



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD TECNOLÓGICA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**PLAN DE MEJORAMIENTO PARA OPTIMIZAR DISPONIBILIDAD FLOTA  
BULLDOZER D10T CATERPILLAR.**

BASTIAN ANDRES VARAS MICHEA  
LUIS ALBERTO OLATE PIZARRO

2023



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**PLAN DE MEJORAMIENTO PARA OPTIMIZAR DISPOBILIDAD FLOTA  
BULLDOZER D10T CATERPILLAR.**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título  
de Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial.

PROFESOR GUÍA: JORGE REYES HUENCHO

BASTIAN ANDRES VARAS MICHEA  
LUIS ALBERTO OLATE PIZARRO

Copiapó, Chile 2023

## **Dedicatoria**

Primero que todo, agradecer a nuestras familias por apoyarnos a pesar de todas las adversidades que se nos presentaron en nuestro proceso estudiantil, la cual nos ayudaron en una parte muy difícil del término de nuestra carrera y por último a dios por ayudarnos y dar perseverancia para terminar este proceso.

Bastian Andres Varas Michea.

Luis Alberto Olate Pizarro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecer a todas esas personas que confiaron y vieron esas aptitudes que no teníamos idea en desarrollarlas y las cuales nos alentaron a seguir adelante en la adversidad y en los momentos más difíciles de esta etapa estudiantil. Ellos son Nuestros padres que a pesar de todo siempre han estado ahí. Además, también agradecer a nuestra empresa por darnos oportunidades en diferentes áreas en las cuales pertenecemos y poder desarrollar y aportar cada conocimiento aprendido.

Bastian Andres Varas Michea  
Luis Alberto Olate Pizarro.

## INDICE

Dedicatoria .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN .....	X
CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PLAN EN FLOTA BULLDOZER. ....	11
1.1 Introducción.....	11
1.2.1 Objetivo general.....	12
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
1.2.3 Metodología de trabajo. ....	12
CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA .....	13
2.1 Antecedentes generales FINNING CAT .....	13
2.1.1 Reseña histórica .....	13
2.1.3 Misión.....	15
2.1.4 Visión.....	15
CAPITULO III: MARCO TEORICO .....	16
3.1 Mantenimiento.....	16
3.2 Principales objetivos del mantenimiento.....	16
3.3 La disponibilidad .....	17
3.4 El objetivo de Confiabilidad.....	18
CAPITULO IV: ESTRUCTURA DEL AREA DE MANTENCION.....	26
4.1 Directrices del esquema de mantenimiento.....	26
4.3 Funciones del personal de mantención.....	28
CAPITULO V: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO .....	30
5.1 Equipo Bulldozer Caterpillar D10T2. ....	30
5.1.1 Datos Técnicos del equipo Bulldozer. ....	32
5.2 Componentes mecánicos. ....	33
5.2.1 Motor diésel C27 ACERT. ....	33
5.3 Cilindros de dozer y desgarrador .....	35
5.4 Sistema Power Train .....	36
5.5 Tren de rodaje.....	37
CAPITULO VI: ANALISIS DE DATOS RECOPIRADOS .....	40
6.1 Planteamiento y análisis de la problemática.....	40

6.1.1 Datos obtenidos para analizar disponibilidad mes a mes de la flota de Bulldozer.....	40
6.2 Ranking de modo falla agosto 2022 a julio 2023.....	42
.....	42
6.3 Ranking modo falla sistema rodado. ....	44
6.4 Plan de mejoramiento flota bulldozer modo falla sistema rodado. ....	44
CAPITULO VII: METODOLOGIA .....	48
7.1 Metodología de trabajo para dar solución al problema .....	48
7.2 Planilla de control e implementación de medición de rodado en flota Bulldozer..	50
7.2.1 Ranking según Inspección de Rodado bulldozer ingreso en programas mantenimiento. ....	52
7.2.2 Ajuste de TBO por desgaste de zapatas de cadenas. ....	53
7.3 Monitoreo de traslados de equipos en tiempo real (CUBIQ,WEAR MANAGEMENT SYSTEM).....	54
7.3.1 Plataforma de monitoreo CUBIQ. ....	55
7.3.2 Plataforma de control desgaste WEAR MANAGEMENT SYSTEM.....	58
.....	61
7.4 Plan de mejoramiento flota D10T. ....	62
7.5 Resultados obtenidos de ejecución de plan de mejoramiento para optimizar disponibilidad. ....	64
7.5.1 Registros de ejecución plan de acción. ....	65
7.5.2 Mejora Stock de componentes menores tren de rodado.....	65
CONCLUSION .....	68
RECOMENDACIONES .....	70
ANEXO .....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72

## INDICE DE FIGURA

Figura 2.1.2 Mapa de la ubicación de MINERA CANDELARIA. ....	14
Figura 2.1.4 Logo de la empresa.....	15
Figura 3.4 Diagrama Pareto .....	31
Figura 5.1 Equipo D10T2 .....	31
Figura 5.1 Bulldozer rajo mina .....	32
Figura 5.1.1 Componentes principales.....	33
Figura 5.2.1 Lado izquierdo motor .....	35
Figura 5.2.1 Lado izquierdo motor .....	35
Figura 5.3 Cilindros principales.....	35
Figura 5.4 Power train.....	36
Figura 5.5 Tren de rodaje componentes principales .....	37
Figura 5.5.1 Tren de rodaje y suspension tractor cadenas .....	38
Figura 7.2 Consolidación de plan de cambio cadenas planificación candelaria.....	53
Figura 7.2.1 Duración de zapatas por horas de operación .....	53
Figura 7.3.1 Plataforma de monitoreo CUBIQ.....	55
Figura 7.3.1 Desplazamiento en sector minero por odometro y distancia.....	55
Figura 7.3.1 Sub Herramienta cubiq monitoreo de equipo en traslado MYCAT .....	56
Figura 7.3.1 Visualink conexión con produc link para una mejor gestion de la flota .....	57
Figura 7.3.2 Plataforma herramienta control desgaste.....	59
Figura 7.3.2 Satisfaccion del cliente vs medicion.....	59
Figura 7.3.2 Puntos de medicion por herramienta control desgaste .....	60
Figura 7.3.2 Informe técnico de inspección CAT WEAR MANAGEMENT .....	61
Figura 7.5.1 Reemplazo de bastidores flota bulldozer.....	64
Figura 7.5.2.1 Stock de rodillos a piso.....	64
Figura 7.5.2.2 Stock de cadenas a piso .....	65
Figura 7.5.2.3 Stock de ruedas guías .....	65
Figura A anexo 1 Rodillo superior .....	70

