El tiempo medio de reparación (MTTR) que califica la destreza técnica del personal operativo nos indica que el problema no está relacionado a la calidad del soporte técnico, sus 4.61 horas usadas para reparar sustentan lo indicado.

El tiempo medio entre fallas (MTBF) que califica la confiabilidad de los equipos con apenas 38.39 horas nos indica que el camión para casi dos veces más que un equipo con KPI de clase mundial, “gráfico 2”.

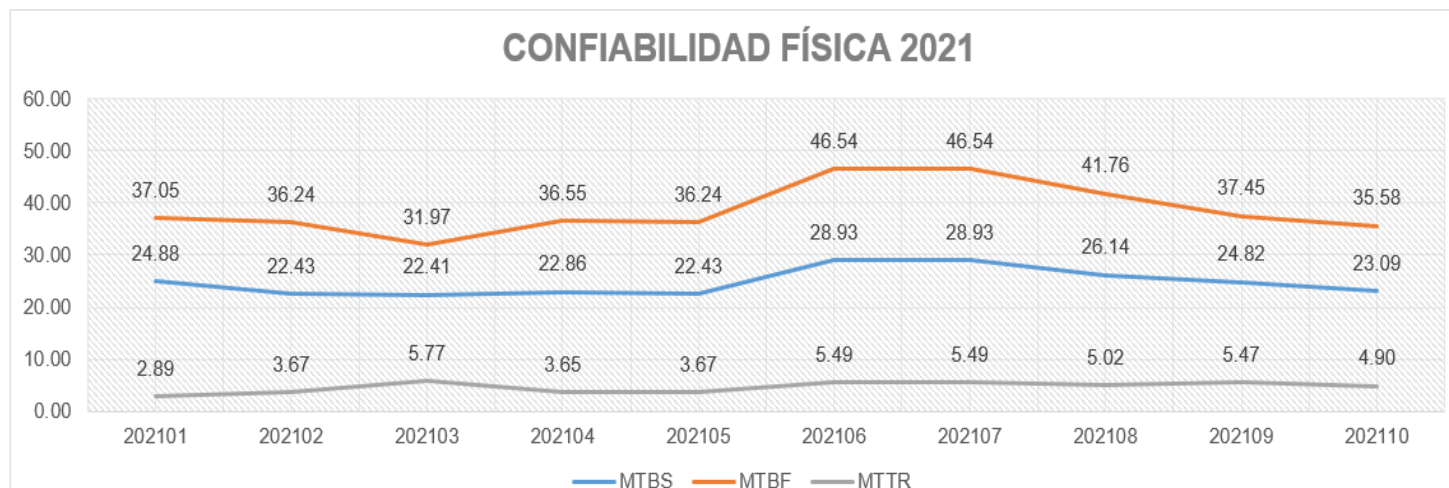






**Gráfico 2**

Indicadores de Confiabilidad Física Camiones 797F



			202101	202102	202103	202104	202105	202106	202107	202108	202109	202110	YTD
<b>FÍSICA</b>	<b>797F</b>	<b>MTBS</b>	24.88	22.43	22.41	22.86	22.43	28.93	28.93	26.14	24.82	23.09	<b>24.69</b>
		<b>MTBF</b>	37.05	36.24	31.97	36.55	36.24	46.54	46.54	41.76	37.45	35.58	<b>38.59</b>
		<b>MTTR</b>	2.89	3.67	5.77	3.65	3.67	5.49	5.49	5.02	5.47	4.90	<b>4.60</b>

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)



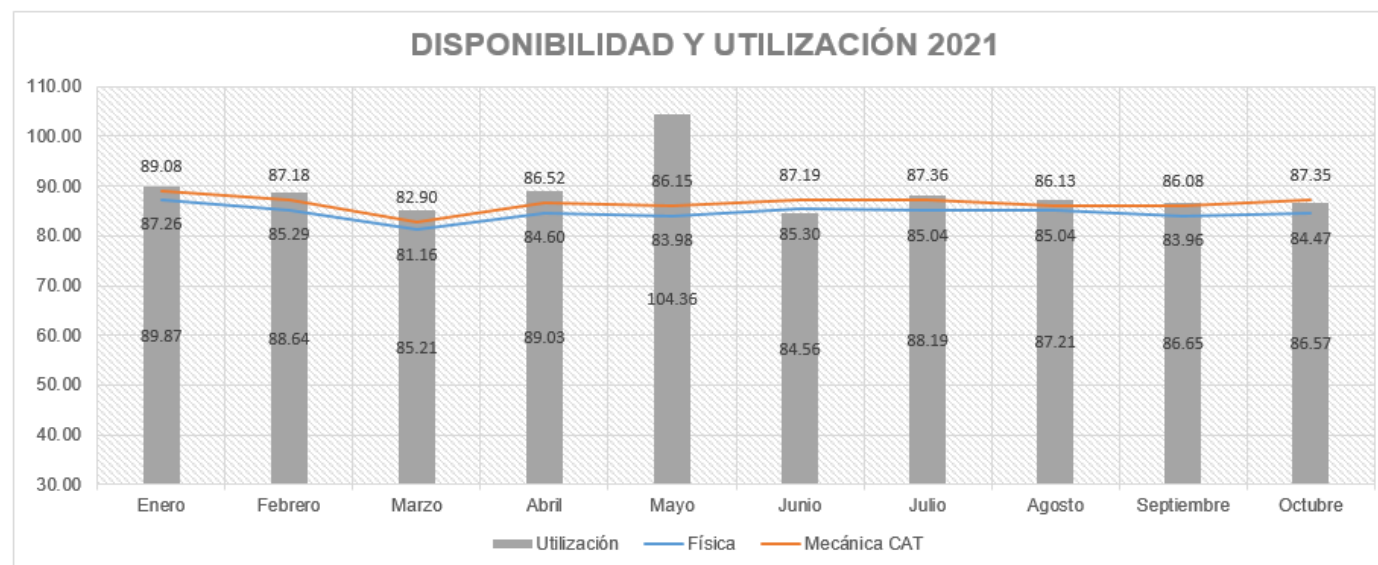




La disponibilidad de 84.56% acumulada a la fecha nos indica que el camión tiene en exceso 1,84% más indisponibilidad que la planeada para el año en curso, “gráfico 3”.

**Gráfico 3**

*Disponibilidad Física y Utilización Camiones 797F*



		2021										YTD	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		
ANTAPACCA Y	797F	Física	87.26	85.29	81.16	84.60	83.98	85.30	85.04	85.04	83.96	84.47	84.61
		Mecánica CAT	89.08	87.18	82.90	86.52	86.15	87.19	87.36	86.13	86.08	87.35	86.59
		Utilización	89.87	88.64	85.21	89.03	104.36	84.56	88.19	87.21	86.65	86.57	89.03

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

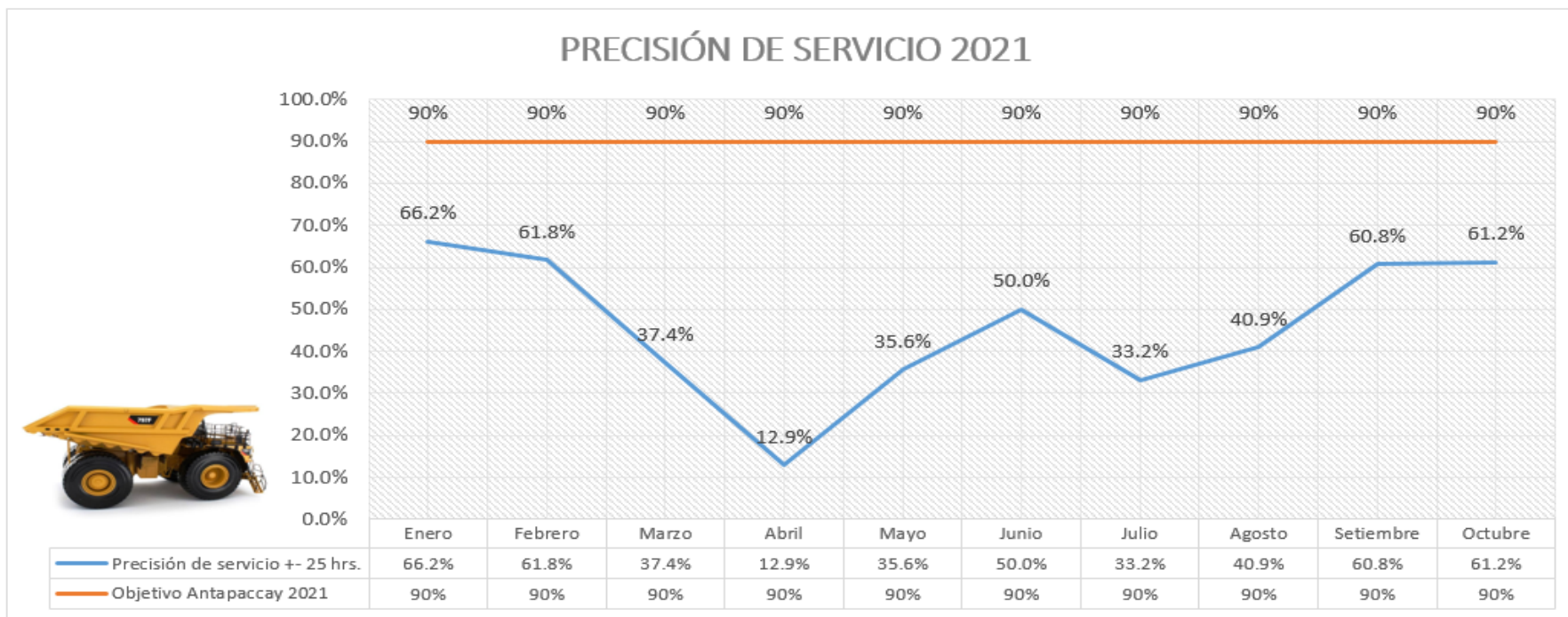




La precisión de servicio irregular que en ningún mes del año pudo llegar al target del 90% nos indica que el PM, el mantenimiento más importante para el camión no es prioridad para el cliente, “gráfico 4”.

**Gráfico 4**

*Precisión de Servicio de Mantenimiento 2021*



Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





El análisis de la indisponibilidad de los equipos nos indica que el mantenimiento no programado casi duplica al mantenimiento programado, la torta esta invertida si comparamos los resultados del mes de setiembre con indicadores de clase mundial, “figura 6”.

Lo mismo nos indica el registro de horas remanentes en el mes de setiembre, para alcanzar el 86.4% solo se debió usar 2448 horas, las fallas no programadas ocasionaron un exceso de consumo de horas de 341.98 horas., esto ocasiono la baja disponibilidad del mes de setiembre.

**Figura 6**  
*Indisponibilidad de Camiones 797F*



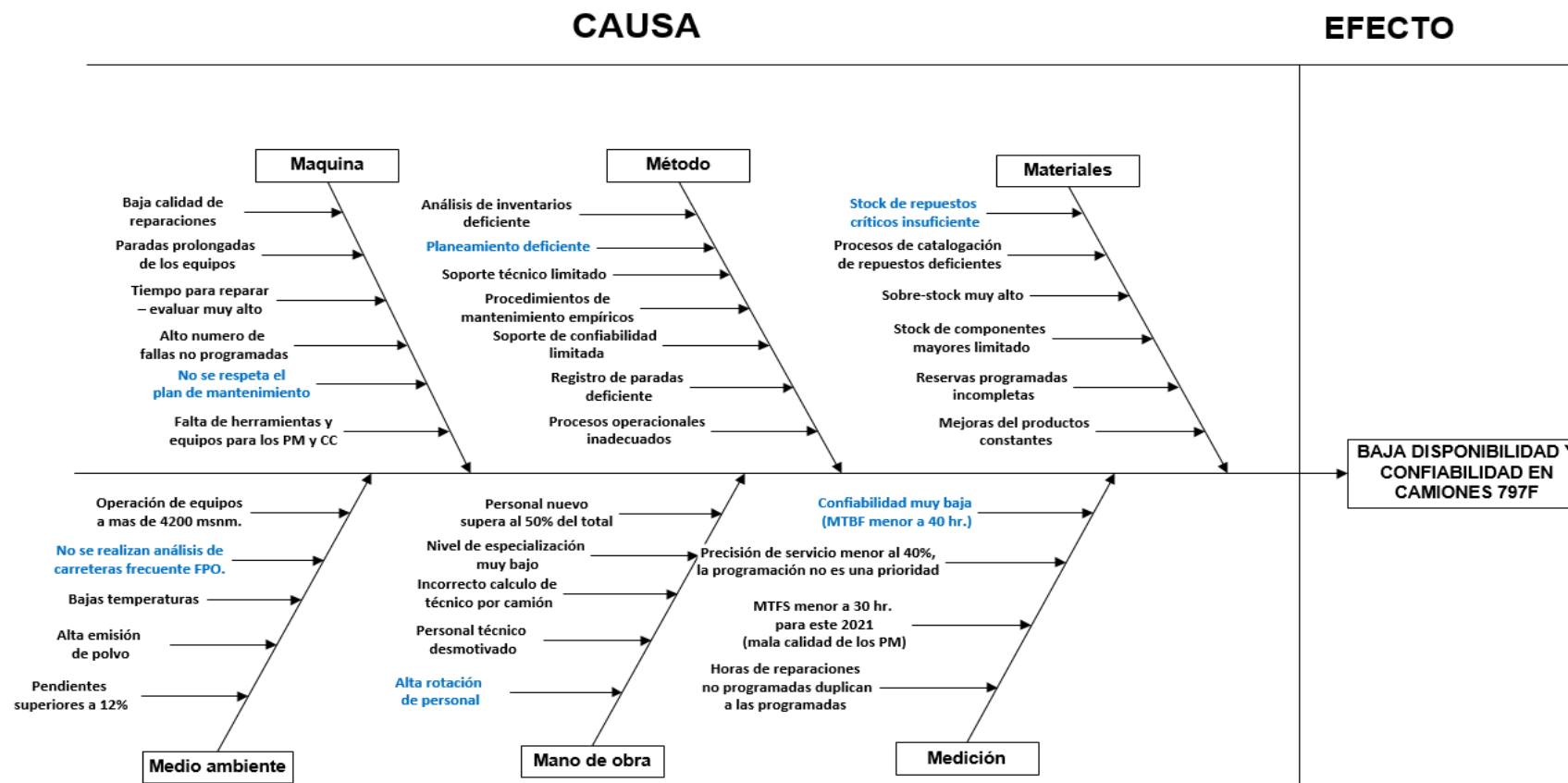
Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 5**

Análisis General del Problema Utilizando el Diagrama de Ishikawa



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





Para poder identificar el nivel de causas o efectos de la baja disponibilidad de los camiones 797F en Antapaccay, se utilizó el diagrama del Ing. Kaoru Ishikawa, como herramienta de calidad para el análisis general y alcanzar a identificar el problema principal, y posteriormente formular en base a un objetivo general la alternativa a solucionar con la mejora del proyecto, “gráfico 5”.

## **2.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Para la excelencia del mantenimiento, en base a la eficiencia del área de mantenimiento, que dé calidad, mejora en los costos de mantenimiento versus las ganancias, con un nivel de servicio óptimo en base a la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria. ¿Se alcanzaría la mejora en el proceso de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de camiones 797F en la operación minera Antapaccay?

## **2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Para la excelencia del mantenimiento, en base a la eficiencia del área de mantenimiento, que dé calidad, mejora en los costos de mantenimiento versus las ganancias, con un nivel de servicio óptimo en base a la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria, se alcanzaría la mejora en el proceso de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de camiones 797F en la operación minera Antapaccay planteándolos mediante el siguiente objetivo.

## **2.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

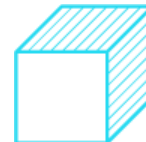
### **2.4.1. Objetivo general**

Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los camiones 797F en la operación minera Antapaccay.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Análisis y diagnóstico para la estrategia de la gestión del mantenimiento y organización del trabajo en equipo.





- Planificación y programación de las tareas del Mantenimiento Programado (PM).
- Mejoramiento de la confiabilidad y mantenibilidad de los camiones 797F.

Analizar la estrategia de mantenimiento implementada en la operación basada en la confiabilidad de los equipos, además de dividir el mantenimiento de la flota entre el cliente minero y la empresa Ferreyros S.A., ocasiona conflictos de responsabilidad sobre los resultados obtenidos.

Mejorar los procesos de mantenimiento desde la gestión de planeamiento, soportándose con las áreas de monitoreo de condiciones, soporte técnico, logística y el área de ejecución de tareas con el objeto de obtener mejores planes de mantenimiento que ataquen la causa raíz de la baja disponibilidad y confiabilidad.

Cuantificar los recursos necesarios para hacer más efectiva la ejecución de los planes de mantenimiento, es parte de la estrategia que se diseña y aplica en este momento en Antapaccay hasta alcanzar una mejor disponibilidad y confiabilidad sostenida.





## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO

##### 3.1.1. Antecedentes de la investigación

El siguiente trabajo de suficiencia profesional (TSP) se fundamenta en base a los principios de investigación realizados conforme o similar a la problemática de este trabajo, en concordancia con las siguientes investigaciones a nivel nacional.

De acuerdo a (Barrientos Medina, 2017) en su tesis realizada en la universidad San Ignacio de Loyola, que lleva por título:

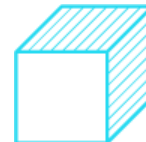
“Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF”, se indica lo siguiente.

Este trabajo de investigación se resume en la propuesta de una mejora en la gestión de mantenimiento usando la metodología de Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) enfocándose en los procesos de planificación mediante el involucramiento de los colaboradores participantes en dicho proceso.

Con la aplicación de la herramienta de calidad de mejora continua, para este caso del plan de mantenimiento, cumpliría un rol determinante el trabajo en equipo, porque las actividades que vienen a ser indispensables en el proceso de mantenimiento, el personal al ser un activo clave debe estar al nivel de las expectativas llámese al nivel de calidad y competitividad.

Incluimos además en nuestro TSP fundamentos de investigación en base a la tesis de (Maldonado Aymachoque, 2019) realizada en la universidad nacional del Callao que lleva por título:





“Plan de mantenimiento basado en la metodología: Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) para incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de minera Chinalco Perú”, que indica lo siguiente:

El presente trabajo tiene como objetivo la optimización de los planes de mantenimiento (gestión de planeamiento) para incrementar la confiabilidad de los camiones 797F (MTBF), de esta manera, disminuir el número de fallas de los equipos y elevar la disponibilidad para incrementar la operatividad que permita mayor acarreo de mineral de cobre.

Finalmente, nuestro TSP soporta algunos de sus conceptos en base a los fundamentos presentes en el trabajo de investigación de (Aqqepucho Sapacayo & Coaquira Fuentes , 2020) realizado en la universidad Antonio Ruiz de Montoya: “Propuesta de mejora basada en el método (RCM) para incrementar la disponibilidad mecánica de los camiones 797F en una unidad minera en la región Apurímac”, que indica lo siguiente.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo general: Desarrollar una propuesta de mejora en el área de mantenimiento basado en el método mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad mecánica de los camiones 797F en una unidad minera ubicada en la región Apurímac.

### **3.1.2. Bases Teóricas**

#### **a) Camiones mineros 797F**

El camión 797F tiene una capacidad de carga útil de 380 a 400 toneladas cortas (345 a 363 toneladas métricas) y un peso operativo de 1,375,000 libras (623,690 kilogramos). Este modelo es el camión más







grande de la extensa línea de camiones de obra Cat. El 797F tiene la distribución de carga útil más alta permitida de todos los camiones mineros según la metodología 10/10/20 de Caterpillar.

### **Características del 797F**

- **Alto rendimiento del motor El Motor C175-20:** CAT ofrece el equilibrio ideal entre potencia, diseño resistente y economía.
- **Servo transmisión:** El Control Electrónico de Presión del Embrague (ECPC) brinda al 797F siete cambios suaves de transmisión de velocidad mientras suministra una potencia y eficiencia constantes para un rendimiento máximo del tren de fuerza.
- **Sistema de impulsión mecánica fiable:** El tren de fuerza de impulsión mecánica CAT brinda una eficiencia de operación inigualable.
- **Frenado resistente** Los frenos CAT de discos múltiples, enfriados por aceite ofrecen un frenado excepcional, resistente al desgaste en todas las condiciones del camino de acarreo.
- **Carrocería del camión:** Una variedad de revestimientos y cajas fabricados y diseñados por Caterpillar garantizan rendimiento y fiabilidad óptimos en aplicaciones de minería exigentes.
- **Cabina cómoda:** La cabina grande y espaciosa ofrece una visibilidad inigualable y una comodidad excepcional para el operador.
- **Mayor facilidad de servicio de la máquina:** Diseñada con puntos de facilidad de servicio mejorados y ubicaciones de servicio agrupadas de manera tal que se destine más tiempo a estar en el camino de acarreo





El CAT 797 es el líder en su clase y continúa esta tradición con avances en seguridad, productividad, facilidad de servicio y comodidad. Ya sea transportando cobre, carbón, mineral de hierro, oro u otro material, el 797F ofrecerá el menor costo por tonelada. Combine las características del 797F con el incomparable respaldo del distribuidor y verá por qué más personas eligen los camiones mineros CAT para sus necesidades de producción, “figura 7”.

**Figura 7**  
Camión 797F

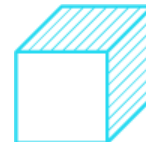


Fuente de elaboración (Caterpillar, 2021)

**b) Mantenimiento preventivo**

Es el manteniendo que revisa de forma programada y sistemática con criterios específicos el estado de los equipos para evitar fallas debido a su uso.





### **c) Mantenimiento correctivo**

Se refiere en específico a los mantenimientos no programados que debe ejecutarse en los PM o como parada no programada debido a la criticidad que representa, un correctivo por lo general termina como una reparación o evaluación no programada.

### **d) Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento preventivo es el resultante del seguimiento que se le hace a los diferentes componentes y sistemas del equipo (tendencias, eventos eléctricos o de sistema, histograma, snapshot, datalogger, filtro-grafía, ferro-grafía, reportes SOS, etc..), dicho seguimiento nos permitirá anticiparnos a una condición o falla crítica y dicha tarea puede ser programada, atendándose la misma sin necesidad que se le considere como un correctivo o parada no programada.

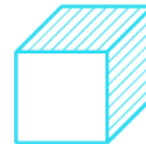
### **e) Mantenimiento de oportunidad**

Este tipo de mantenimiento se da cuando el equipo se encuentra en standby (no malogrado y la parada no se considera como indisponibilidad por mantenimiento), por lo general usamos los tiempos de paradas por exceso de camiones en la ruta y los equipos pasan a standby, las paradas por almuerzo o los cambio de guardia, el tiempo es aprovechado para corregir algún evento menor, realizar inspecciones para generar backlog, o tomar muestras de aceite, tapones magnéticas y rejillas para el seguimiento del área de confiabilidad.

### **f) Mantenimiento proactivo (tareas estratégicas)**

Su finalidad es el de detectar en el momento preciso alguna falla o desgaste que pueda dañar los componentes o el mismo equipo de manera anticipada, depende mucho del monitoreo de los mismos y la información que se obtiene de las experiencias de otras operaciones con equipos similares y que ya han reportado fallas en los componente de maquina (falla prematura en eje de levas por desgaste prematuro), como





consecuencia, se pueden programar como **tareas estratégicas** de inspección, seguimiento, calibración o ajuste, además de otras medidas correctivas que puedan ejecutarse para evitar que esta condición reportada por otras operaciones se manifieste en Antapaccay.

#### **g) Tiempo promedio entre fallas (MTBF)**

Es el tiempo promedio que un camión puede funcionar sin interrupción sin presentar una falla (cuan confiable es el equipo después del mantenimiento), por lo general debe ser superior a 80 horas para poder considerarse de clase mundial.

#### **h) Tiempo promedio para reparar (MTTR)**

Es el tiempo promedio que se usa para reparar alguna falla presente en algún camión (de cuanta destreza, capacitación o recursos humanos cuenta Ferreyros – Antapaccay), por lo general debe mantenerse entre 4 y 6 horas para considerar un tiempo de clase mundial.

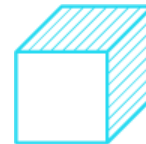
#### **i) Disponibilidad física**

La capacidad de los camiones para estar operativos y listos para trabajar sin importar si estos se encuentran en standby u operaciones mina reporta una parada operacional, por lo general esta debe mantenerse por encima del 86.4% para poder cumplir el contrato de mantenimiento y superar el 89% para considerar una disponibilidad de clase mundial.

#### **j) Tiempo promedio de la primera falla después del PM (MTFS)**

La primera parada después del mantenimiento, mide la eficiencia y capacidad técnica del personal asignado al mantenimiento, también nos indica si las tareas programadas para dicho PM fueron las correctas y necesarias para darle operatividad y confiabilidad a los camiones, se espera que el equipo no tenga paradas hasta antes de su inspección o relleno de aceite programado a las 250 horas.





### **k) Precisión de servicio**

Se define como el porcentaje de PM en un intervalo de tiempo programado para los mismos (500 horas como base de intervalos de mantenimiento para Antapaccay), respecto al total de PM realizados, por lo general se espera que supere el 90% o la variable de +-24 horas. antes de que el equipo alcance las 500 horas.

### **l) Plan de mantenimiento**

Se denomina a un plan de mantenimiento como el conjunto de tareas (evaluaciones, reparaciones o cambio de componentes) de manera preventiva que debemos ejecutar en un camión 797F.

## **3.1.3. Bases Normativas**

### **A. Procedimiento elaboración, gestión y control del plan de cambio de componentes para camiones 797F**

#### **Objetivo**

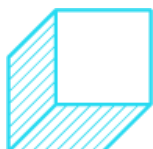
El siguiente procedimiento tiene por objetivo definir todas las actividades necesarias para la ejecución del plan de cambio de componentes mayores y menores en el mediano y largo plazo para Antapaccay.

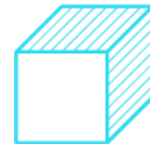
#### **Alcance**

El procedimiento aplica desde la revisión del plan de cambio de componentes de manera trimestral, seguimiento mensual y ejecución diaria del mismo.

#### **Generalidades normativas y/o referencias**

- El Planner Central tiene asignada una o más operaciones mineras y es el responsable de la planificación y seguimiento de los cambios de componentes mayores.





- Los encargados del área de Adquisición y Demanda de Repuestos y de Componentes; Talleres; Servicios e Ingeniería de la división de Soporte al Producto; así como también los encargados de la operación minera (área de planeamiento) (División Gran Minería) tienen como responsabilidad descargar y analizar, en la última semana de cada mes, el reporte de “**Proyección Componentes**” generada de forma automáticamente por el sistema SIGMA, para asegurar la disponibilidad de repuestos y recursos para las reparaciones.
- El área de Planificación Central es responsable de asegurar que la programación anual y los **Standar Jobs** se encuentren correctamente actualizados, para que el área de Logística pueda realizar la proyección y adquisición de repuestos de manera anticipada (para la remoción e instalación de componentes), así como para la reparación de los mismos en caso de ser confirmados.

## **B. Procedimiento de planificación de trabajos a corto plazo en operaciones mineras**

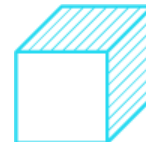
### **Objetivo**

Este procedimiento tiene por objetivo definir las actividades a seguir para la correcta ejecución de los trabajos a realizarse en el corto plazo (semanal o diario) en Antapaccay.

### **Alcance**

El presente procedimiento aplica desde el registro de horómetros hasta la gestión y entrega de los trabajos programados según rutina o estrategia de PM al área de Mantenimiento para su ejecución.





### **Generalidades normativas y/o referencias**

- Procedimiento para la gestión de cotizaciones en campo.
- Procedimiento para elaboración, gestión y control del plan de cambio de componentes.
- Procedimiento para la atención de órdenes de servicio con repuestos.
- Procedimiento de gestión de envío de componentes a reparar en talleres de Ferreyros.
- Procedimiento para la gestión y aplicación de mejoras de productos en operaciones mineras y talleres.
- Procedimiento para la gestión y aplicación de mejoras en componentes nuevos.
- Procedimiento para la gestión y aplicación de mejoras en equipos nuevos.
- Procedimiento para la gestión de monitoreo de condiciones.

### **C. Norma para la aplicación de mejoras de producto en operaciones mineras y talleres**

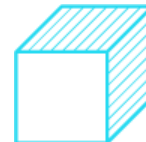
#### **Objetivo**

La presente norma tiene como objetivo establecer los lineamientos a seguir para la correcta aplicación, seguimiento y control de las mejoras que se requieren en los componentes de las flotas CORE (flota principal) identificados en los Service Letter, Service Magazine, BITM y programas de soporte que deberán ser reparados en las operaciones mineras y talleres de Ferreyros.

#### **Alcance**

La presente norma interna aplica desde el registro y creación de backlogs de mejoras en AMT para las flotas CORE hasta su aplicación y/o cierre en mina.





## Referencias

- Adicionar un nuevo documento en la librería del AMT.
- Abrir ordenes de trabajo en AMT.
- Asignar estado de abandonado backlogs de mejoras.
- Autorizar el backlog de mejora para aplicación.

## **D. Procedimiento para la elaboración de indicadores de mantenimiento y confiabilidad**

### Objetivo

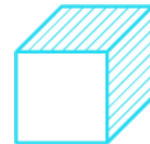
Establecer las variables, reglas y fórmulas para los indicadores de mantenimiento y confiabilidad de cada operación minera de la División Gran Minería en base a todos los eventos cargados al sistema SICA.

### Definiciones

- **Archivo dispatch:** Es el archivo en formato Excel, CSV, DAT que comparte el cliente con el personal de nuestra operación, el cual contiene todos los eventos que han ocurrido en un periodo de tiempo de cada equipo. El archivo dispatch contiene el nombre del equipo, hora de inicio de evento, horas o minutos que duró el evento, comentario, día del evento, comentario y tipos de eventos: paradas de mantenimiento. (programadas / no programadas) demoras standby producción u operación demoras de producción u operacionales.
- **Parada Valida:** una parada valida es todo evento de mantenimiento que se considera que afecta a la disponibilidad física. Puede ser programado o no programado.
- **Parada Física:** Una parada física es toda parada valida que no cuenta con una parada consecutiva anterior valida, no es una



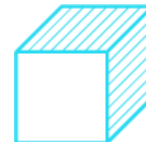




demora, ni error de clasificación del cliente, por ejemplo, puede haber 3 paradas validas pero las 3 pertenecen solo a 1 parada física o si la diferencia entre 3 paradas validas es menor a 5 segundos, se considera consecutiva por lo tanto el segundo o tercer evento no se contara como parada física.

- **Parada Consecutiva:** Son todas las paradas que son continuas a una parada física, y la diferencia entre la anterior es menor o igual a 5 segundos.
- **Demora:** Es un tipo de clasificación de paradas, donde el cliente clasifica la demora programada el evento.
- **Demora Operacional:** Es un tipo de clasificación de paradas, donde el cliente clasifica la demora no programada operacional, la cual es considerada como Horas Operativas, pero no Horas Efectivas.
- **Parada Programada:** Es una parada valida de mantenimiento que el cliente clasifica como parada programada, y las lógicas de sistema SICA verifica si el archivo contenga un error de clasificación.
- **Parada No Programada:** Es una parada valida de mantenimiento que el cliente clasifica como parada no programada, y las lógicas de sistema SICA verifica si el archivo contenga un error de clasificación.
- **Parada de Contrato:** Es una parada física, que según la clasificación de una columna conciliación "MARC" o "NO MARC" se clasifica si es una parada de contrato.
- **Parada Mecánica:** Es una parada física, que según la clasificación de una lista de palabras se considera como una parada mecánica.





## Variables e indicadores

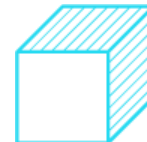
- **Tiempo de horas calendario**, es la suma de todos los eventos en un periodo de tiempo. El cálculo fijo es:

$\text{Cantidad Equipos} * \text{Número de días del periodo} * 24.$

Por ejemplo: En la operación Toquepala tenemos 4 equipos 777D, deseamos obtener el tiempo de horas calendario del mes de enero:  $(4 \text{ equipos}) * (31 \text{ días}) * (24 \text{ horas}).$

- **Tiempo de horas de mantenimiento contrato**, es la suma en horas de todas las paradas válidas contrato y afectan a la disponibilidad contractual, deben contener en la columna “conciliación”: - MARC - NO MARC, la disponibilidad contractual se obtendrá con todos los eventos que son paradas físicas excluyendo los que contengan la palabra “NO MARC” en la columna conciliación.
- **Tiempo de Horas de Mantenimiento Mecánicas**, es la suma en horas de todas las paradas válidas mecánicas y afectan a la disponibilidad mecánica, deben cumplir con las siguientes lógicas:
  - Lubricación/engrase programado.
  - Re-torqueo/inspección llantas.
  - Descarga de información equipos.
  - Chequeo mantenimiento.
  - Mantenimiento de oportunidad.
  - Sin acceso para atención equipo.
  - Espera por técnico mantenimiento - mantenimiento por accidente.
  - Corte de energía externo.

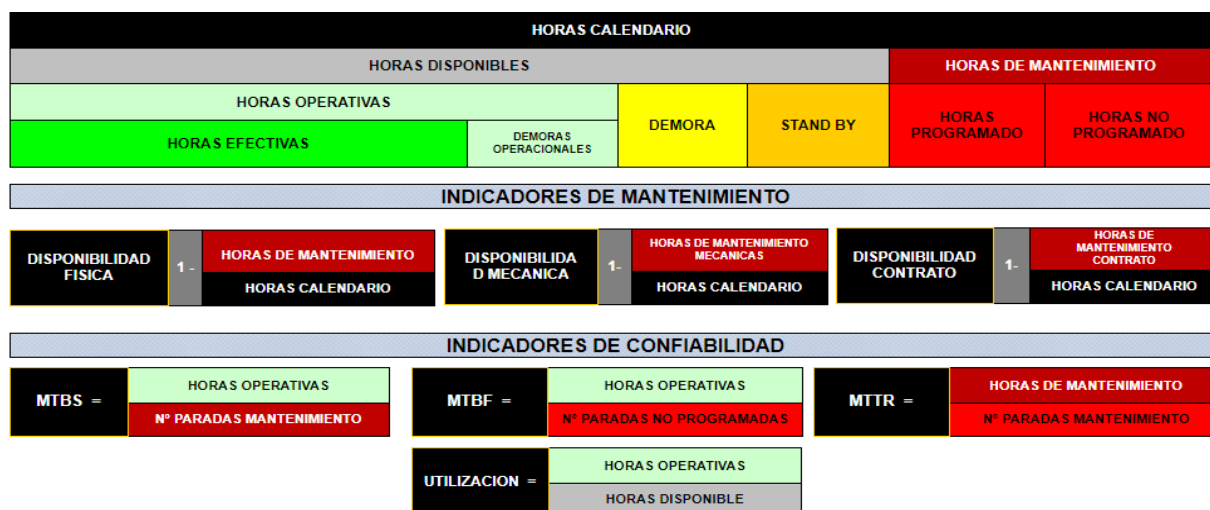




- Paradas No Programadas (Fallas) FÍSICA, la cantidad de paradas no programadas es usado para el cálculo de MTBF y MTTR física, todas las paradas que son físicas no consecutivas deben ser contabilizadas para estos indicadores.
- Paradas No Programadas (Fallas) MECÁNICAS, la cantidad de paradas no programadas es usada para el cálculo de MTBF y MTTR mecánicas, todas las paradas que son físicas no consecutivas no se consideran una falla o que implique un problema de la propia máquina, por lo que el sistema realiza la siguiente exclusión, es decir, se excluye de las paradas no programadas a las paradas que no son falla.
- Paradas No Programadas (Fallas) CONTRATO, la cantidad de paradas no programadas es usada para el cálculo de MTBF y MTTR contrato, todas las paradas que son físicas no consecutivas y que contengan en la columna conciliación MARC, ver “figura 8” fuente de las fórmulas de los indicadores.

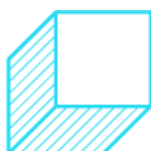
**Figura 8**

*Fórmulas de Indicadores de Mantenimiento GM*



\* Formulas para el cálculo de indicadores de Mantenimiento y Confiabilidad.

Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





### 3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para poder tener una idea de cómo se encuentra la operación Antapaccay, y proceder a plantear mejoras en sus diferentes procesos, procederemos a analizar toda la data recopilada de los últimos dos años referidas en específico a la disponibilidad, confiabilidad y la variabilidad de la estrategia de mantenimiento asumida por la operación minera, la misma será comparada con el target acordado en los últimos contratos de mantenimiento celebrados con el cliente.

De acuerdo a la situación actual tanto en disponibilidad, confiabilidad, precisión de servicios, ejecución de tareas y otras actividades en los 797F, observamos que el método ideal a aplicar sobre la gestión de mantenimiento actual de Antapaccay es la metodología PMO (Planned Maintenance Optimization), pues esta metodología pone especial atención en la investigación aplicada a la resolución práctica de problemas y la optimización del planeamiento con los recursos actuales, debemos acotar que la metodología actual en la operación basa muchos de sus procesos en la confiabilidad de los componentes usando el método RCM, se tomó lo mejor de esta metodología en el proceso de implementación del PMO.

Iniciamos el desarrollo del trabajo indicando que los procesos de mantenimiento en Antapaccay han caído en el denominado ciclo vicioso del mantenimiento reactivo, “figura 9”.





**Figura 9**  
*Ciclo Vicioso del Mantenimiento Reactivo*



Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

La metodología a aplicar PMO consta de 9 pasos que iremos alineando a los objetivos del TSP de esta manera iremos desarrollando el proyecto con la información recopilada.

- Paso 1 Recopilación de Tareas
- Paso 2 Análisis de Modos de Falla (FMA)
- Paso 3 Racionalización y Revisión del FMA
- Paso 4 Análisis Funcional (Opcional)
- Paso 5 Evaluación de Consecuencias
- Paso 6 Definición de la Política de Mantenimiento





- Paso 7 Agrupación y Revisión
- Paso 8 Aprobación e Implementación
- Paso 9 Programa Dinámico

### 3.2.1. Desarrollo del primer objetivo específico

Análisis y diagnóstico para la estrategia de la gestión del mantenimiento y organización del trajo en equipo.

- **Recopilación de la información 2020 – 2021**

**Lugar del estudio:** El trabajo de investigación se desarrolló en la operación minera Antapaccay, ubicada en la provincia de Espinar, Cusco, a 4100 m.s.n.m.

**Población de equipos:** La operación Antapaccay tiene un parque de 25 camiones 797F con motor C175-20, las horas de servicio acumuladas de los camiones es muy variable desde los 23000 hasta los 68000, en consecuencia, la programación de tareas y cambio de componentes es muy variable para cada camión, la duración de PM según el tipo de PM que toca a cada camión también es variable y el cálculo de la indisponibilidad por tareas programadas debe ser ajustada cada mes, “figura 10”.





**Figura 10**  
*Parque de Camiones 797F Antapaccay*

ANTAPACCAY		
EQUIPOS	HOROMETROS	797F
31-01_ACY	68981	
31-02_ACY	68390	
31-20_ACY	45549	
31-21_ACY	46611	
31-22_ACY	45867	
31-23_ACY	46263	
31-24_ACY	46426	
31-25_ACY	47165	
31-26_ACY	45684	
31-27_ACY	45947	
31-28_ACY	45163	
31-29_ACY	43795	
31-30_ACY	40206	
31-31_ACY	40364	
31-32_ACY	39395	
31-33_ACY	36433	
31-34_ACY	40022	
31-35_ACY	39695	
31-36_ACY	33294	
31-37_ACY	30956	
31-38_ACY	29452	
31-39_ACY	23109	
31-40_ACY	39674	
31-41_ACY	19348	
31-42_ACY	19867	

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

### Técnicas e instrumentos para la recopilación de la información

**a) Técnicas:**

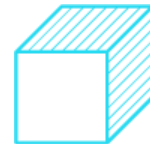
- Procesamiento y análisis de datos.

**b) Instrumentos:**

- Asset Management (AMT)
- Procesador de información (Sigma Gran Minería)
- SAP Business Client
- Data Analysis and Reporting Integrated System (DARIS)
- Minestar Health Caterpillar
- Sistema de información Caterpillar (SIS2 CAT)

**Generación de backlog:** Las tareas de inspección y generación de backlog se realizan durante los PM, la realiza un técnico inspector





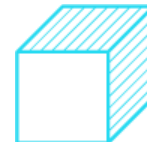
responsables también de la calidad de dichos backlogs, las inspecciones se realizan de manera programada según el PM respectivo, los sistemas a inspeccionar están separados de esa manera los inspectores generan tareas de ajustes, reparación o cambio de componentes según el detalle en el formato de backlog, “figura 12”.

La aceptación de los backlog respecto al correcto ingreso de la información y la calidad del mismo la tiene el supervisor de mantenimiento, ya que el cliente está a cargo de la generación de backlog, el supervisor de Antapaccay es el responsable directo de la calidad de los backlog programado.

Los backlog por garantías están a cargo de Ferreyros y las realiza el personal de mantenimiento y la responsabilidad de la calidad de los mismos recae sobre el supervisor de mantenimiento Ferreyros, “figura 11”.



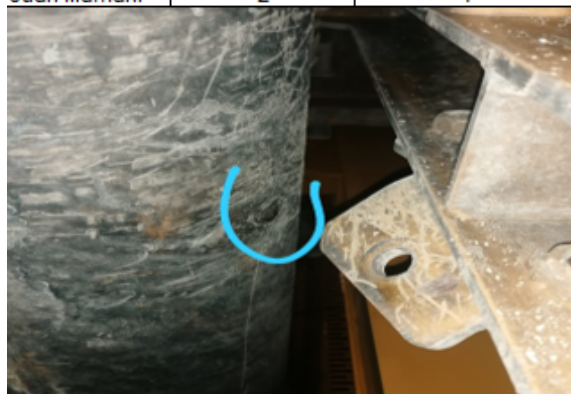




**Figura 11**  
Formato de Backlog Antapaccay

<b>PRIORIDAD</b>	<b>CORRECTIVO</b>	<b>FECHA</b>	31/07/2021
<b>EQUIPO</b>	<b>MODELO</b>	<b>NÚMERO DE SERIE</b>	<b>HORÓMETRO</b>
3127	797F	LAJ00545	
<b>SÍNTOMA</b>	Fuga de aire	<b>DESCRIPCIÓN</b>	Se encuentra tubería dañada por rozamiento (tubería salida de filtros de aire RH LADO RH)
<b>CAUSA</b>	Mal mantenimiento	<b>DESCRIPCIÓN</b>	Fugas de aire y fallas mecánicas causados por falta de abrazaderas.
<b>COMENTARIO SOBRE LA CAUSA RAÍZ DE LA FALLA</b>		Tener en cuenta que tanto las mangueras como tuberías tienen que estar bien ruteadas y protegidas, ya que estas podrían ocasionar deterioro de las mismas y producir fugas tanto hidráulicas como aire.	
<b>¿TRABAJO A REALIZAR?</b>		Colocar abrazaderas y dejar bien sujetas las tuberías	
SOLICITUD DE REPUESTOS			
ITEM	QTY	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN
1	2	8X-3635	Banda
2	2	291-1412	Abrazadera AS
3	2	291-1442	Abrazadera AS
4	2	291-1443	Plate
5	2	6V-7744	Tuerca de bloqueo
6	6	7X-7729	Washer
7	4	329-3557	Nut
8	2	8T-4178	Bolt
9	2	291-1442	Clamp AS
10	1	9X-6605	U-Bolt
11	2	8T-4133	Nut

NOMBRE	# TEC. MEC	HORAS MÁQUINA
Juan Mamani	2	4



Fuente elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)






**Figura 12**  
Formatos de Inspección de Camiones 797F

**INSPECCIÓN MECÁNICA 797F**

Responsable: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Horómetro: \_\_\_\_\_



CAMIÓN CAT 797F



LADO DERECHO DEL EQUIPO		OK	OBSERVACIONES
1	Acumuladores de dirección. (fugas de aceite en líneas / soportes / rozamiento de líneas / sujeción de sensores y harnes).		
2	Válvula de alivio y solenoide de dirección (verificar fugas de aceite, rozamiento de líneas , ajuste de clamp).		
3	Suspensión del. Rh (revisar fuga de aceite por vástago, válvula de alivio de grasa / pernos de sujeción sueltos o faltantes / fisuras).		
4	Rueda del. Rh (fugas de aceite por el duo cone, paquete de frenos, mangueras y tuberías, respiradero, tapa de llenado).		
5	Filtro de retorno de enfriamiento de frenos y filtro retorno carcasa bomba. fan (fugas de aceite / rozamiento de líneas y tuberías / sujeción de harnes eléctrico).		
6	Manifold de grasa Rh, (revisar fugas de grasa, rozamiento de mangueras, estado de clamp de mangueras).		
7	Enfriadores de frenos delanteros y posteriores (fugas de aceite / rozamiento de mangueras y tuberías / soportes rotos y sueltos / clamp sueltos o faltantes).		
8	Tanque hidráulico los 4 lados (fugas de aceite por tapas , gasket, líneas, tuberías , filtros, motor hidráulico, rejillas / rozamientos de líneas y tuberías / figuras en soporte , brackets / pernos y clip suelto o faltantes / sujeción de harnes eléctricos, conectores y sensores).		
9	Cilindro de levante Rh (fugas de aceite por el vástago, líneas / fugas de grasa por líneas / rozamiento de líneas / fisuras en los soportes / pines superior e inferior / sujeción de clip y clamp).		
10	Mando final Rh (fugas de aceite duo cone , paquete de frenos , mangueras de freno y tuberías de enfriamiento / pernos de sujeción sueltos o faltantes).		
LADO POSTERIOR DEL EQUIPO		OK	OBSERVACIONES
11	Cilindro de suspensión posterior Lh y Rh (fugas de aceite por vástago / verificar altura / verificar lubricación de pines superior e inferior / sujeción de harnes, conectores, sensores / rozamientos de líneas o fugas).		
12	Bota piedras Rh y Lh (estado de soportes, pernos sueltos).		
13	Lubricación manual de los pines superiores e inferiores de las suspensiones.		
14	Manifold y líneas grasa posterior (fugas de grasa / rozamiento de líneas / sujeción de clamp).		
15	Sistema ciods (revisar rotura de micas de los sensores y cámara, soportes rotos o sueltos).		
16	Pines pivot de tolva Rh y Lh, torque de pernos de seguros de pin: 175 +/- 30 Lb/Pie (exceso o falta de grasa / juegos / seguros de pines / líneas de grasa). <b>Revisar seguros de cables de retención de tolva.</b>		
17	Diferencial (fuga de aceite en sello anclaje, tapas / pernos faltantes o flojos / estado de harnes, puentes, rozamiento, sujeción de conectores y sensores / fisuras o fugas en el housing).		
18	Válvula bypass ,filtro de aceite de diferencial y mandos finales (fugas, líneas, rozamientos, harnes).		
19	Housing de diferencial (verificar fugas de aceite o fisuras).		
20	Chasis posterior. (verificar fisurar chasis y soportes posteriores).		



LADO IZQUIERDO DEL EQUIPO		OK	OBSERVACIONES
21	Mando final Lh (fugas de aceite duo cone , paquete de frenos , mangueras de freno y tuberías de enfriamiento / pernos de sujeción sueltos o faltantes).		
22	Cilindro de levante Lh (fugas de aceite por el vástago, líneas / fugas de grasa por líneas / rozamiento de líneas / fisuras en los soportes / pines superior e inferior / sujeción de clip y clamp).		
23	Tanque combustible los 4 lados (fugas en toma rápida, mirillas de nivel y tanque / rozamiento de líneas / fisuras en soportes superiores e inferiores / estado del sensor de nivel).		
24	Verificar fisuras en el chasis de ese lado.		
25	Filtros primarios de combustible separadores de agua (fugas, rozamiento de líneas , soportes).		
26	Filtro de retorno de enfriamiento de frenos y líneas / tuberías hidráulicas (fugas de aceite / rozamiento de líneas y tuberías / sujeción de harnes eléctrico / estado de soportes de tuberías ).		
27	Rueda Lh (fugas de aceite por el duo cone, paquete de frenos, mangueras y tuberías de frenos y enfriamiento, respiradero, tapa de llenado).		
28	Suspensión delantera Lh (revisar fuga de aceite por vástago, válvula de alivio de grasa / pernos de sujeción sueltos o faltantes / fisuras).		
29	Manifold de grasa (rozamiento de líneas de grasa, fugas de grasa, estados de clamp de sujeción).		
30	Verificar estado de los tanques y los secadores de aire (fugas aire, rozamiento de líneas).		
31	Mangueras de llenado rápido (verificar fugas de aceite, rozamiento de líneas, ajuste de clamp).		
32	Válvula de control y filtro de dirección (fuga de aceite, rozamiento de líneas / abrazaderas o clip faltantes).		
33	Líneas de bomba metering dirección (fugas de aceite / rozamiento de líneas / pernos, clamp y soportes rotos o sueltos).		
PARTE INFERIOR DEL EQUIPO		OK	OBSERVACIONES
34	Cilindros de dirección Rh y Lh (fugas por vástago, rozamientos de líneas, fuga por sellos).		
35	Verificar arm center (juego exceso o falta de grasa, pernos rotos o flojos, líneas de grasa, desgaste de pin).		
36	Convertidor (fisuras en guarda inferior, fugas por válvulas de alivio y filtro , fuga del seal lip del yoke, rozamiento de tuberías y mangueras).		
37	Bomba de convertidor y transmisión (rozamiento líneas, fugas, clamp, pernos faltantes).		
38	Cardan principal (pernos flojos, faltantes / fisuras / guardas / estado de crucetas).		
39	Mando bombas. (pernos anclaje sueltos o faltantes, fisuras / fugas de aceite).		
40	Bombas de dirección, fan, levante y frenos / rax (fugas testigo, anclaje, cuerpo, rozamiento líneas, tuberías / estado de clamp).		
41	Enfriadores de transmisión y dirección (soporte, rozamientos de líneas, pernos faltantes, fugas en líneas).		
42	Válvula de levante (verificar pernos de sujeción, rozamiento de líneas, fugas , sujeción harnes eléctrico, fisuras soporte).		
43	Filtro de frenos y mangueras hidráulicas (soporte, rozamientos de líneas, pernos faltantes, fugas, sujeción de harness eléctrico).		
44	Transmisión (fugas en líneas, rozamientos de líneas , fugas en las rejillas y filtros, fugas en el seal lip del yoke, fugas en válvulas de alivio y pernos de sujeción sueltos o faltantes).		

Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





**Tareas de monitoreo de condiciones:** Las tareas de monitoreo de condiciones o confiabilidad se categorizan según su criticidad en Eventos con niveles de atención de menor a mayor como se indica a continuación:

- Nivel 1 (amarilla)
- Nivel 2 (naranja)
- Nivel 3 (roja)

Estas tareas se recopilan para posteriormente registrarse en el plan semanal de mantenimiento, la herramienta informática DARIS se usa para el análisis, registro, seguimiento y emisión de tareas en interacción con AMT y SAP, “figuras 13, 14”.

La emisión, calidad, registro y coordinación de las tareas de monitoreo para su ejecución en las reuniones de programación están a cargo del Analista de Monitoreo Central.







**Figura 13**  
Dashboard de Alerta de Eventos DARIS



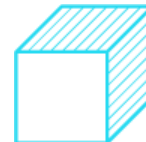
Fuente elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)

**Figura 14**  
Dashboard de Alerta de Tendencias DARIS



Fuente elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





**Estrategia de planeamiento:** Las tareas de cambio de componentes se programan fuera de la programación semanal de mantenimientos PM, estos cambios de componentes mayores o menores se registra como una parada programada por cambio de componentes.

La estrategia de la programación del PM está dividida en 6 pasos de 500 horas cada uno con intervalos de 250 horas para los pre-PM, el ciclo total de mantenimiento es de 3000 horas de trabajo, los PM van alineados a estos pasos y las tareas de mantenimiento recomendadas por Caterpillar, así como las tareas sugeridas por el área de confiabilidad, las tareas estratégicas propuestas por el área de soporte técnico, cambio de componentes mayores y menores según su programa, backlog y correctivos reportados durante el mantenimiento. mostramos la siguiente tabla donde se detalla dicha estrategia y se toma en cuenta el intervalo de mantenimiento recomendado por Caterpillar, “tabla 3, 4”.

Los planes de componentes mayores y menores se controlan mediante una tabla en Excel que es alimentada manualmente por el personal de planeamiento “tabla 5”.

Las tareas diarias de mantenimiento se manejan mediante un formato en Excel impresa llamado Daylist “figura 15”, este se llena de manera manual y está a cargo del líder o supervisor de la tarea.





**Tabla 3**

Consolidado de Frecuencia de Mantenimiento y Materiales 1 de 1

RELACIÓN DE MATERIALES PARA SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - POR RUTINA						797F CAT						
797F-3101 AL 797F-3142						PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	OBSERVACION
IT.	REPUESTO / MATERIAL	SISTEMA	CANT.	UNIDAD SAP	P/N	500	1000	1500	2000	2500	3000	
01	SECADOR DE AIRE	MOTOR D.	02	C/U	190-0760						X	
02	RESPIRADERO T/C - XMSN - DIRECCION - LEVANTE Y FRENOS	TREN DE FUERZA	03	C/U	4T-6788			X			X	se puede extender las horas segun M0086202
03	RESPIRADERO DE TANQUE COMBUSTIBLE	MOTOR D.	01	C/U	1R-0755	X	X	X	X	X	X	
04	RESPIRADERO DE RUEDAS DELANTERAS	TREN DE FUERZA	02	C/U	9C-4937			X			X	se puede extender las horas segun M0086202
05	RESPIRADERO DE MOTOR	MOTOR D.	04	C/U	3883276	X	X	X	X	X	X	
06	RESPIRADERO DE DIFERENCIAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	9T-1119			X			X	se puede extender las horas segun M0086202
07	FILTROS DE INTERIOR DE CABINA	CABINA	01	C/U	107-0266						X	
08	FILTROS DE EXTERIOR DE CABINA	CABINA	01	C/U	231-0167						X	
09	FILTROS DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	MOTOR D.	04	C/U	422-7587	X	X	X	X	X	X	
10	FILTROS DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	MOTOR D.	03	C/U	438-5385	X	X	X	X	X	X	
11	FILTROS DE AIRE SECUNDARIOS FLEET GUARD	ADMISION	04	C/U	....						X	Cambio por filtros nuevos cada 3000 horas.
13	FILTROS DE AIRE PRIMARIOS FLEET GUARD	ADMISION	04	C/U	...						X	Cambio por filtros nuevos cada 3000 horas.
15	FILTROS DE ACEITE TRANSMISION	TREN DE FUERZA	02	C/U	424-7616			X			X	se puede extender las horas segun M0086202
16	FILTROS DE ACEITE CONVERTIDOR	TREN DE FUERZA	01	C/U	424-7616			X			X	se puede extender las horas segun M0086202
17	FILTROS ACEITE MOTOR	MOTOR D.	02	C/U	521-6093	X	X	X	X	X	X	en los motores con COF+SCF ya no usara filtro de aceite solo se cambiara el papel filtrante del COF.
18	FILTRO DRENAJE CAJA DIRECCION	HIDRAULICO	02	C/U	293-3646	X			X			se puede extender las horas segun M0086202
19	FILTRO DE ENFRIAMIENTO FRENOS LH Y RH	HIDRAULICO	02	C/U	340-0402	X			X			se puede extender las horas segun M0086203
20	FILTRO ACTUACION DE FRENOS	HIDRAULICO	01	C/U	393-3692	X						se puede extender las horas segun M0086204
21	FILTRO ACEITE MANDO FINAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	328-3655		X		X		X	se puede extender las horas segun M0086205
22	FILTRO ACEITE DIRECCION Y FAN	HIDRAULICO	01	C/U	340-0406				X			se puede extender las horas segun M0086206
23	FILTRO ACEITE DIFERENCIAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	328-3655		X		X		X	se puede extender las horas segun M0086207
IT.	REPUESTO / MATERIAL		Gal. REQ.	UNIDAD SAP	P/N	500	1000	1500	2000	2500	3000	OBSERVACION
01	Aceite 15W40 (Motor Diesel)	MOTOR D.	110.2	GLN	15W40	X	X	X	X	X	X	Una vez instalado COF y SCF
02	Aceite SAE60 (Ruedas Delanteras)	TREN DE FUERZA	32	GLN	SAE 60	X	X	X	X	X	X	
03	Aceite SAE30 (Convertidor & Transmision)	TREN DE FUERZA	166	GLN	SAE 30			X			X	se puede extender hasta 2000 hrs segun M0067502
04	Aceite 10W (Hidraulico Levante - Frenos)	HIDRAULICO	488.7	GLN	10W	X						se puede extender hasta 6000 hrs segun M0067502
05	Aceite SAE 30 (Direccion & Fan)	HIDRAULICO	95.1	GLN	SAE 30				X			se puede extender hasta 6000 hrs segun M0067502
06	Aceite SAE 60 (Mandos Finales & Diferencial)	TREN DE FUERZA	407.6	GLN	SAE 60						X	Dializado de aceite cada 500 horas.





**Tabla 4**  
Consolidado de Frecuencia de Mantenimiento y Materiales 1 de 2

IT.	REPUESTO / MATERIAL		CANT REQ	UNIDAD SAP	P/N		500	1000	1500	2000	2500	3000	OBSERVACION
01	O-RING de Screen Transmisión	TREN DE FUERZA	02	C/U	5M-7142				X			X	
02	O-RING de Screen Motor A	MOTOR D.	01	C/U	6V-3968		X	X	X	X	X	X	
03	O-RING de Screen Motor B	MOTOR D.	01	C/U	177-6911		X	X	X	X	X	X	
04	Limpieza de screen de aceite de Motor	MOTOR D.	01	C/U	364-8521			X		X		X	limpieza de screen cada 1000 horas, cambio solo por condicion.
05	O-RING de Screen de sistema de levante A	HIDRAULICO	02	C/U	117-1495		X						
06	O-RING de Screen de sistema de levante B	HIDRAULICO	02	C/U	3E-4288		X						
07	O-RING de Screen de sistema de levante C	HIDRAULICO	02	C/U	1H-8128		X						
08	Screens del sistema de levante	HIDRAULICO	02	C/U	136-4566								Limpieza y cambio por condicion.
09	O-RING de Screen de retorno de transmisión A	TREN DE FUERZA	01	C/U	4J-0527			X			X		
10	O-RING de Screen de retorno de transmisión B	TREN DE FUERZA	01	C/U	6F-8146			X			X		
11	Screen de transmision	TREN DE FUERZA	02		152-2725			X			X		
12	O-RING de Screen de enfriadores de frenos	HIDRAULICO	02	C/U	2J-8163		X						
13	SCREEN AS (BRAKE COOLING LINES)	HIDRAULICO	02		165-0056		X						
14	O-RING de Screen de eje posterior	TREN DE FUERZA	01	C/U	6V-3835							X	
15	O-RING de Screen de Diferencial A	TREN DE FUERZA	01	C/U	2D-1692							X	
16	O-RING de Screen de Diferencial B	TREN DE FUERZA	01	C/U	2S-8439							X	
17	SCREEN AS (DIFFERENTIAL, BEVEL GEAR)	TREN DE FUERZA	01		172-6104							X	
18	O-RING de Screen Convertidor A	TREN DE FUERZA	02	C/U	6V-3349				X			X	
19	O-RING de Screen Convertidor B	TREN DE FUERZA	04	C/U	269-7885				X			X	
20	O-RING de Screen Convertidor C	TREN DE FUERZA	01	C/U	032-9313				X			X	
21	SCREEN AS (TC RETURN, SUCTION)	TREN DE FUERZA	01		152-2725				X			X	
22	O-RING de filtro de transmision	TREN DE FUERZA	01	C/U	006-8350				X			X	
23	O-RING de filtro de enfriamiento frenos lh y rh	HIDRAULICO	02	C/U	5P-8428		X			X			
24	O-RING de filtro de convertidor	TREN DE FUERZA	01	C/U	5P-8428		X			X			
25	O-RING de filtro aceite direccion y fan	HIDRAULICO	01	C/U	5P-8428		X			X			
26	O-RING de respiradero de motor	MOTOR D.	04	C/U	4395502		X	X	X	X	X	X	
27	O-RING de tapón de drenaje de carter posterior	MOTOR D.	01	C/U	2154639		X	X	X	X	X	X	
28	O-RING de screen de retorno de mando de bombas	HIDRAULICO	01	C/U	2385084			X			X		
29	Paños	-	01	C/U	267-6532		X	X	X	X	X	X	
30	Frascos Muestras	-	22	C/U	169-7373		X	X	X	X	X	X	
31	Tomas Rápidas	-	10	C/U	177-9343		X	X	X	X	X	X	

Fuente elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Tabla 5**  
*Plan de Cambio de Componentes 797F*

PLAN DE CAMBIO DE COMPONENTES 797F																					
Leyenda	<input checked="" type="checkbox"/>	Programado																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Correctivo	Planeado																		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Planeado y Ejecutado																			
Equipo	Clasificación	COMPONENTE	Horas Trabajadas componente	Condicion	HM	Programado	Correctivo	Ejecutado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
3102	AFC	Convertidor de Torque	19,978		24	Set											<input checked="" type="checkbox"/>				
3120	AFC	Convertidor de Torque	777		24		Jul	Jul							✓						
3121	AFC	Convertidor de Torque	606		24	Jul		Jul							↳						
3121	AFC	Convertidor de Torque	606		24		Jul	Jul							✓						
3101	AFC	Diferencial	2,517		24		Abr	Abr				✓									
3120	AFC	Diferencial	1,866		24		May	May					✓								
3101	AFC	Mando Final Derecho	2,517		30		Abr	Abr				✓									
3121	AFC	Mando Final Derecho	797		30		Jul	Jul							✓						
3120	AFC	Mando Final Izquierdo	18,412		30	Dic														<input checked="" type="checkbox"/>	
3121	AFC	Mando Final Izquierdo	3,876		30	Ene		Ene	↳												
3120	AFC	Motor Diésel	464		120		Jul	Jul							✓						
3120	AFC	Radiador	22,237		24		Mar	Mar													
3121	AFC	Radiador	45,376		24	Set											<input checked="" type="checkbox"/>				
3102	AFC	Rueda Delantera LH	4,161		36	Ene		Ene	↳												
3120	AFC	Rueda Delantera LH	885		36		Jun	Jun						✓							
3121	AFC	Rueda Delantera LH	1,130		36	Jun		Jun						↳							
3120	AFC	Rueda Delantera RH	3,776		36	Ene		Ene	↳												
3101	AFC	Suspension Delantera Derecha	12,625	Condicion	36	Set											<input checked="" type="checkbox"/>				
3120	AFC	Suspension Delantera Derecha	3,776		36	Ene		Ene	↳												
3102	AFC	Suspension Delantera Izquierda	4,161		36	Ene		Ene	↳												
3120	AFC	Suspension Delantera Izquierda	885		36		Jun	Jun						✓							
3121	AFC	Suspension Delantera Izquierda	1,130		36	Jun		Jun						↳							
3120	AFC	Transmision	1,620		24		May	May					✓								
3121	AFC	Transmision	606		24		Jul	Jul							✓						

Fuente elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)







**Figura 15**  
Formato Daylist Antapaccay

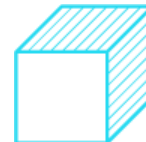
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO DIARIO TALLER CAMIONES</b>														
EQUIPO:	3125	Parte a llenar por el Supervisor y/o Ingeniero Taller: FECHA INICIO <input type="text"/> HORA INICIO <input type="text"/> FECHA FINAL <input type="text"/> HORA FINAL <input type="text"/> HOROMETRO <input type="text"/>						Check list Supervision Cartilla inspeccion campo mecánico Cartilla inspeccion campo eléctrico Cartilla inspeccion campo lubricador Cartilla PMs Cartillas Backlogs Cartilla Inspeccion AFEX Cartilla Inspeccion JP						
Sem Programa: 40		Horas Parada: 4		Turno: NOCHE										
<b>TRABAJOS PROGRAMADOS</b>														
Parte a ser llenado por el Tec. Responsable del mantenimiento														
Guardia	Orden de Trabajo	Situacion OT	Descripción de la OT	Fecha Progr.	Planificado			Real			Tecnicos Ejecutores	Ejecutado		MOTIVO DE REPROGRAMACION/COMENTARIO
					Dur. (Hrs)	Caat. Tec.	H-H Total	Hora Inic	Hora Fin	Caat. Tec.		SI	NO	
	MM286310		CAMBIO ACEITE MOTOR Camion CAT797F MM286310 (4 hrs) x 3	01/10/2019	4	3	12							
	MM286395		PRE PM Inspección Sistema HVAC MM286395 ( 2 hrs ) x 1	01/10/2019	2	1	2							
	MM286418		Inspección PRE-PM CAT 797F MM286418 (2HRS9 X 2	01/10/2019	2	2	4							
	0		Tiempo estimado: 4 hrs	00/01/1900	0	0	0							
	0		0	00/01/1900	0	0	0							
<b>TRABAJOS CORRECTIVOS</b>														
Parte a ser llenado por el Líder de Taller (colocar en la sgte pag si hay mas correctivos)														
Orden de Trabajo		Descripción de la OT					Real			Tecnicos Ejecutores				
						Hora Inic	Hora Fin	Caat. Tec.						
<b>BACKLOGS GENERADOS</b>														
Descripción del Backlog														

**LIDER RESPON:**  
 Turno Dia: \_\_\_\_\_  
 Turno Noche: \_\_\_\_\_  
**NOMBRE SUPERVISOR:**  
 \_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL SUPERVISOR**  
 \_\_\_\_\_

**SITUACION DE ORDEN DE TRABAJO:**  
 CERRADO: C  
 ABIERTO: A

Fuente de elaboración: (Antapaccay, 2020)





Esta estrategia se deriva del programa de intervalo de tareas de mantenimiento sugerida por Caterpillar en el manual de mantenimiento de la maquina (Caterpillar, sis2.cat.com, 2021) el cual dice:

El usuario, en este caso el cliente es responsable del desempeño del mantenimiento, aqui se incluye todos los ajuste y calibraciones en los componentes, el uso de los lubricantes (marca y calidad), fluidos, filtros y el programa de reemplazo de componentes por envejecimiento o desgaste normal, de no cumplirse con los procedimientos de mantenimiento adecuados en los intervalos recomendados, puede reducirse el rendimiento de los componentes del producto o acelerar su desgaste.

Se usa el kilometraje, el consumo de combustible, **las horas de servicio** o el tiempo de calendario, **lo que ocurra primero**, para determinar los intervalos de mantenimiento. Los productos que se usan en condiciones de operación exigentes pueden requerir un mantenimiento más frecuente. Consulte el procedimiento de mantenimiento para conocer cualquier otra excepción que pueda cambiar los intervalos de mantenimiento.

Los datos de intervalo de tareas de mantenimiento los podemos ver en la lista recomendada por Caterpillar a continuación, “figura 16” segmentado en 3 hojas.





**Figura 16**

*Lista de Tareas de Intervalo de Mantenimiento 1 – 2 y 3*

<p><b>A LAS PRIMERAS 50 HORAS DE SERVICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro de aceite de enfriamiento de los frenos - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del sistema de control de frenos - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del mando final y del diferencial - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del mando del ventilador (drenaje de la caja) - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del sistema hidráulico (ventilador hidráulico y dirección) - Reemplazar</li> <li>• Eslabón y cilindro trasero (suspensión) - Revisar</li> <li>• Filtro del drenaje de la caja de la bomba de la dirección - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del convertidor de par - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite de la transmisión - Reemplazar</li> </ul> <p><b>A LAS PRIMERAS 250 HORAS DE SERVICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juego de válvulas del motor - Revisar/ajustar</li> <li>• Factor de corrección de combustible - Ajustar</li> </ul> <p><b>PRIMERAS 500 HORAS DE SERVICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillaje de la dirección - Revisar</li> <li>• Montaje de la suspensión (delantera) - Revisar</li> </ul> <p><b>A LAS PRIMERAS 1000 HORAS DE SERVICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillaje de la dirección - Revisar</li> <li>• Montaje de la suspensión (delantera) - Revisar</li> </ul> <p><b>CADA 10 HORAS DE SERVICIO O CADA DÍA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad y sedimentos del tanque de aire - Drenar</li> <li>• Alarma de retroceso - Probar</li> <li>• Sistema de frenos - Probar</li> <li>• Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento - Revisar</li> <li>• Nivel de aceite del diferencial y del mando final - Revisar</li> <li>• Nivel de aceite del motor - Revisar</li> <li>• Nivel de aceite del motor - Registrar las adiciones</li> <li>• Nivel de aceite de la rueda delantera - Revisar</li> <li>• Nivel de aceite de tanque hidráulico y frenos - Verificar</li> <li>• Nivel de aceite del tanque de la dirección y del ventilador hidráulico - Revisar</li> <li>• Indicadores y medidores - Probar</li> <li>• Cinturón de seguridad - Inspeccionar</li> <li>• Tapón magnético (mando de la bomba, hidráulico) - Revisar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulador de la dirección - Revisar</li> <li>• Cilindro de la suspensión - Revisar</li> <li>• Nivel de aceite del sumidero del convertidor de par – Revisar</li> </ul> <p><b>CADA 250 HORAS DE SERVICIO O CADA MES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapón magnético (ruedas) - Revisar</li> <li>• Inflado de neumáticos - Revisar</li> </ul> <p><b>CADA 500 HORAS DE SERVICIO O MENSUALMENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro del aire acondicionado (con ante-filtro) - Limpiar</li> <li>• Secador de aire - Revisar</li> <li>• Correas – inspección/reemplazo</li> <li>• Acumulador del freno - Revisar</li> <li>• Muestra de aceite del sistema de control de frenos - Obtener</li> <li>• Respiradero (tanque de combustible) - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aire de la cabina - Limpiar/reemplazar</li> <li>• Cable (retención de la caja del camión) - Inspeccionar</li> <li>• Filtro de aceite centrifugo - Limpiar</li> <li>• Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (nivel 1) - Obtener</li> <li>• Rejillas y aceite del diferencial y del mando final - Revisar</li> <li>• Aceite del diferencial y del mando final - Inspeccionar</li> <li>• Muestra de aceite del diferencial y del mando final - Obtener</li> <li>• Nivel de aceite de la bomba de mando eléctrica (escalera mecánica) - Revisar</li> <li>• Respiradero del cárter del motor - Limpiar</li> <li>• Muestra de aceite del motor - Obtener</li> <li>• Aceite del motor y filtro - Cambiar</li> <li>• Bastidor - Limpiar/inspeccionar</li> <li>• Bastidor y caja - Inspeccionar</li> <li>• Aceite de la rueda delantera - Cambiar</li> <li>• Muestra de aceite de las ruedas delanteras - Obtener</li> <li>• Filtro primario del sistema de combustible (separador de agua) - Reemplazo</li> <li>• Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar</li> <li>• Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar</li> <li>• Resorte de apoyo de inclinación del capó - Lubricar</li> <li>• Muestra de aceite de tanque hidráulico y frenos - Obtener</li> <li>• Mangueras y abrazaderas - Inspeccionar/reemplazar</li> <li>• Tapón magnético (bomba de combustible de alta presión) - Revisar</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------





<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma (escalera mecánica) - Lubricar</li> <li>• Dirección secundaria - Revisar</li> <li>• Muestra de aceite del sistema de dirección - Obtener</li> <li>• Cilindro de la suspensión - Revisar</li> <li>• Rejillas de la salida del convertidor de par y del sumidero - Limpiar</li> <li>• Muestra de aceite de la transmisión y del convertidor de par - Obtener</li> <li>• Rejillas magnéticas de la transmisión – Revisar</li> </ul> <p><b>CADA 1.000 HORAS DE SERVICIO O 2 MESES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Respiradero (diferencial y mando final) - Reemplazar</li> <li>• Respiradero (eje delantero) - Reemplazar</li> <li>• Respiradero (tanque del dispositivo de levantamiento y de los frenos) - Reemplazar</li> <li>• Respiradero (tanque de la dirección) - Reemplazar</li> <li>• Respiradero (convertidor de par y transmisión) - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del mando final y del diferencial - Reemplazar</li> <li>• Rejilla del sumidero del colector de aceite del motor - Inspeccionar/limpiar</li> <li>• Tacos de soporte del bastidor y de la caja - Limpiar/inspeccionar</li> <li>• Bajada manual (escalera mecánica) - Probar</li> <li>• Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS) - Inspeccionar</li> <li>• Frenos de servicio - Inspeccionar</li> <li>• Prisionero de bola de la dirección - Inspeccionar</li> <li>• Varillaje de la dirección - Inspeccionar</li> </ul> <p><b>CADA 2.000 HORAS DE SERVICIO O 4 MESES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de admisión de aire - Probar/inspeccionar</li> <li>• Filtro de aceite del sistema de control de frenos - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite de enfriamiento de los frenos - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del mando del ventilador (drenaje de la caja) - Reemplazar</li> <li>• Filtro de aceite del sistema hidráulico (ventilador hidráulico y dirección) - Reemplazar</li> <li>• Eslabón y cilindro trasero (suspensión) - Revisar</li> <li>• Unión universal del eje motriz principal - Inspeccionar</li> <li>• Filtro del drenaje de la caja de la bomba de la dirección - Reemplazar</li> <li>• Aceite del convertidor de par y de la transmisión - Cambiar</li> <li>• Filtro de aceite del convertidor de par - Reemplazar</li> <li>• Rejilla magnética de la transmisión - Limpiar</li> <li>• Cinturón de seguridad - Reemplazar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulador - Precargar</li> <li>• Filtro de aceite de la transmisión - Reemplazar</li> </ul> <p><b>CADA 3.000 HORAS DE SERVICIO O 6 MESES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desecante del secador de aire - Reemplazar</li> <li>• Tapa de presión del sistema de enfriamiento - Limpiar/reemplazar</li> <li>• Válvula de alivio del sistema de enfriamiento - Limpiar</li> <li>• Bomba de agua del motor - Inspeccionar</li> <li>• Manguera (derivación del escape) - Reemplazar</li> <li>• Radiador, pos-enfriador y condensador del aire acondicionado - Limpiar</li> <li>• Cada 4.000 horas de servicio u 8 meses</li> <li>• Filtro de aceite centrífugo (sellos) - Reemplazar</li> <li>• Juego de válvulas del motor - Revisar/ajustar</li> </ul> <p><b>CADA 6.000 HORAS DE SERVICIO O 1 AÑO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulador - Descarga</li> <li>• Prolongador de vida útil de refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC) - Agregar</li> <li>• Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (nivel 2) - Obtener</li> <li>• Rejillas y aceite del diferencial y del mando final - Cambiar/limpiar</li> <li>• Aceite de la bomba de mando eléctrica (escalera mecánica) - Cambiar</li> <li>• Aceite del tanque hidráulico y frenos - Cambio</li> <li>• Rejilla del tanque hidráulico - Limpiar</li> <li>• Filtro de aceite del eje trasero - Reemplazar</li> <li>• Supresión de sonidos (tapas, paneles) - Inspeccionar/reemplazar</li> <li>• Aceite del tanque de la dirección - Cambiar</li> <li>• Cilindro de la suspensión – Revisar</li> </ul> <p><b>CADA 12.000 HORAS DE SERVICIO O 2 AÑOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC) - Cambiar</li> <li>• Aspas y cojinete del eje motriz principal - Reemplazar</li> <li>• Secador receptor (refrigerante) - Reemplazar</li> <li>• Prisionero de bola de la dirección - Reemplazar</li> </ul> <p><b>CADA 15.000 HORAS DE SERVICIO O 2,5 AÑOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aro - Inspeccionar</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

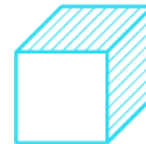




<p><b>CADA 18.000 HORAS DE SERVICIO O 3 AÑOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilador - Inspeccionar</li> </ul> <p><b>CADA 2.270.000 L (600.000 GAL EE.UU.) DE COMBUSTIBLE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes del motor - Reconstruir/instalar Reman</li> <li>• Montajes de aislamiento - Inspeccionar/reemplazar</li> </ul> <p><b>CADA 4.540.000 L (1.200.000 GAL EE.UU.) DE COMBUSTIBLE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes del motor - Limpiar/inspeccionar, reconstruir/instalar Reman, instalar nuevos</li> </ul> <p><b>CUANDO SEA NECESARIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro del aire acondicionado (sin ante-filtro) - Limpiar</li> <li>• Tanque de aire - Inspeccionar</li> <li>• Depósito de lubricación automática - Llenar</li> <li>• Batería o cable de batería - Inspeccionar/reemplazar</li> <li>• Rejilla del enfriador de aceite de los frenos - Limpiar</li> <li>• Filtro de aire de la cabina - Limpiar/reemplazar</li> <li>• Pantalla y cámara - Limpiar</li> <li>• Elemento de filtro de aire primario del motor - Limpiar/reemplazar</li> <li>• Elemento de filtro de aire secundario del motor - Reemplazar</li> <li>• Ante-filtro de aire del motor - Limpiar</li> <li>• Cilindro del auxiliar de arranque con éter - Reemplazar</li> <li>• Sistema de combustible - Cebiar</li> <li>• Filtro primario del sistema de combustible (separador de agua) - Drenar</li> <li>• Fusibles, disyuntores y relés - Reemplazar/reajustar</li> <li>• Fusibles, disyuntores y relés - Reemplazar/reajustar</li> <li>• Rejillas del dispositivo de levantamiento - Limpiar</li> <li>• Escalera mecánica - Revisar</li> <li>• Rejilla de retorno del mando de la bomba - Limpiar</li> <li>• Radiador, pos-enfriador y condensador del aire acondicionado - Limpiar</li> <li>• Aro - Inspeccionar</li> <li>• Suspensión del asiento - Inspeccionar</li> <li>• Sistema de control de tracción (TCS) - Probar</li> <li>• Rejilla magnética de la transmisión - Limpiar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botella del lavaparabrisas - Llenar</li> <li>• Limpiaparabrisas - Inspeccionar/Reemplazar</li> <li>• Ventanas - Limpiar</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente de elaboración: (Caterpillar, sis2.cat.com, 2021)





## **Análisis de modos de falla**

### **Top de fallas 2020**

Para el año 2020, los resultados de la evaluación de las principales fallas que consumieron la disponibilidad se centraron principalmente en el amplio tiempo de ejecución de PM y fallas en el motor, el acumulado de la indisponibilidad llegó a representar el 16.32% del total de horas de parada.

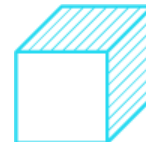
Analizando la indisponibilidad por paradas programadas y no programadas, Caterpillar recomienda una distribución de 70% a las tareas programadas y 30% a las no programadas, la data indica que las paradas programadas representaron el 51% y las no programadas el 49%, en el análisis no se toma en cuenta las paradas como correctivos ejecutados en los PM que son asumidos por la parada principal y esto alarga mucho los PM, la data nos indica que aún hay mucho trabajo por realizar pues la distribución de paradas está equilibrada y esta sería la razón de la baja disponibilidad de la flota en Antapaccay (se tiene mucho trabajo no programado).

Analizando el top five de paradas, y retirando el consumo de horas por el mantenimiento programado (PM), observamos que hay 4 subsistemas que consumieron muchas horas de parada y se clasificaron como no programadas, es ahí donde se debió enfocar la generación de backlog (inspecciones y generación de tareas), además de incrementar los componentes críticos relacionados a dichos subsistemas, "gráfico 6".

### **Cumplimiento del mantenimiento**

Además, debemos entender que para el 2020 el número de trabajadores encargados de ejecutar el PM y las tareas no programadas estuvo reducido por efectos del COVID - 19 y un organigrama discreto respecto al gran número de fallas no programadas, alta emisión de backlog, alto número de mejoras a aplicarse sobre los componentes críticos del camión, tareas estratégicas sugeridas por fábrica que consumen muchos recursos humano, poca cantidad de herramientas, stock reducido de repuestos para solucionar las fallas no programadas y la coyuntura





nacional respecto a la política interna, como consecuencia, los resultados de la disponibilidad estuvieron por debajo de los especificado por Caterpillar y el contrato con el cliente, “gráfico 7”, solo se obtuvieron indicadores superiores al target del contrato respecto a la confiabilidad representado por el **MTBF** con 36.48 horas (gráfico 8).

Respecto al cumplimiento de la precisión de mantenimiento, esta se mantuvo muy baja debido a las constantes paradas por cambio de componentes no programados, correctivos que generaron paradas largas de los PM, falta de bahías y la falta de mano de obra, pues el organigrama se mantuvo muy discreto respecto a la calidad y número de trabajadores encargados de la ejecución del PM, ejecución de backlog y cambio de componentes, además de llevar un correcto control de las tareas a programar por el personal de planeamiento y la poca re-portabilidad de tareas por condición del área de confiabilidad o monitoreo de condiciones, “gráfico 10”.

E las gráficas a continuación se podrá observar que el cumplimiento de ejecución de backlog se mantuvo por debajo de la generación de los mismos, pero pese a tener una alta emisión de backlog, estos no estuvieron enfocados en los 5 subsistemas que más horas consumieron la disponibilidad, además del poco impacto del planeamiento al ver que la precisión de horas de servicio estuvo por debajo del 40% casi todo el año, “gráfico 9”.







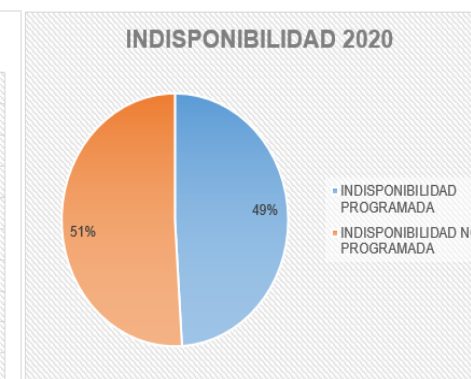
**Gráfico 6**

Gráfica del Top Ten e Indisponibilidad 2020

SUB-SISTEMA	HR PARADA	
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATIO	17272.51	
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	3087.51	
1050 AIR INDUCTION & EXHAUST SYSTEM	1717.15	
1250 FUEL SYSTEM	1525.17	
5050 HYDRAULIC SYSTEM	1521.54	
4250 BRAKING SYSTEM	1460.37	
1000 ENGINE	1418.90	
4200 WHEEL & TIRE	1391.83	
1450 STARTING SYSTEM	1111.40	
7258 DUMP BODY (TOLVA)	1021.93	
1300 LUBRICATION SYSTEM	906.42	
3030 TRANSMISSION	619.50	
4300 STEERING SYSTEM	602.23	
ACCIDENTE	513.20	
3258 DIFFERENTIAL	492.64	
3101 TORQUE CONVERTER	206.58	
7300 OPERATOR STATION	158.28	
9770 FIRE SUPRESION SYSTEM	135.96	
7200 SUSPENSION	29.76	
3168 TRANSMISSION ELECTRONIC CONTROL	28.69	
1900 ENGINE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM	11.96	
1400 ELECTRIC SYSTEM	5.80	
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	4.55	
1100 CYLINDER HEAD ASSEMBLY	2.88	
7600 MACHINE ELEC CTRLS & DATA MGMT SYS	1.95	
1200 SHORT BLOCK	0.34	
NO CLASIFICADO	0.00	
<b>TOTAL HR DE PARADA MANTENIMIENTO</b>	<b>35249.06</b>	<b>16.32%</b>
<b>TOP TEN</b>	<b>31528.31</b>	<b>89.44%</b>
<b>TOP FIVE</b>	<b>25123.88</b>	<b>71.28%</b>

INDISPONIBILIDAD 2020	
INDISPONIBILIDAD PROGRAMADA	17272.51
INDISPONIBILIDAD NO PROGRAMADA	17976.55



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

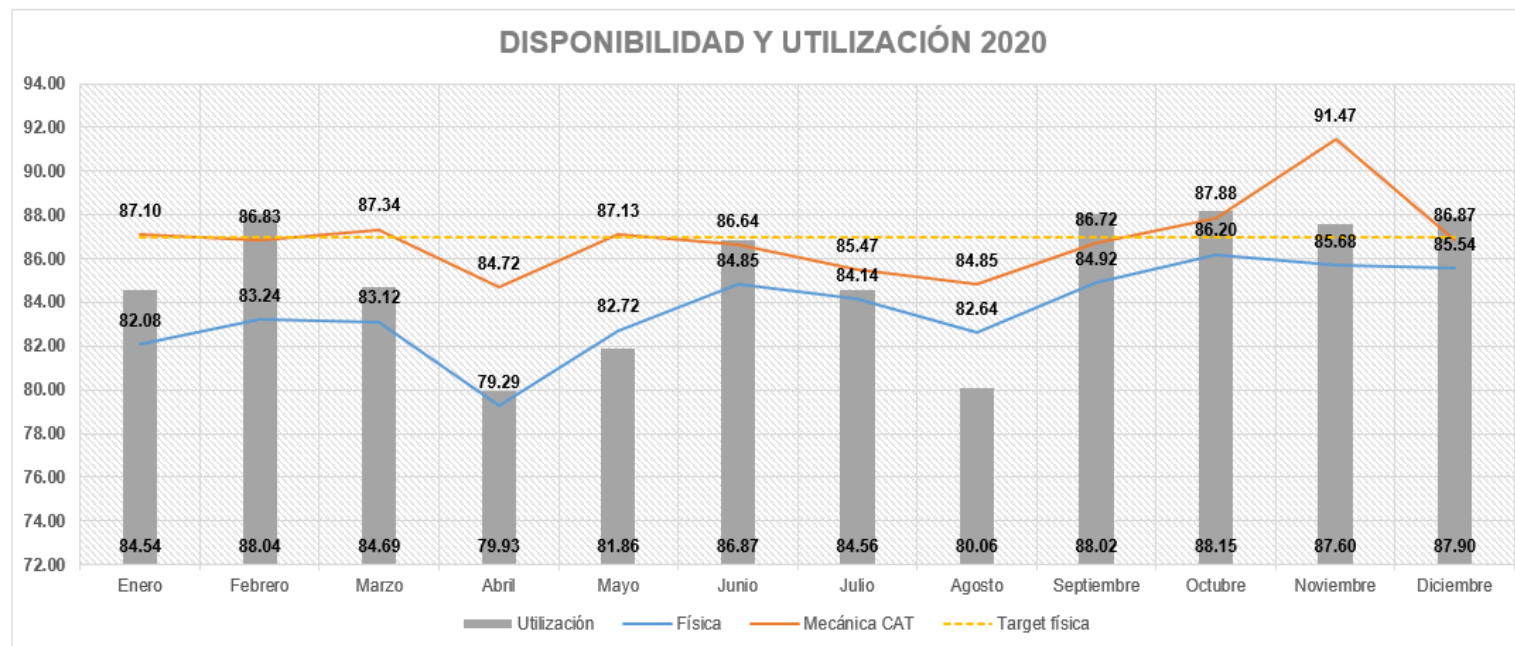






**Gráfico 7**

Gráfica de la Disponibilidad y Utilización 2020



		2020												YTD
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
ANTAPACCAY 797F	Física	82.08	83.24	83.12	79.29	82.72	84.85	84.14	82.64	84.92	86.20	85.68	85.54	83.70
	Mecánica CAT	87.10	86.83	87.34	84.72	87.13	86.64	85.47	84.85	86.72	87.88	91.47	86.87	86.92
	Utilización	84.54	88.04	84.69	79.93	81.86	86.87	84.56	80.06	88.02	88.15	87.60	87.90	85.19
	Target física	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00

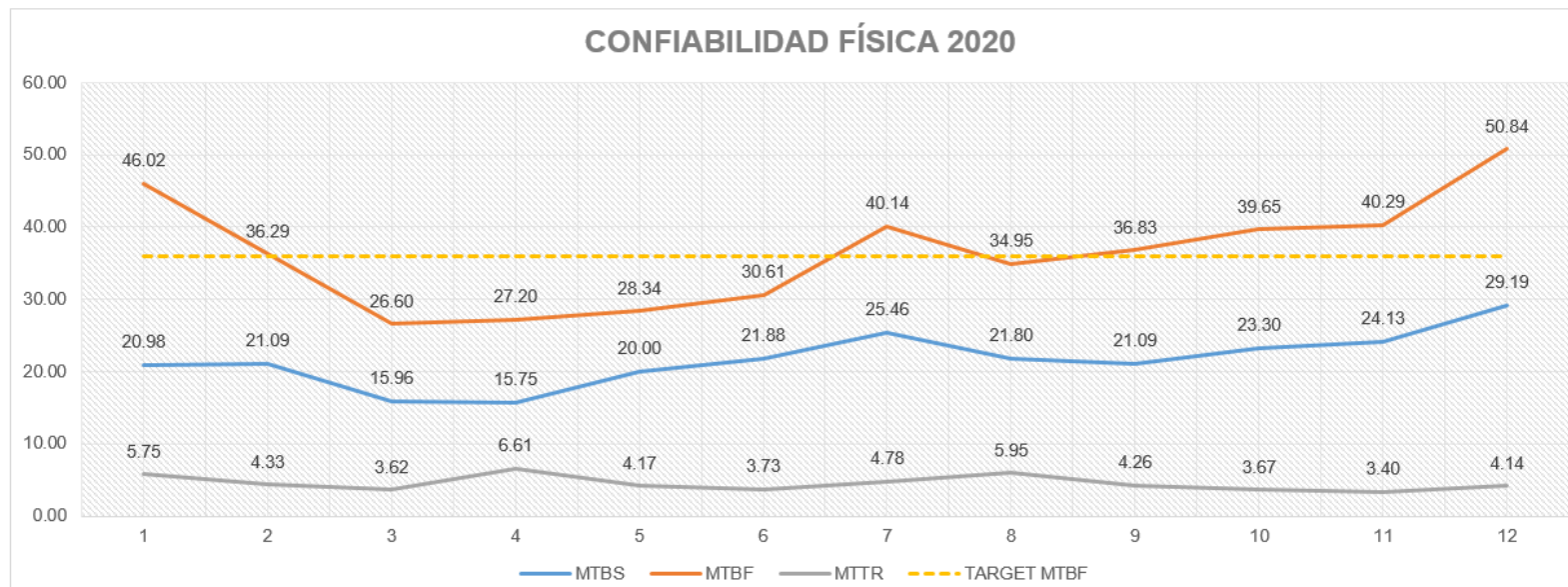
Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 8**

Gráfica de la Confiabilidad Física 2020



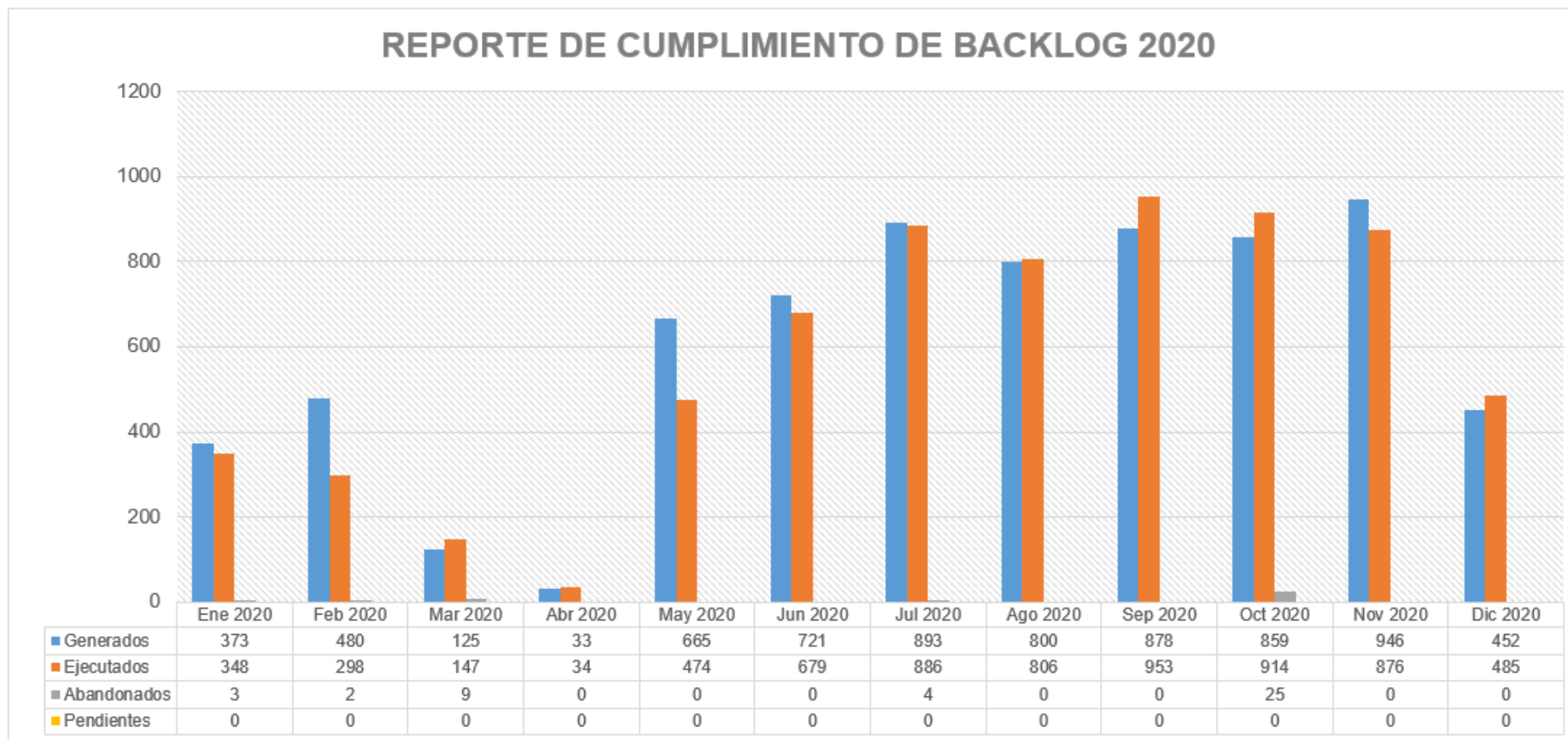
	202001	202002	202003	202004	202005	202006	202007	202008	202009	202010	202011	202012	YTD	
FISICA	MTBS	20.98	21.09	15.96	15.75	20.00	21.88	25.46	21.80	21.09	23.30	24.13	29.19	21.72
	MTBF	46.02	36.29	26.60	27.20	28.34	30.61	40.14	34.95	36.83	39.65	40.29	50.84	36.48
	MTRR	5.75	4.33	3.62	6.61	4.17	3.73	4.78	5.95	4.26	3.67	3.40	4.14	4.53
	TARGET MTBF	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 9**  
*Reporte de Cumplimiento de Backlog 2020*



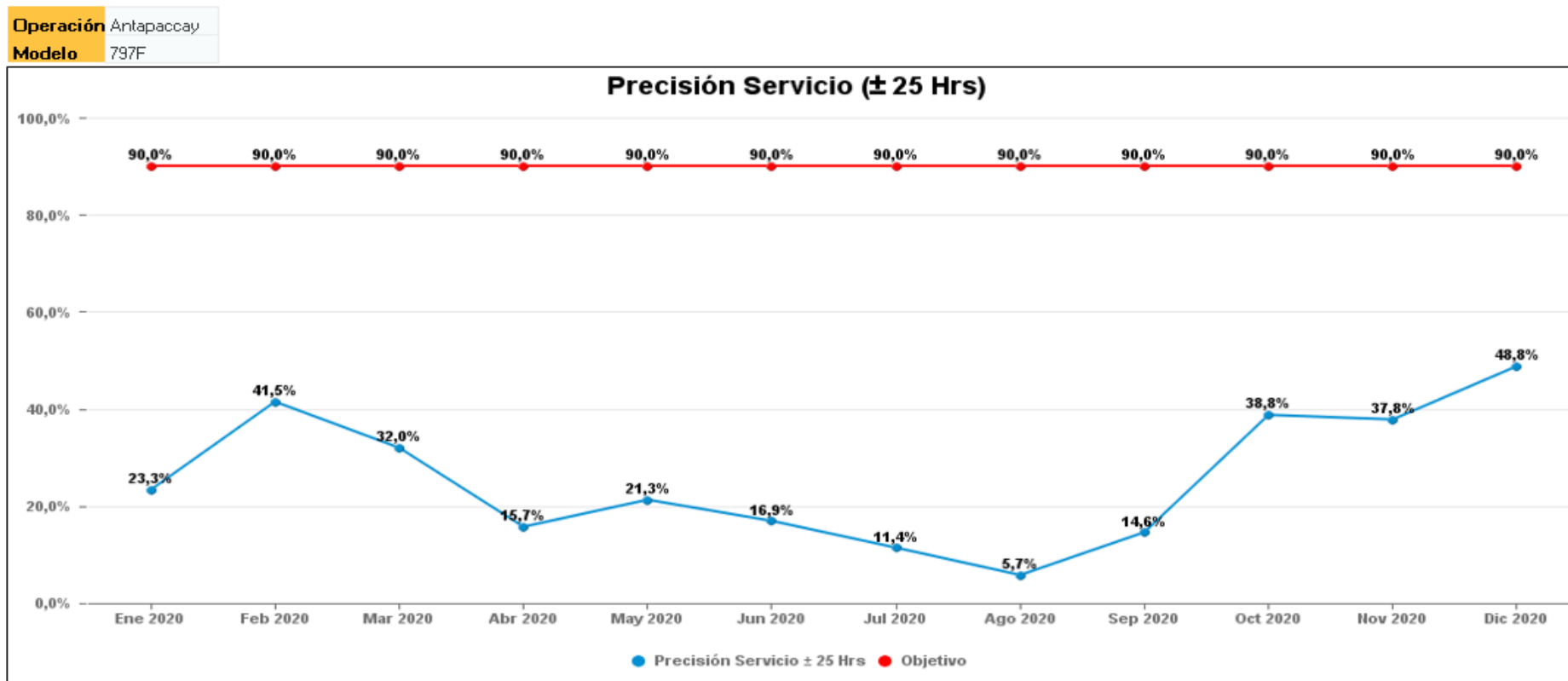
Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





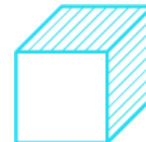
**Gráfico 10**

Gráfica de la Precisión de Servicio de los PM



Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





### 3.2.2. Desarrollo del segundo objetivo específico

Planificación y programación de las tareas del mantenimiento programado (PM), aplicación del PMO.

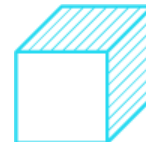
Como resultado de la estrategia de mantenimiento del 2020, los indicadores de mantenimiento no fueron los esperados por la operación, para el 2021 se toma la decisión de aplicar mejoras a los procesos de mantenimiento en base al PMO, para ello, se describen las principales mejoras:

#### **Plan de mantenimiento con PMO**

Enfocar la programación basada en las principales fallas de componentes y subsistemas identificados por el análisis de la información registrada dentro de los sistemas administradores y reportadores de información AMT y DARYS permitió a planeamiento, confiabilidad y soporte técnico enfocar sus esfuerzos en lo realmente importante.

- a. **Generación de backlog:** El enfoque de la generación de backlog se realiza en base al top five y top ten de fallas reportado por el área de soporte técnico y confiabilidad, el análisis anual de fallas de los componentes en el 2020 y 2021 tienen similitud en subsistemas como: Mantenimiento programados, sistema de lubricación, sistema hidráulico y sistema de enfriamiento, los inspectores priorizan para el 2021 estos subsistemas y emiten backlog de calidad para disminuir las paradas por fallas no programadas de los mismos.
- b. **Seguimiento de componentes en tiempo real:** El área de monitoreo de condiciones destino a un especialista exclusivo para la operación y este analizará el estado de los equipos (tendencias, eventos, condición, etc.) y reportará la criticidad de atención al área de mantenimiento de ser crítico su estado, de





catalogarse como un evento de nivel medio o bajo, se coordinará con planeamiento para su atención programada en los PM.

- c. Atención de correctivos:** Se especifica en el nuevo contrato que la atención de correctivos es responsabilidad exclusiva del cliente, para ello, destinaran una cantidad de técnicos responsables de la atención en tiempo y calidad ya sea en taller o campo.
- d. Cumplimiento de la precisión de servicio:** El compromiso se asume tanto por el cliente como por Ferreyros de ejecutar los PM como prioridad antes de cualquier correctivo, para ello, se destina como responsable de la programación a Ferreyros y de la ejecución de los PM al cliente Antapaccay, la meta es 90% con una variable de +- 24 horas.
- e. Stock de repuestos críticos:** El área de planeamiento analizará junto con el área de logística el consumo y rotación de los principales repuestos o componentes en el 2020, un repuesto crítico es aquel que puede ocasionar la parada inmediata de un equipo, del análisis se optará por tener un inventario más preciso y amplio para evitar paradas largas por falta de los mismos, el análisis estadístico de dicha rotación está a cargo del analista de inventarios y la responsabilidad del área de logística para mantener un stock fresco libre de sobre-stock.
- f. Incremento de personal:** El análisis del 2020 dio como resultado que los recursos en específico el humano es muy pequeño para atender la alta demanda de mantenimiento que exige el camión 797F, para ello se elaboró un nuevo organigrama incrementando el personal de ejecución y se cubrió puestos incompletos en el área de soporte técnico, supervisión y planeamiento.
- g. Incremento de herramientas y equipos:** La atención de tareas en taller y campo demanda una mayor cantidad de recursos

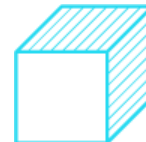




humanos y herramientas especiales que permitan reducir los tiempos de atención de cualquier tarea, como consecuencia, el incremento de las herramientas en pañol se duplico y se compraron herramientas eléctricas-digitales que permiten al usuario reducir por 3 los tiempos de atención de correctivos en campo, cambio de componentes, ejecución de los PM, ejecución de backlog, evaluaciones y otras tareas adicionales.

- h. Capacitación del personal ejecutor:** Se destinó muchos recursos para capacitar y certificar a todo el personal técnico durante el 2021, los resultados fueron que casi el 50% del personal subió de nivel SERVICE\_PRO en la operación Antapaccay.
- i. Nuevos procesos de planeamiento:** Al tomar el manejo de la planificación del mantenimiento por parte de Ferreyros, se refuerza la implementación de uso de herramientas digitales en este caso a través del AMT, las tareas diarias se controlarán con el uso del GANTT, la programación de cambio de componentes se manejará mediante el SIGMA y el registro de las tareas de confiabilidad se realizarán mediante el DARIS, todo esto se consolidará y programará en las reuniones de programación de la semana, además, se mejora el procesos de flujo de tareas para la programación de los planes de mantenimiento en el cual se especifica las funciones de los involucrados.
- j. Manejo de la información digital:** Ingresar la información para poder tener un correcto historial de tareas por equipo en el AMT permitió ver a través del DARIS Y SIGMA como se encuentran trabajando los equipos, que tareas tienen pendientes de ejecutar y cuánto tiempo están abiertas dichas tareas, las horas de los componentes y poder programar de manera anticipada los cambios por envejecimiento de los mismos, también permite analizar el número de fallas y hacer graficas estadísticas





llamadas top ten y top five, poder tener claro si la precisión de servicio se cumple, cuantos backlog se generaron y cuantos se ejecutaron, cuantos se reprogramaron o se dieron de baja, evaluar tendencias y eventos etc., el tener una data más precisa en el AMT dio pase a tomar decisiones correctas y enfoque de los esfuerzo en donde realmente se necesitan y cuantificar los recursos que la operación demanda.

### **3.2.3. Desarrollo del tercer objetivo específico**

Mejoramiento de la confiabilidad y mantenibilidad de los camiones 797F.

#### **Resultados**

- a. Aplicación de nuevos procesos para elaborar los planes de mantenimiento:** Trae como consecuencia ordenar y delegar las responsabilidades de la generación, programación y ejecución de las tareas de mantenimiento por las áreas a las que les corresponda, el manejo de dicha información se puede observar mediante el siguiente flujograma (gráfico 11).

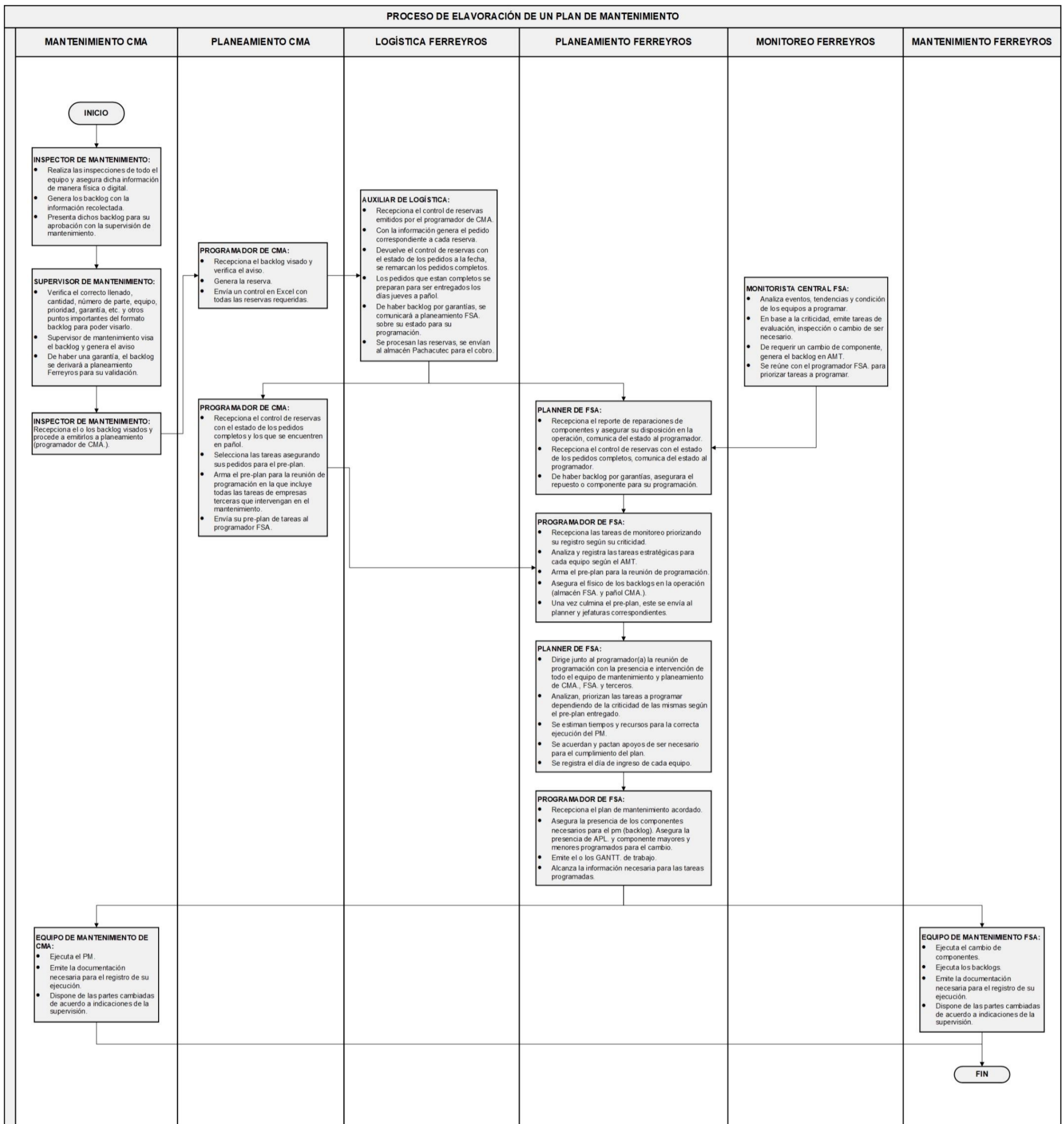






**Gráfico 11**

*Proceso de Elaboración de un Plan de Mantenimiento*



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





- b. Ordenar la ejecución de tareas de mantenimiento:** Si bien el cliente utiliza un formato en Excel (Daylist) donde detalla las tareas de mantenimiento, los tiempos de ejecución, los recursos necesarios, el registro efectivo de las demoras, la aparición de correctivos y otras se estuvieron perdiendo y no registrando por el área de ejecución, para ello, se refuerza el uso del GANTT en cada PM o cambio de componente mayor en la operación, los GANTT serán elaborados por los programadores de Ferreyros, pueden emitirse mediante el AMT o PROJECT, cada GANTT se entregara a inicios de cada tarea y la devolución del formato a planeamiento con sus respectivos comentarios están bajo la responsabilidad del supervisor de mantenimiento ver formato Gantt, “figura 17”.

Además, esta información será compartida al cliente para estandarizar el proceso y mejorar la información en los respectivos administradores de información (SAP y AMT).

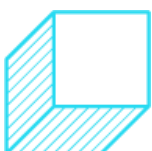
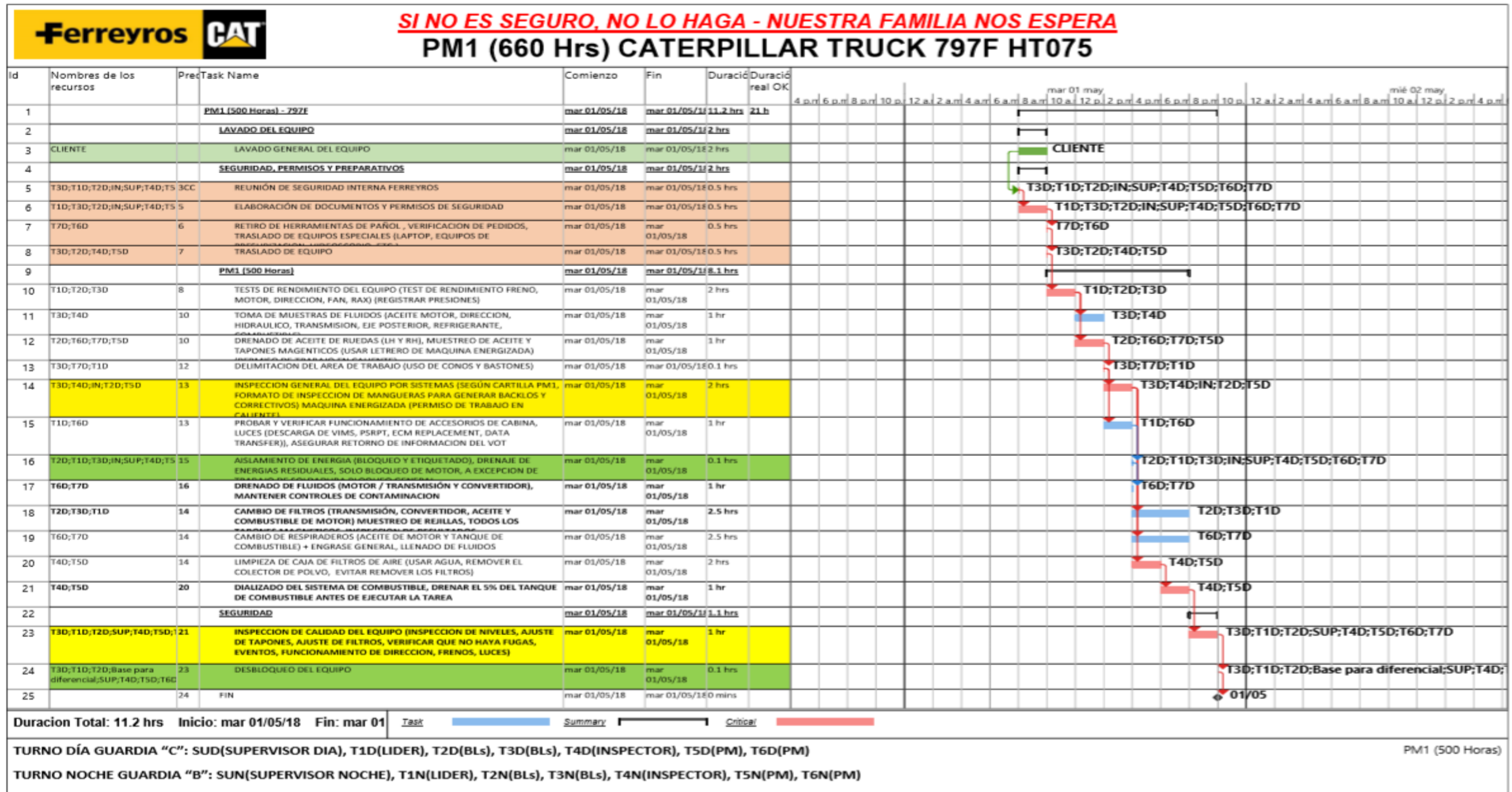


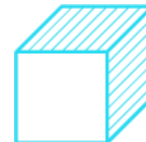


Figura 17  
Formato Gantt de Mantenimiento (PM)



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**c. Correcto manejo de la información en AMT, SIGMA y DARYS:**

AMT es el administrador de información de Ferreyros, de él se toma la información para que SIGMA y DARYS puedan reportar condiciones, programas, planes, tendencias, eventos, etc..., el inicio del registro de esta información nace en el técnico mecánico que antes no lo realizaba o lo hacía de manera parcial, al establecer dicha función como prioritaria a sus tareas diarias, la veracidad y confiabilidad del historial de mantenimiento en AMT permite a los analistas poder emitir información que ayuda a las otras áreas de soporte tener un plan que permita enfocar los recursos en donde se necesiten, es así como se puede observar como el área de planeamiento ahora puede extraer la información casi en tiempo real de todas las tareas programadas y el historial de las mismas, de la misma forma, otras áreas de soporte pueden extraer la información necesaria por cada equipo y emitir o realizar análisis que permita mejorar la condición de cada equipo, “figura 18”.





Figura 18  
Detalle del Plan de Mantenimiento en SIGMA

Web Intelligence | Entrada de petición de usuario | Avanzadas | Ejecutar | Mes: 202101;202102;202103;202104;202105; Operación: Antapaccay (opcional) Modelo: (opcional) 797F

Mes	Fecha	Operación	Modelo	Número Equipo	Estado	Descripción Unida	Descripción del Evento	Duración Plan
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-01_ACY	Completed	BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	0,32
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-02_ACY	Completed	SIN AIRE PARA ARRANQUE, SE RECARGA AIRE	SIN AIRE PARA ARRANQUE, SE RECARGA AIRE	0,35
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-22_ACY	Completed	LLANTAS DESGASTADAS POS 3 Y 4	LLANTAS DESGASTADAS POS 3 Y 4	3,72
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-23_ACY	Completed	BAJO NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO	BAJO NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO	0,35
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-23_ACY	Completed	FUGA DE ACEITE	FUGA DE ACEITE	1,03
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-24_ACY	Completed	DIRECCION DURA,	DIRECCION DURA,	0,22
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-24_ACY	Completed	NO FUNCIONA CAMARA RETROCESO, EN TALLER: EVALUACI?N Y REPARACI?N DE CABLEADO DE CAMARAS	NO FUNCIONA CAMARA RETROCESO, EN TALLER: EVALUACI?N Y REPARACI?N DE CABLEADO DE CAMARAS	10
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-24_ACY	Completed	PERNOS DE GUARDA DE DAMPER FALTANTES	PERNOS DE GUARDA DE DAMPER FALTANTES	1,07
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-26_ACY	Completed	FUGA DE ACEITE DE MOTOR	FUGA DE ACEITE DE MOTOR	3,35
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-27_ACY	Completed	EVENTO DE COMBUSTIBLE	EVENTO DE COMBUSTIBLE	3,07
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-28_ACY	Completed	BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	1,13
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-28_ACY	Completed	PERDIDA DE POTENCIA	PERDIDA DE POTENCIA	5,82
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-28_ACY	Completed	PERDIDA DE POTENCIA INY 1 Y 18,	PERDIDA DE POTENCIA INY 1 Y 18,	1,95
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-29_ACY	Completed	31-29_ACY: PM4	31-29_ACY: PM4	33,05
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-30_ACY	Completed	EVENTO DE VALVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE	EVENTO DE VALVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE	4,27
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-33_ACY	Completed	BAJO NIVEL DE ACEITE DIRECCI?N	BAJO NIVEL DE ACEITE DIRECCI?N	3,87
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-36_ACY	Completed	ALTA TEMPERATURA DE ACEITE DE CONVERTIDOR	ALTA TEMPERATURA DE ACEITE DE CONVERTIDOR	0,5
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-38_ACY	Completed	31-38_ACY: CAMBIO ACEITE DE MOTOR POR 50 HORAS	31-38_ACY: CAMBIO ACEITE DE MOTOR POR 50 HORAS	1,2
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-39_ACY	Completed	NO SUBE VENTANA COPILOTO	NO SUBE VENTANA COPILOTO	0
Octubre	1/10/21	Antapaccay	797F	31-42_ACY	Completed	NO ARRANCA	NO ARRANCA	3,3
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-20_ACY	Completed	RELLENO DE ACEITE DE MOTOR	RELLENO DE ACEITE DE MOTOR	0,37
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-21_ACY	Completed	BAJO NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO	BAJO NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO	0,3
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-22_ACY	Completed	31-22_ACY: PMS	31-22_ACY: PMS	49,42
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-22_ACY	Completed	PERDIDA DE POTENCIA	PERDIDA DE POTENCIA	11,1
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-23_ACY	Completed	BAJA POTENCIA MOTOR,	BAJA POTENCIA MOTOR,	2,75
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-23_ACY	Completed	FUGA ACEITE TRANSMISION	FUGA ACEITE TRANSMISION	4,25
Octubre	2/10/21	Antapaccay	797F	31-26_ACY	Completed	FUGA DE AIRE POR LLANTA POS 5	FUGA DE AIRE POR LLANTA POS 5	5,37

Resumen MES | Detalle Mes | Detalle Semanal | Detalle Tabular | Detalle Semanal (TURNO)

Entrada de petición de usuario | Antapaccay | 797F | Nombre Equipo (Todos los valores) | Semana (Todos los valores) | Noviembre

### PLAN MANTENIMIENTO - CALENDARIO

#### Noviembre

Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1 - TEMPERATURA TURBINA 3 - 31-23_ACY: CAMBIO DE ACEITE 3 (PM 250) Ev: 12 - OT: 4	2 - TEMP TURBINA ADMISION ALTA - 31-23_ACY: CAMBIO DE ACEITE 3 (PM 250) - 31-29_ACY: PMS + CAMBIO DE CYLINDER PACK 5 Ev: 12 - OT: 23	3 - SIN AIRE PARA ARRANQUE - 31-23_ACY: CAMBIO DE ACEITE 3 (PM 250) - 31-29_ACY: PMS + CAMBIO DE CYLINDER PACK 5 - 31-22_ACY: PM1 Ev: 15 - OT: 38	4 - SE APAGA EQUIPO / BAJO NIVEL - 31-29_ACY: PMS + CAMBIO DE CYLINDER PACK 5 - 31-22_ACY: PM1 - 31-27_ACY: CAMBIO ACEITE DE MOTOR X 50 HRS Ev: 7 - OT: 8	5 - SIN LUCES DE RETROCESO - 31-22_ACY: PM1 - 31-27_ACY: CAMBIO ACEITE DE MOTOR X 50 HRS - 31-29_ACY: PMS Ev: 14 - OT: 31	6 - SE ACTIVA SISTEMA AFEX - 31-27_ACY: CAMBIO ACEITE DE MOTOR X 50 HRS - 31-29_ACY: PMS - 31-21_ACY: CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + RELLENO DE ACEITE 4 Ev: 16 - OT: 44	7 - SIN AIRE PARA ARRANQUE - 31-23_ACY: PMS - 31-21_ACY: CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + RELLENO DE ACEITE 4 - 31-20_ACY: CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + RELLENO DE ACEITE 2 Ev: 19 - OT: 50
8 - SIN AIRE PARA ARRANQUE - 31-01_ACY: PM2 Ev: 23 - OT: 38	9 - SONIDO EN DIRECCIO - 31-01_ACY: PM2 - 31-01_ACY: PM2 Ev: 17 - OT: 26	10 - SONIDO EN DIRECCIO - 31-01_ACY: PM2 - 31-01_ACY: PM2 - 31-36_ACY: PMS Ev: 10 - OT: 22	11 - PERDIDA DE POTENCIA - 31-01_ACY: PM2 - 31-36_ACY: PMS - 31-23_ACY: PM3 Ev: 15 - OT: 35	12 - RELLENO ACEITE MOTOR - 31-38_ACY: PMS - 31-23_ACY: PM3 - 31-34_ACY: PMS Ev: 15 - OT: 68	13 - PERDIDA DE POTENCIA - 31-34_ACY: PMS - 31-24_ACY: PM3 Ev: 3 - OT: 16	14 - VIBRACION EXCESIVA EN MARCHA 3 - 31-34_ACY: PMS - 31-24_ACY: PMS - 31-24_ACY: PMS Ev: 10 - OT: 24
15 - NO ARRANCA FALTA AIRE - 31-21_ACY: PM4 Ev: 8 - OT: 23	16 - SIN AIRE PARA ARRANQUE - 31-21_ACY: PM4 - 31-21_ACY: PM4 Ev: 22 - OT: 47	17 - SIN AIRE ACONDICIONADO - 31-21_ACY: PM4 - 31-21_ACY: PM4 - 31-22_ACY: CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + RELLENO DE ACEITE 2 Ev: 11 - OT: 25	18 - 31-32_ACY: PMS Ev: 1 - OT: 1	19	20 - 31-36_ACY: CAMBIO DE MANDO DE BOMBA + BOMBA DE LEVANTE Ev: 1 - OT: 2	21
22	23	24	25	26	27	28

Resumen MES | Detalle Mes | Detalle Semanal | Detalle Tabular | Detalle Semanal (TURNO)

Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





**d. Nuevo organigrama para la operación:** El 2020 mostró que la precisión de servicio y la poca ejecución de backlog así como su generación en cantidad y calidad fueron muy pobres, el PM se atiende con 3 técnicos que ejecutaran el cambio de aceites, filtros y realizaran las evaluaciones de funcionamiento y calidad, 1 inspector inspecciona y genera backlogs, 2 técnicos ejecutan backlogs y 3 técnicos realizan los cambios de los componentes de estar programados, los PM como base se programan para 24 horas.

Los resultados de esta cuantificación de recursos fue que muchos de los backlogs se reprogramaron con un solo inspector, este no podía generar backlogs de calidad ni la cantidad esperada para las 500 horas de servicio, los PM se alargaban en un 100% o 200% del tiempo programado, los eventos no programados se incrementaron en campo y las fallas catastróficas de componentes se hicieron comunes cada mes, el análisis de la información indico que se requiere incrementar en un 50% el personal de la operación, para ello, se propuso un nuevo organigrama en el que se mantiene la estructura básica solo con un incremento en el personal técnico encargado de la ejecución de las tareas de mantenimiento, “tabla 6”.

**Tabla 6**

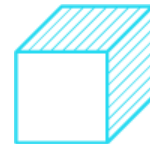
*Resumen de Comparación del Organigrama 2020 – 2021*

Personal	Real	Presupuestado	Vacante
<b>Empleados</b>	32	32	4
<b>Tecnicos</b>	36	54	18
<b>Total</b>	68	86	<b>22</b>

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

**e. Resultados de la disponibilidad, confiabilidad, precisión de servicio y ejecución de backlog:** Respecto a los cambios que





se estuvieron realizando en la operación durante este año se puede observar que los indicadores de mantenimiento tienen nuevos resultados, *los cambios progresivos como resultado de la aplicación de esta nueva estrategia nos indica que respetando la metodología en base al análisis de la información y proyectando el planeamiento ordenado y monitoreo constante de los componentes respecto a la flota de camiones pueden brindarnos mejores resultados*, estos son los datos:

- Se observa un claro incremento en la distribución de la indisponibilidad por horas respecto al mantenimiento programado, ahora es de 53% (gráfico 12).
- La disponibilidad a la fecha subió a 84.60% (gráfico 13).
- La confiabilidad MTBF subió a 38.69 horas (gráfico 14).
- El cumplimiento de ejecución de backlog es un pendiente por la operación, se está en proceso de la contratación de inspectores para reemplazar al personal del cliente, pero en el año se logró ejecutar casi todo lo generado quedando pendientes algunos backlog relacionados a mejoras del producto (gráfico 15).
- Respecto a la precisión de servicio, en los últimos dos meses se logró mantener la precisión por sobre el 60%, con el incremento del nuevo personal se estima llegar al 90% a fin de año (gráfico 16).
- Respecto al manejo de la información, ahora es parte del proceso mantener la información actualizada día a día en AMT y de él se obtiene la información detallada para generar más planes enfocados en las fallas más recurrentes de los equipos conocidas como TOP FIVE y/o TOP TEN, “figura 19”.

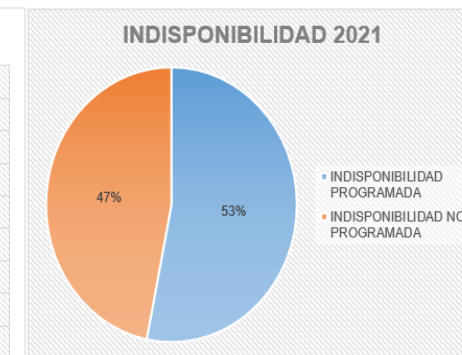




**Gráfico 12**

Gráfica de la Indisponibilidad y Top Ten 2021

SUB-SISTEMA	HR PARADA
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	15575.32
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	2369.73
1300 LUBRICATION SYSTEM	2254.48
4200 WHEEL & TIRE	1721.25
5050 HYDRAULIC SYSTEM	1617.85
7258 DUMP BODY (TOLVA)	992.62
1250 FUEL SYSTEM	988.87
1050 AIR INDUCTION & EXHAUST SYSTEM	812.06
4250 BRAKING SYSTEM	740.89
1450 STARTING SYSTEM	535.36
4300 STEERING SYSTEM	381.73
3030 TRANSMISSION	363.20
1000 ENGINE	301.09
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	190.68
ACCIDENTE	106.62
7300 OPERATOR STATION	96.09
7200 SUSPENSION	84.55
9770 FIRE SUPRESION SYSTEM	58.56
3258 DIFFERENTIAL	45.73
3250 DRIVE LINE / DRIVE AXLE	23.45
1900 ENGINE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM	15.16
3101 TORQUE CONVERTER	14.27
4800 DRIVE TRAIN ELECTRONIC CONTROL	2.31
3168 TRANSMISSION ELECTRONIC CONTROL	1.08
1400 ELECTRIC SYSTEM	0.63
7600 MACHINE ELEC CTRLS & DATA MGMT SYS	0.38
NO CLASIFICADO	0.00



TOTAL HR DE PARADA MANTENIMIENTO	29293.95	15.55%
TOP TEN	27608.42	94.25%
TOP FIVE	23538.62	80.35%

INDISPONIBILIDAD 2021	
INDISPONIBILIDAD PROGRAMADA	15575.32
INDISPONIBILIDAD NO PROGRAMADA	13718.63

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

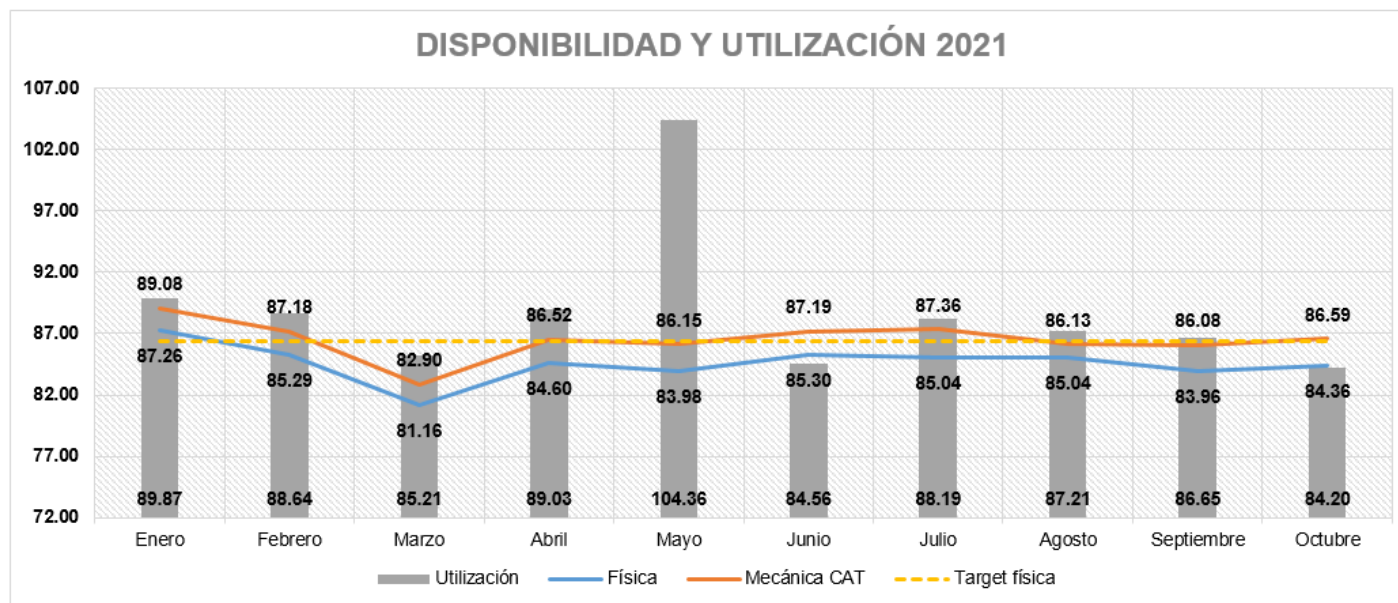






**Gráfico 13**

Gráfica de la Disponibilidad y Utilización 2021



		2021										YTD	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		
ANTAPACCAY	797F	Física	87.26	85.29	81.16	84.60	83.98	85.30	85.04	85.04	83.96	84.36	84.60
	Mecánica CAT	89.08	87.18	82.90	86.52	86.15	87.19	87.36	86.13	86.08	86.59	86.52	
	Utilización	89.87	88.64	85.21	89.03	104.36	84.56	88.19	87.21	86.65	84.20	88.79	
	Target física	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	

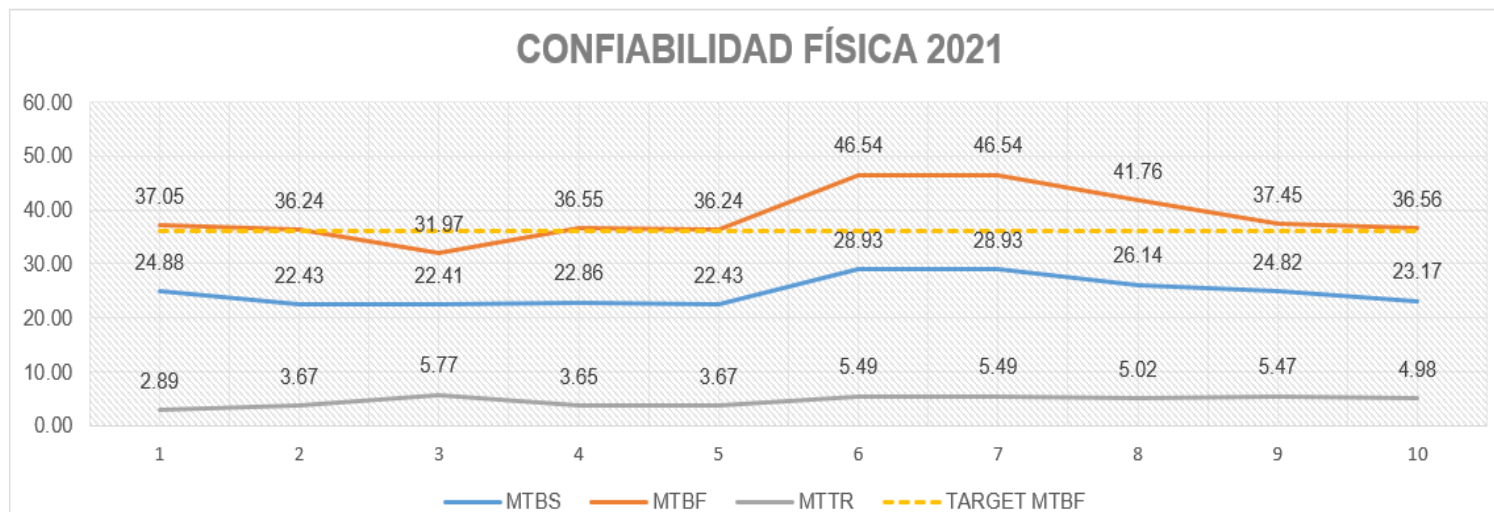
Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 14**

Gráfica de la Confiabilidad Física 2021



		202101	202102	202103	202104	202105	202106	202107	202108	202109	202110	YTD
<b>FISICA</b>	<b>MTBS</b>	24.88	22.43	22.41	22.86	22.43	28.93	28.93	26.14	24.82	23.17	24.70
	<b>MTBF</b>	37.05	36.24	31.97	36.55	36.24	46.54	46.54	41.76	37.45	36.56	38.69
	<b>MTTR</b>	2.89	3.67	5.77	3.65	3.67	5.49	5.49	5.02	5.47	4.98	4.61
	<b>TARGET MTBF</b>	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

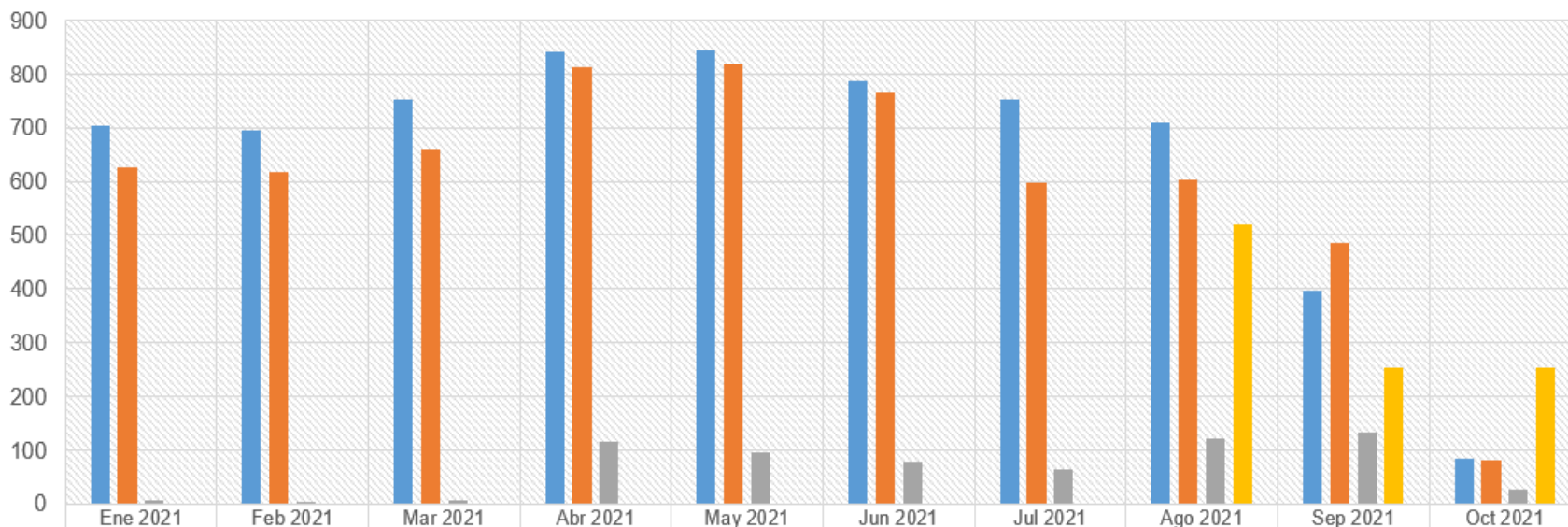
**Gráfico 15**

Reporte de Cumplimiento de Backlog 2021





## REPORTE DE CUMPLIMIENTO DE BACKLOG 2021



■ Generados	703	694	753	841	843	787	752	708	396	83
■ Ejecutados	625	616	659	813	819	768	598	603	486	81
■ Abandonados	5	1	6	115	95	77	65	120	133	26
■ Pendientes	0	0	0	0	0	0	0	520	253	252

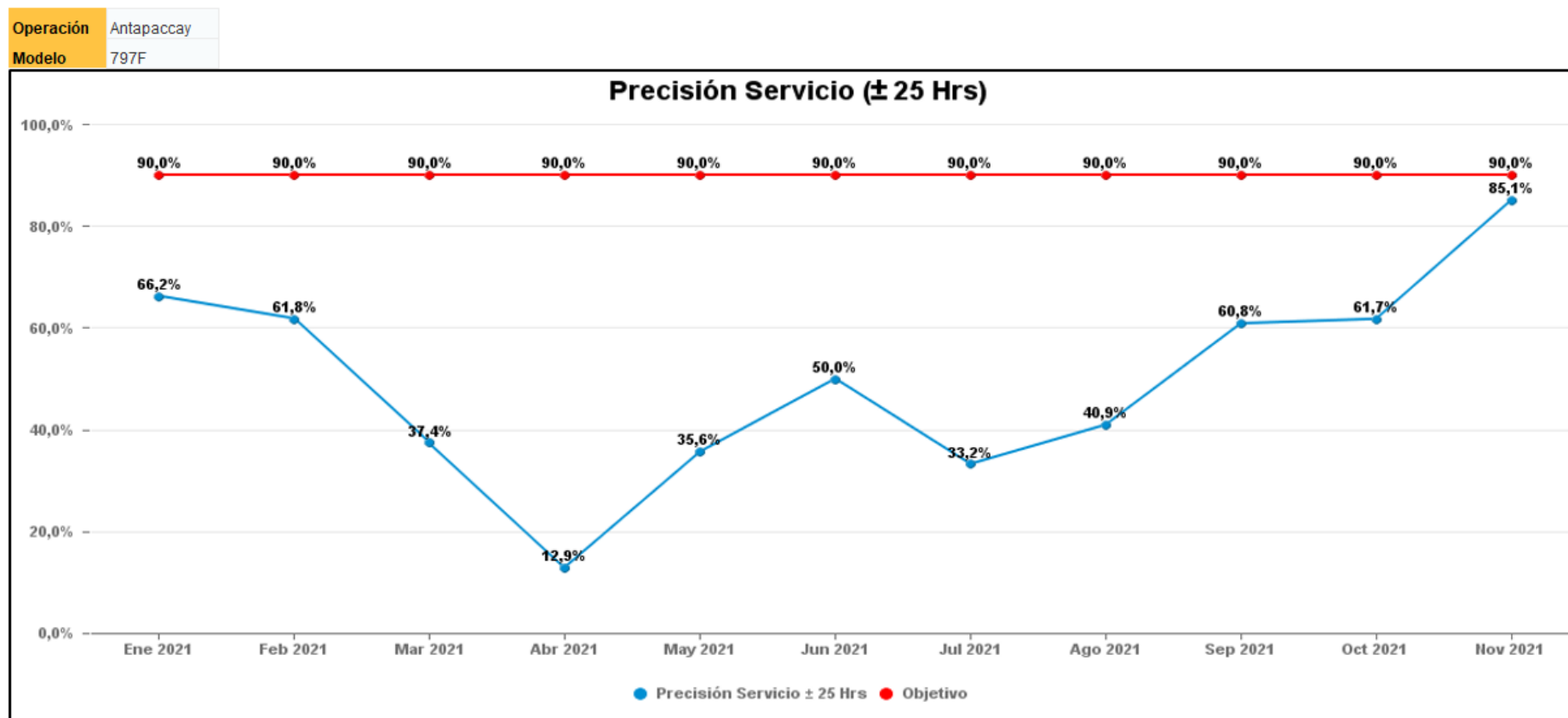
Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)





**Gráfico 16**

Gráfica de la Precisión de Servicio 2021



Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)





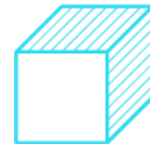
**Figura 19**

Vista del Entorno AMT para la Administración de Información

M o	Model	Equipment	S t	Description	Task Type	Target Date	C	O v	Priority	Dur et...	Lab Ho...	Age	Job Ready Status	Workorder Number	Workgroup	P ri	Stat us	Plan Start	Location	WO Comp...	Actual Daily Average Uti...	Completed On	Compon
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 6	PM - Servi...	05-Mar.-2...			Media	3.0	8.0	985	Not Autho...	AMT73W0321766			05-Mar.-2019 08...		N	17.41	05 Mar 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM6	PM - Servi...	17-Mar.-2...			Media	20.0	137...	972	Not Autho...	AMT73W0327586	Guardia A		20-Mar.-2019 19...		N	17.41	23 Mar 2019	7538 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 1	PM - Servi...	04-Abr.-2...			Media	4.0	8.0	954	Not Autho...	AMT73W0332710	Guardia A		07-Abr.-2019 19...		N	17.41	08 Apr 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM1	PM - Servi...	20-Abr.-2...			Media	28.0	140...	939	Not Autho...	AMT73W0337112			25-Abr.-2019 04...		N	17.41	30 Apr 2019	7501 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 2	PM - Servi...	12-May.-2...			Media	4.0	8.0	916	Not Autho...	AMT73W0343230	Guardia A		13-May.-2019 2...		N	17.41	13 May 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM2	PM - Servi...	27-May.-2...			Media	18.0	152...	901	Not Autho...	AMT73W0351016			31-May.-2019 0...		N	17.41	02 Jun 2019	7502 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 3	PM - Servi...	16-Jun.-2...			Media	4.0	8.0	882	Not Autho...	AMT73W0358152	Guardia A		19-Jun.-2019 11...		N	17.41	19 Jun 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM3	PM - Servi...	02-Jul.-20...			Media	32.0	160...	866	Not Autho...	AMT73W0359904			02-Jul.-2019 06...		N	17.41	03 Jul 2019	7503 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 4	PM - Servi...	18-Jul.-20...			Media	4.0	8.0	849	Not Autho...	AMT73W0366464	Guardia A		20-Jul.-2019 22...		N	17.41	21 Jul 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM4	PM - Servi...	11-Ago.-2...			Media	30.5	152...	826	Not Autho...	AMT73W0372138	Guardia A		04-Ago.-2019 1...		N	17.41	07 Aug 2019	7504 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 5	PM - Servi...	22-Ago.-2...			Media	4.0	8.0	814	Not Autho...	AMT73W0378075	Guardia A		24-Ago.-2019 0...		N	17.41	26 Aug 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM5	PM - Servi...	04-Oct.-2...			Media	14.0	150...	772	Not Autho...	AMT73W0394225	Guardia A		01-Oct.-2019 08...		N	17.41	02 Oct 2019	7515 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 6	PM - Servi...	17-Oct.-2...			Media	4.0	8.0	758	Not Autho...	AMT73W0399417	Guardia A		21-Oct.-2019 20...		N	17.41	22 Oct 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM6	PM - Servi...	03-Nov.-2...			Media	27.5	137...	741	Not Autho...	AMT73W0402725	Guardia A		17-Nov.-2019 2...		N	17.41	19 Nov 2019	7538 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 1	PM - Servi...	27-Nov.-2...			Media	4.0	8.0	718	Not Autho...	AMT73W0403611	Guardia A		21-Oct.-2019 20...		N	17.41	22 Oct 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR 1	PM - Servi...	04-Dic.-2...			Media	12.0	8.0	710	Not Autho...	AMT73W0414837			06-Dic.-2019 06...		N	17.41	07 Dec 2019	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM1	PM - Servi...	25-Dic.-2...			Media	20.0	140...	689	Not Autho...	AMT73W0419521	Guardia B		21-Dic.-2019 04...		N	17.41	23 Dec 2019	7501 - PM	
A	797F	31-01_AC...		LIMPIEZA DE RADIADOR CON ELEMENTO LIM...	PM - Servi...	27-Dic.-2...			Media	1.0	0.0	688	Not Autho...	AMT73W0421375			21-Dic.-2019 04...		N		23 Dec 2019	1350 - EN	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE 3 + CAMBIO DE FILTROS...	PM - Servi...	26-Feb.-2...			Media	4.0	8.0	626	Not Autho...	AMT73W0435473	Guardia A		04-Mar.-2020 07...		N	17.41	04 Mar 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM3	PM - Servi...	19-Mar.-2...			Media	32.0	160...	605	Not Autho...	AMT73W0442410	Guardia B		05-Mar.-2020 04...		N	17.41	12 Mar 2020	7503 - PM	
A	797F	31-01_AC...		PM4	PM - Servi...	27-Abr.-2...			Media	30.5	152...	566	Not Autho...	AMT73W0456018	Guardia A		22-Abr.-2020 16...		N	17.41	23 Apr 2020	7504 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE 5 (PM 250)	PM - Servi...	14-Jun.-2...			Media	4.0	8.0	517	Not Autho...	AMT73W0462122	Guardia A		27-May.-2020 2...		N	17.41	27 May 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	PM - Servi...	14-Jun.-2...			Media	4.0	8.0	517	Not Autho...	AMT73W0457552	Guardia A		21-May.-2020 0...		N	17.41	21 May 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM5	PM - Servi...	05-Jul.-20...			Media	30.0	150...	496	Not Autho...	AMT73W0471387	Guardia B		11-Jul.-2020 15...		N	17.41	13 Jul 2020	7515 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR X 50 HRS	PM - Servi...	27-Ago.-2...			Media	3.0	8.0	443	Not Autho...	AMT73W0428208	Guardia A		19-Ene.-2020 1...		N	17.41	19 Jan 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM2	PM - Servi...	05-Set.-2...			Media	30.5	152...	435	Not Autho...	AMT73W0435135	Guardia A		07-Feb.-2020 04...		N	17.41	08 Feb 2020	7502 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + REL...	PM - Servi...	25-Set.-2...			Media	12.0	0.0	415	Not Autho...	AMT73W0489238	Guardia A		22-Set.-2020 23...		N	17.41	25 Sep 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		PM1	PM - Servi...	29-Oct.-2...			Media	28.0	140...	380	Not Autho...	AMT73W0483691	Guardia A		21-Oct.-2020 19...		N	17.41	22 Oct 2020	7501 - PM	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	PM - Servi...	05-Nov.-2...			Media	4.0	8.0	374	Not Autho...	AMT73W0485304	Guardia A		07-Set.-2020 07...		N	17.41	09 Sep 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE ACEITE 4	PM - Servi...	11-Nov.-2...			Media	4.0	8.0	367	Not Autho...	AMT73W0452651	Guardia A		09-Abr.-2020 11...		N	17.41	09 Apr 2020	7523 - 125	
A	797F	31-01_AC...		CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE + REL...	PM - Servi...	14-Nov.-2...			Media	4.0	8.0	364	Not Autho...	AMT73W0503630	Guardia A		04-Nov.-2020 2...		N	17.41	07 Nov 2020	7523 - 125	

Fuente de elaboración: (Ferreiros S.A., 2021)





### 3.3. COSTOS DEL PROYECTO

Los costos del proyecto antes y después de la aplicación del proyecto de mejora se pueden analizar en base a la pérdida de la producción y el incremento de gastos a Ferreyros por el incremento de recursos humanos y herramientas.

#### 1. ¿Qué nivel de pérdidas tenía antes de plantear su proyecto de mejora?

Antes de plantear el proyecto, la operación minera desde el 2018 estuvo teniendo Pérdidas de Producción en horas superiores a las 345 horas de parada anuales.

En el 2019, muchos equipos se quedaron detenidos sin darles mantenimiento por falta de personal en campo y taller, se incrementaron las fallas catastróficas de componentes mayores y la ejecución de backlog fue muy pobre, esto como resultado de que el cliente asumió el control total del mantenimiento, las pérdidas fueron superiores a las 11550 horas.

En el 2020 cuando se estuvo iniciando la aplicación de la metodología PMO, el impacto de la propagación del COVID-19 ocasiono que la operación parara, solo se trabajó con personal limitado para dar atención primaria y ejecución de cambios de aceite por varios meses hasta que se pudo incrementar el personal a medida que se conocía como protegerse del virus esto fue después de casi 4 meses de trabajar con personal reducido, esta situación no nos permitió aplicar la metodología y trajo pérdidas superiores a las 7128 horas.

Para el 2021, se pudo contar con el personal parcialmente completo desde el mes de mayo, se inició la aplicación de la metodología PMO, pero el acumulado de eventos del 2019 y 2020 aun no nos permite tener gran impacto sobre la disponibilidad y confiabilidad, pero se observa una reducción de las horas perdidas respecto a las horas calendario, 3742 horas perdidas son las registradas a la fecha, se redujo casi a la mitad de las horas perdidas del 2020.





Respecto a las pérdidas en costos de producción, se puede hacer un ensayo sencillo multiplicando las horas de producción pérdidas por 5000 dólares de costo de producción por cada hora que se detiene un 797F, ver “tabla 7” y “gráfico 17”.

**Tabla 7**

*Cuadro de Análisis de Pérdidas de Producción vs Disponibilidad*

CUADRO DE ANÁLISIS DE PERDIDAS DE PRODUCCIÓN VS DISPONIBILIDAD				
Años	2018	2019	2020	2021
Índice de Indisponibilidad Física	13.00%	13.00%	13.00%	13.60%
Proyección de la Disponibilidad Física	87.00%	87.00%	87.00%	86.40%
Disponibilidad Física Anual	86.84%	81.65%	83.70%	84.42%
Nivel de Pérdida de Disponibilidad Física	0.16%	5.35%	3.30%	1.98%
Nivel de Pérdidas de Producción en Horas	345.6	11550.00	7128.00	3742.20
Nivel de Pérdidas de Costos de Producción \$	1728000	57750000	35640000	18711000

INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO	
DESCRIPCIÓN	FORMULA
Horas Calendario (HC)	$NC \cdot HR \cdot D \cdot M$
Nivel de Pérdida de Disponibilidad Física (NPDF)	$PDF - DFA$
Nivel de Pérdidas de Producción (NPP)	$((HC \cdot NPDF) / 100)$
Nivel de Pérdidas de Costos de Producción (NPPC)	$NPP \cdot CHP$
Índice de Indisponibilidad Física (IIF)	$100 - PDF$
Proyección de la Disponibilidad Física (PDF)	
Disponibilidad Física Anual (DFA)	$HM / HC$
Numero de Camiones (NC)	
Horas de Mantenimiento (HM)	
Horas (HR)	
Días (D)	
Mes (M)	
Costo de la hora de producción del 797F (CHP)	\$ 5000

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

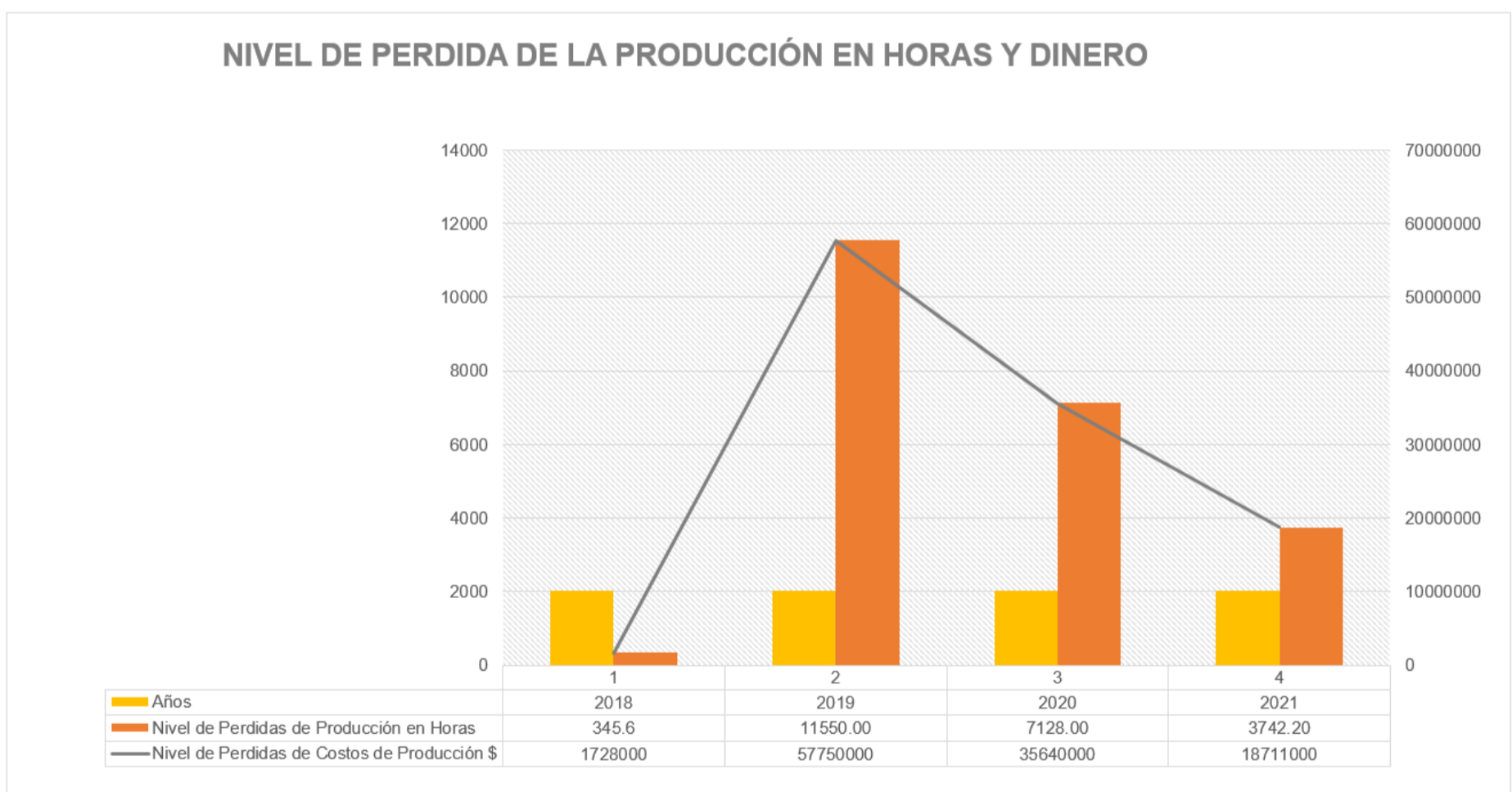
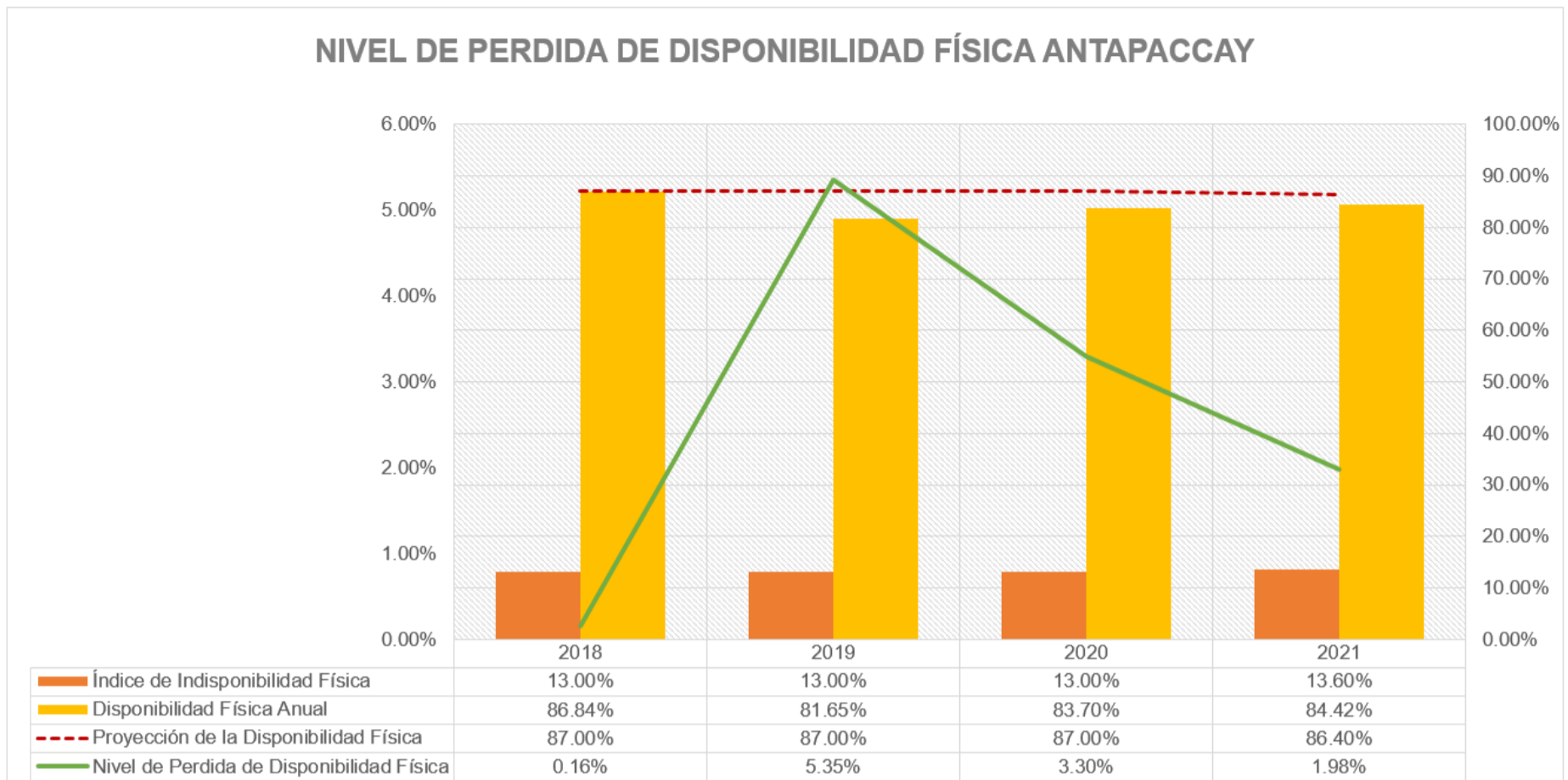






**Gráfico 17**

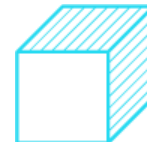
Gráfico de Análisis de Pérdidas de Producción vs Disponibilidad



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)







## 2. ¿Cuáles y cuanto fueron los costos de la aplicación de mejora para incrementar la disponibilidad y confiabilidad en la operación?

Para el año 2020 con un organigrama reducido y un pañol de herramientas muy pequeño los gastos de la operación se mantuvieron por encima de los 17413026 soles, para el año 2021, con el incremento de 18 técnicos repartidos en 4 guardias y una sustancial compra de herramientas y equipos para repotenciar el pañol de herramientas, al mes de octubre el gasto se elevó a 16735932 soles, como se observa en la tabla en Excel, de octubre a noviembre se sumaron casi 2225077 soles entre gastos de personal y herramientas.

Respecto a los gastos administrativos, depreciaciones o de soporte, estos se mantienen controlados, sus cuentas no varían mucho con el incremento del personal.

**Tabla 8**

*Cuadro comparativo del gasto 2020 - 2021*

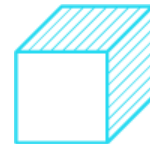
	GASTOS DE LA OPERACIÓN	GASTOS 2020	GASTOS 2021 ENERO - OCTUBRE	GASTOS INCREMENTADOS 2021	SUSTENTO
<b>GASTOS GENERALES</b>	Remuneraciones del personal	5451464		216000	INGRESO 18 TECNICOS
	Capacitacion del personal	121863		5077	INGRESO 18 TECNICOS
	Gastos administrativos	2309012		4000	INGRESO 18 TECNICOS
	Mantenimiento, suministro y alquileres	1359477		2000000	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
	Depreciaciones y miscelaneos	5416127			
	Total general	14657943		2225077	
	Gastos de soporte en mina	6468534			
	Gastos transferidos (devolución)	3713451			
<b>TOTAL GASTO OPERACIÓN</b>	<b>17413026</b>	<b>14510855</b>	<b>16735932</b>		

Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)

### 3.4. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Mediante el siguiente cronograma de actividades detallamos el tiempo de ejecución del plan de mejora de procesos en la operación minera Antapaccay, para ello se toma el detalle de las 10 actividades identificadas como críticas para lograr el incremento sustancial de la disponibilidad y confiabilidad en los camiones minero 797F.

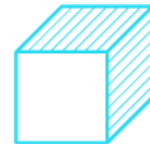




El tiempo estimado para la implementación se estima en 1 año completo, el inicio del plan se dio el 1 de marzo del 2021 y se estima culminar con la implementación del mismo en marzo del 2022 como se muestra en el cronograma.



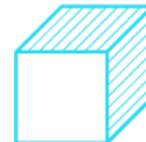




### 3.5. CONCLUSIONES

- Se obtuvo ventajas al poder identificar las principales fallas de los camiones que se repiten mes a mes mediante herramientas informáticas como el SIGMA o el DARIS que permiten tener una visión gráfica y estadística de los sistemas y sub sistemas con mayor número de fallas ya sea por horas o por frecuencia denominado TOP TEN de fallas, esta información le permite al técnico inspector o al monitorista, enfocar esfuerzos, inspecciones, evaluaciones y/o generar backlog en los PRE-PM Y PM.
- De esta manera, el poder tener el historial de tareas de mantenimiento en el AMT, permite conocer la magnitud de tareas pendientes de programar, tareas reprogramadas, ordenes de trabajo con repuestos incompletos o la repetición de tareas ya ejecutadas, el ingresar la información al administrador de datos permite esta ventaja por sobre el control manual del registro de la información de mantenimiento.
- Cuantificar los recursos necesarios para poder ejecutar las tareas programadas y no programadas, los cambios de componentes mayores y menores o solucionar algún desperfecto por accidente es fundamental en cualquier operación minera, el análisis de la realidad en Antapaccay indica que se requiere incrementar en un 50% el personal técnico ejecutor para poder realizar todo el acumulado de tareas pendientes en los camiones 797F, este análisis de recursos también se ve reflejado en el limitado número de herramientas y equipos que se tienen en pañol para la ejecución de trabajos incrementando excesivamente el tiempo de ejecución y disminuyendo las horas efectivas de trabajo.
- También se concluye que la falta de implementación de procesos estandarizados en planeamiento, mantenimiento, soporte de monitoreo de condiciones, logística y demás áreas de soporte en la operación Antapaccay es necesaria para simplificar los procesos actualmente establecidos.
- Mucha de la disponibilidad física perdida está relacionada a los trabajos correctivos no programados ejecutados en campo, pese a contar con





personal de experiencia (personal del cliente), detalles como las grandes distancias de los camiones al taller, falta de repuestos, falta de fluidos, áreas críticas no seguras donde quedan estacionados los camiones, fallas catastróficas que implican remolcar el equipo, y otras, impactaron severamente sobre la disponibilidad teniendo más del 50% de la indisponibilidad por mantenimiento calificada como no programada.

- La capacitación del personal técnico de Ferreyros se hizo necesaria durante el proceso de buscar calidad en la atención de equipos, mucho del personal técnico carece del conocimiento necesario para resolver los eventos de sistema o máquina de los camiones 797F, es por ello que los supervisores lideran el proceso de capacitación de los técnicos mediante el Service Pro, durante el presente año se obtuvo buenos resultados al lograr certificar a más del 50% de nuestro personal.

### 3.6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un historial de mantenimiento actualizado de toda la flota e ingresar en ella información de calidad pues las tareas de mantenimiento, planeamiento, monitoreo de condiciones logística y las demás áreas de soporte requieren de esta información para el análisis, programación, soporte y reporte para cada camión 797F.
- Se recomienda el uso de herramientas informáticas para la administración de la información, pues el procesar, registrar y reportar la información en el menor tiempo posible es indispensable en la competitiva actividad minera.
- Aplicar metodologías como el PMO para optimizar procesos de mantenimiento, si bien es una gran metodología que te permite aprovechar al máximo tus recursos asignados, esta se hace insuficiente cuando la disponibilidad y confiabilidad esta fuera de control, el aprovechar las mejores experiencias de otras metodologías y sumarlas a la ya establecida como el RCM permitirán alcanzar los objetivos en un menor tiempo.
- La disponibilidad y confiabilidad de los camiones requieren de una correcta generación de backlogs para mantener la cuota de tareas programadas y disminuir las no programadas o correctivas, es esencial la emisión de

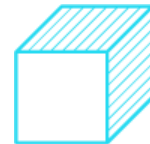




backlog de calidad desde el área de ejecución (técnica), es necesario conocer estadísticamente la media de backlogs generados que permita la confiabilidad de los camiones, se recomienda la especialización de los inspectores generadores de backlog en cada guardia operativa pues durante las casi 500 horas de trabajo por ciclo de PM el número de backlogs de calidad debe mantenerse.

- El monitoreo de los equipos en tiempo real es necesario en la prevención de fallas críticas, pese a que los camiones cuentan con sistemas que procesan registran y reportan eventos de fallas o funcionamiento de los equipos, la correcta interpretación por analistas especializados es esencial en cada operación minera.





## CAPÍTULO IV

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### BIBLIOGRAFÍA

Antapaccay, C. m. (2020). *Formato Daylist*. Cusco.

Aquepucho Sapacayo, Y., & Coaquira Fuentes, G. D. (2020). *repositorio.uarm.edu.pe*. Obtenido de [http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2146/Aquepucho%20Sapacayo%2c%20Yonathan\\_Coaquira%20Fuentes%2c%20Godo%20David\\_Trabajo%20de%20investigaci%c3%b3n\\_Bachillerato\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2146/Aquepucho%20Sapacayo%2c%20Yonathan_Coaquira%20Fuentes%2c%20Godo%20David_Trabajo%20de%20investigaci%c3%b3n_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Barrientos Medina, G. (2017). *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF*. Obtenido de [repositorio.usil.edu.pe: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3465/3/2017\\_Barrientos-Medina.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3465/3/2017_Barrientos-Medina.pdf)

Caterpillar. (07 de 2019). *Mining Equipment Management (MEM)*. Obtenido de [https://dealeradvancedsearch.cat.com/vivisimo/cgi-bin/query-meta?v%3Aproject=cat-dealer-site-project&query=Caterpillar%20Mining%20Equipment%20Management%20\(MEM\)](https://dealeradvancedsearch.cat.com/vivisimo/cgi-bin/query-meta?v%3Aproject=cat-dealer-site-project&query=Caterpillar%20Mining%20Equipment%20Management%20(MEM))

Caterpillar. (2021). *Dealer.Cat.com*. Obtenido de <https://cmic.cat.com/cda/files/2059155/9/ASHQ6039-02.pdf>

Caterpillar. (11 de 2021). *sis2.cat.com*. Obtenido de <https://sis2.cat.com/#/refine?serialNumber=LAJ&keyword=intervalo>

Ferreyros S.A. (2021). *Documentos, informes y gráficas digitales y electrónicos de la empresa*. Obtenido de <https://www.ferreyros.com.pe/:https://fred.ferreyros.com.pe/nosotros/estructura-organizacional/>



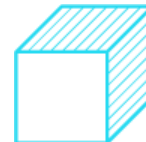


Maldonado Aymachoque, N. (2019). *repositorio.unac.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4481/TESIS%20NOEL%20MALDONADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mollo Rodríguez, E. A. (2021). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII - Para optar el título de Ingeniero Industrial. *TSP - Ingeniería y mantenimiento*. Arequipa, Perú: Electrónico&Digital.







## CAPÍTULO V

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AMT:** Gestionador (administrador) de activos para Ferreyros.

**BACKLOG:** Tarea pendiente de ejecutar.

**CAMION MINERO:** Equipo diseñado para acarrear mineral dentro de las compañías mineras, El 797F es un equipo diseñado por Caterpillar para acarrear 363 toneladas métricas.

**CHECK LIST:** Lista de verificación (de tareas o inspecciones)

**CORE:** Parte más valiosa de un componente.

**DARIS:** Sistema integrado de análisis de datos y reportes.

**DISPONIBILIDAD:** Capacidad de un camión de estar disponible y operativo para realizar una función.

**ET:** Técnico electrónico que permite evaluar, reportar, calibrar y configurar los parámetros de los equipos Caterpillar.

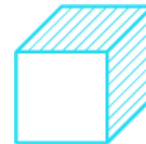
**FERROGRAFIA:** Análisis de la salud de las maquinas mediante el estudio y evaluación del aceite, el número de partículas suspendidas y su comparación con una tabla de límites de desgaste permite saber el estado del componente.

**FILTROGRAFIA:** Análisis de la magnitud de partículas incrustadas en el papel filtrante, la comparación determinara el nivel de desgaste de los componentes relacionados al mismo.

**GANTT:** Es un diagrama que representa la secuencia de todas las tareas asignadas al mantenimiento, de forma independiente y dimensionando su tiempo de ejecución.

**ICA:** Acción correctiva interina.





**INDISPONIBILIDAD:** La no capacidad de un camión a poder ser usado por diferentes razones como el estar malogrado.

**KPI:** Indicadores clave de gestión.

**MTBF:** Tiempo medio entre fallas de un camión.

**MTBS:** Tiempo medio de trabajo entre paradas.

**MTFS:** Tiempo medio de la primera parada después del servicio o PM.

**MTTR:** Tiempo medio para reparar.

**OT:** Orden de Trabajo.

**PCA:** Acción correctiva permanente.

**PCR:** Tiempo estimado para la planificación y reparación de componentes.

**PM:** Mantenimiento programado

**PMO:** Optimización del mantenimiento planeado.

**PRE PM:** Inspección general antes del mantenimiento programado.

**PRESICION DE SERVICIO:** Porcentaje de mantenimientos realizados dentro del intervalo establecido (500 horas).

**SAP:** Administrador y enlace de comunicación.

**SERVICE PRO:** Programa de desarrollo profesional interno.

**SICA:** Archivo con información referida al historial de paradas diarias de los camiones 797F.

**SIGMA:** Procesador de información gran minería.

**SIS2 CAT:** Sistema de información de servicio Caterpillar.





**SOS:** Proceso patentado (por Caterpillar) diseñado para convertir los datos de análisis de fluidos en información valiosa, necesaria para la administración de equipos y la reducción de costos operativos mediante su interpretación.

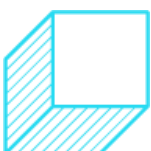
**STANDAR JOB:** Tiempo estimado para la ejecución de un trabajo en el 797F.

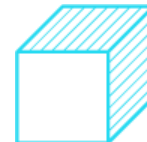
**STC:** Soporte técnico centralizado.

**TAREA ESTRATEGICA:** Tarea programada recomendada por planeamiento central u oficina técnica para su aplicación en la flota de camiones por el impacto a la disponibilidad.

**TOP DE FALLAS:** Principales fallas o fallas más representativas de un grupo registrado.

**VIMS:** Sistema de monitoreo de información vital.





## CAPÍTULO VI

### ANEXOS

#### *Anexo 1*

#### *Disponibilidad Física Según el MEM Caterpillar*



*Benchmarks & Targets:*

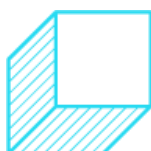
Physical Availability benchmarks vary significantly by machine model, size, age, design “maturity”, and design complexity. Physical Availability for mechanical Large Mining Trucks in the 785 – 797 size class is well documented.

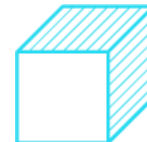
Our best data indicates that normal benchmarks are in the 88-92% range.

Machine/Model	Availability
LMT: from 785 to 797	88 – 92%
LWL: 992-993-994	88 – 92%
LTTT: D10-D11	88 – 92%
LMG: from 16 to 24	88 – 92%

*Table 1: Physical Availability Benchmarks for Large Mining Machines.*

Fuente: (Caterpillar, Mining Equipment Management (MEM), 2019)





## Anexo 2

### Confiabilidad Física Según el MEM Caterpillar

#### Benchmarks & Targets:

MTBS benchmarks vary significantly by machine model, size, age, and design "maturity" and design complexity. MTBS for mechanical Large Mining Trucks in the 785 - 797 size class is very well documented. Depending on machine models, the benchmark for a new truck fleet can be in the range of 60-90 hours while that of a "mature" fleet (one that has undergone its first round of major component replacements and rebuild) should be close to "as new performance".



Since benchmarks represent documented, "best in-class" performance sustainable over time, we are frequently asked to assess MTBS through a range of results. The following table represents our best data in this area.

MTBS Assessments/Characteristics	Machine Range		
	785-789	793	797
Excellent; high % of scheduled downtime; Maintenance Mgmt., organization is highly proactive	> 65 hours	> 60 hours	> 55 hours
Acceptable; majority of downtime is scheduled; substantial emphasis on Equipment Mgmt.	55 - 65 hours	50 - 60 hours	45 - 55 hours
Marginal; approx. half of all downtime is scheduled; Maintenance Mgmt. discipline is not fully functional	45 - 55 hours	40 - 50 hours	35 - 45 hours
Fair; < 40% downtime is scheduled; minimal effort on Equipment Mgmt.	35 - 45 hours	30 - 40 hours	25 - 35 hours
Poor; only PM's are scheduled; Equipment Mgmt. organization is purely reactive	< 35 hours	< 30 hours	< 25 hours

Table 2: MTBS Benchmarks for mechanical driven LMT.

Fuente: (Caterpillar, Mining Equipment Management (MEM), 2019)

## Anexo 3

### Tiempo Medio para Reparar Según el MEM Caterpillar





Benchmarks & Targets:

MTTR benchmarks vary somewhat by machine model, size, and design complexity but to a much lesser extent than MTBS. Machine age is the primary driver of MTTR. MTTR for mechanical Large Mining Trucks in the 785 – 797 size class is very well documented. The following table represents our best data in this area.

Machine/Model	MTTR
785-789-793	3-6 hours
797	4-7 hours

Table 4: MTTR Benchmarks for Mechanical LMT.

Fuente: (Caterpillar, Mining Equipment Management (MEM), 2019)

**Anexo 4**

*Campana de Distribución de Cargas*

Benchmarks:

There is no Benchmark that is applicable to the payload management metric. Target performance should be to comply with the CAT 10/10/20 policy (Figure 1), or as per any other documented/agreed payload policies.

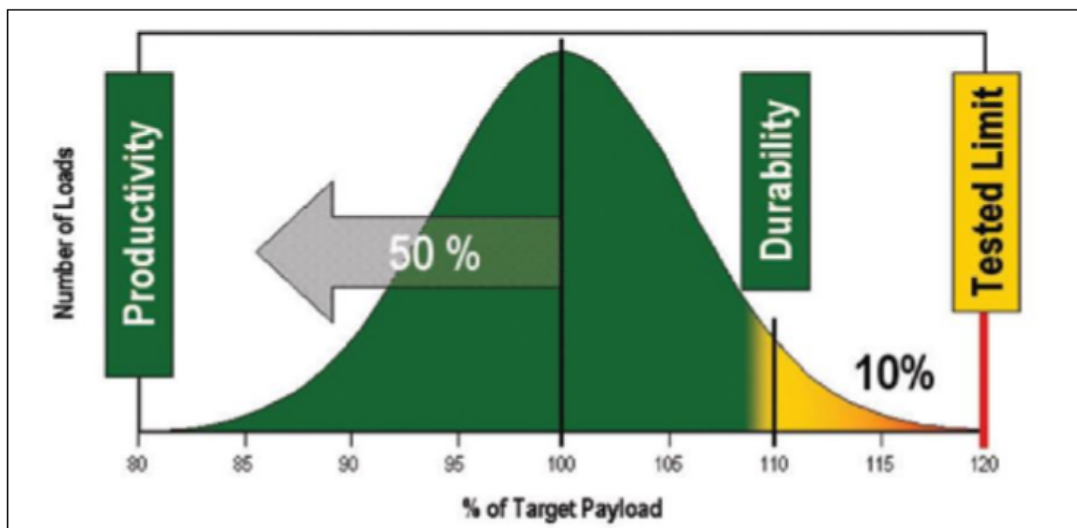


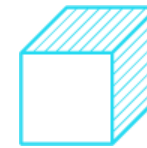
Figure 1: Payload Distribution

The policy stipulates that:

- “No more than 10 percent of payloads may exceed 110% of the target payload”.
- “No single payload shall ever exceed the maximum allowable payload, typically 120% of the target payload”.





Fuente: (Caterpillar, Mining Equipment Management (MEM), 2019)

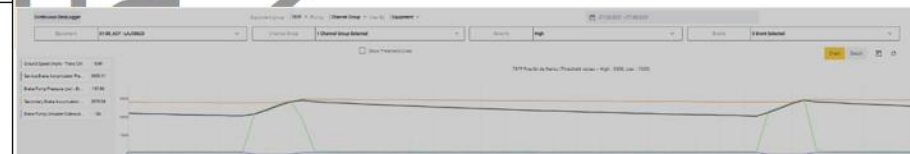




**Anexo 5**

*Formatos de Inspección por Monitoreo de un Evento*

INSPECCIÓN DE BASE DE FILTROS Y ACUMULADORES DE FRENO DE SERVICIO - PARQUEO						
FECHA	EQUIPO	CONDICION DE BASE DE FILTRO	PRESION DE ACUMULADORES DE FRENOS	FOTO BASE DE FILTROS	CODIGOS/EVENTOS RELACIONADOS A FALLA / DARIS	OBSERVACIONES
27-Jul	3136	NO OK	OK		NO PRESENTA	LIGERO HUMEDECIMIENTO ENTRE SEGMENTOS DE LA BASE DE FILTROS DE COMBUSTIBLE 3 Y 4. SE REAJUSTA PERNOS. QUEDA EN SEGUIMIENTO. (27-07-21 por la tarde, cambiaron base de filtro terciaria)
27-Jul	3137	OK	OK		NO PRESENTA	HUMEDECIMIENTO POR ACEITE QUE CAE DEL SELLO DE LABIO DE LA POLEA DEL COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO.
27-Jul	3138	OK	OK		NO PRESENTA	HUMEDECIMIENTO RESIDUAL POR EL CAMBIO DE LOS FILTROS.
27-Jul	3139	NO OK	OK		NO PRESENTA	PERNO SUELTO (HILO RODADO) ENTRE LA BASE TERCIARIA Y SECUNDARIA. FUGA POR ORFICIO TESTIGO DE BBA TRANSFERENCIA. FUGA POR SELLO DE LINEA DE ALTA DE INGRESO A FILTRO 1D. CAMBIAR PERNOS.



Fuente de elaboración propia: (Mollo Rodríguez, 2021)







**Anexo 6**

*Proceso de Desarrollo del Personal Técnico*

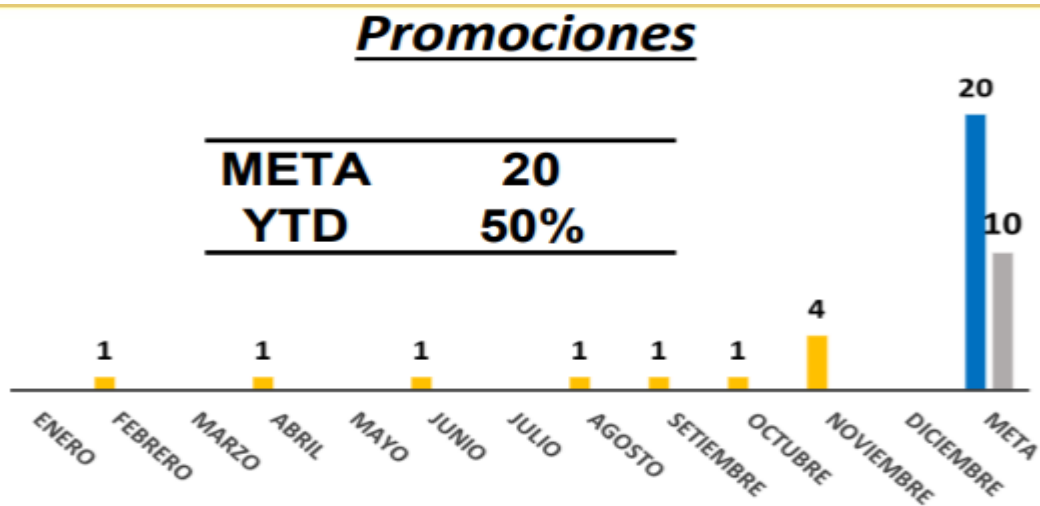
**SERVICE-PRO 2021**  
**TECNICOS EN EQUIPOS MINEROS**



Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)

**Anexo 7**

*Avance Service Pro, octubre el 2021*



Fuente de elaboración: (Ferreyros S.A., 2021)