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustracion 4.2 Organigrama de personal de Finning Candelaria para desarrollar las labores de mantenimiento. ....	27
Ilustracion 7.1 Metodología de confiabilidad de flota. ....	49

## **INDICE DE TABLA**

Tabla N°1 Actividades a realizar. ....	12
Tabla N°2 Dimensiones y pesos ....	32
Tabla N°3 Datos especificos de motor.....	32
Tabla N°4 Disponibilidad de mes Agosto 2022 Junio 2023 bulldozer D10T .....	41
Tabla N°5 Modos de fallas Agosto 2022 a Junio 2023.....	40
Tabla N°6 Plan de accion mejoramiento flota .....	45
Tabla N°7 Horas de flota de bulldozer D10T Y D11T .....	46
Tabla N°8 Planilla porcentaje desgaste.....	50
Tabla N 9 Planilla de priorización para cambio según programación semanal .....	51
Tabla N°10 Programación cambio cadena por avance .....	52

**INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación N°1 ..... 18  
Ecuación N°2 ..... 19  
Ecuación N°3 ..... 19  
Ecuación N°4 ..... 19  
Ecuación N°5 ..... 20

## RESUMEN

El siguiente estudio se basa en un plan de optimización de disponibilidad de la flota **BULLDOZER D10T CATERPILLAR**, la cual es la más crítica según indicadores obtenidos en un rango de 11 meses (agosto 2022 a junio 2023). Como resultado de este análisis se recopiló información a través de nuevas tecnologías que ofrece Caterpillar (WEAR MANAGER) y de los reportes realizados por los operadores, ya sea durante la operación o en la detención. Esta información recopilada por nuestro sistema AMT (Software de mantenimiento), que muestra la baja disponibilidad y fallas reiterativas de los equipos de apoyo (Tren de rodado y componentes), los cuales tienen un alto impacto en el desarrollo diario de las labores de producción de la mina, además de esto se describió de forma teórica los conceptos de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad, MTTR, MTBF y paretos), que fueron herramientas claves para determinar el plan a utilizar. Inicialmente se implementa un servicio de medición de rodado para mantener el control de la flota y así poder proyectar cambios de componentes con mayor criticidad. Luego se continua con el proceso de cambio y reparación de componentes asociados al tren de rodaje (bastidores, mandos finales, ruedas guías, tren rodado inferior).

Como finalización de este plan se incorpora el monitoreo del equipo en tiempo real, el cual consiste en el control sobre el desplazamiento que realizan los equipos en el sector mina. Esto es fundamental, dado que si excede el límite establecido por el fabricante produce el modo de falla ya controlado en anterior plan de acción.

Este plan de optimización contempla nuevas herramientas de control ofrecidas por el fabricante CATERPILLAR en el cual nos ayuda a tener una mejor información a la toma de decisiones futuras (MYCAT, PRODUC LINK, CAT WEAR MANAGEMENT, CUBIQ

## **CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PLAN EN FLOTA BULLDOZER.**

### **1.1 Introducción**

En la actualidad para la empresa FINNING CAT Y CANDELARIA, es de suma importancia desarrollar un plan de mantenimiento que permita aumentar la disponibilidad y productividad de los equipos de apoyo, de esta manera se logrará una mayor confiabilidad en su funcionamiento y en consecuencia más horas de producción. Para lograr este objetivo se entregará la información y herramientas adecuadas al personal involucrado en las mantenciones.

El plan de mantenimiento que se desea implementar en la flota Bulldozer debe ser eficaz, ya que son los equipos encargados de realizar las labores de limpieza y nivelación de la mina (tronadura programada) y estos se deben encontrar en óptimas condiciones de operación, estos equipos serán evaluados y mantenidos por el personal capacitado de la empresa, los que contarán con las herramientas y conocimientos adecuados para dicha labor.

Este procedimiento será ejecutado de tal manera que el plan de mantenimiento se enfocará en las fallas más comunes y reiterativas, las cuales dañan componentes y su vez estos producen un daño mayor con detenciones más prolongadas.

El objetivo de la implementación de este plan de mantenimiento es aumentar la disponibilidad de equipos, para lo cual se realizará un buen mantenimiento a componentes y además se usarán repuestos originales para darle una mayor confiabilidad, de esta manera se eliminarán las fallas más reiterativas, disminuyendo la criticidad de estos, analizando reportes diarios y cruzando información con el área de mantenimiento, la cual realizará las evaluaciones técnicas de esta. Debemos tener en cuenta que cada equipo al momento en que se le realice una mantención se ejecutará un levantamiento de observaciones y tareas, las cuales se incluirán en las próximas mantenciones, de esta forma se obtendrá una mayor disponibilidad del equipo disminuyendo las detenciones de operaciones mina.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos de apoyo D10T de la empresa MINERA CANDELARIA, para optimizar la disponibilidad de estos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el equipo Bulldozer D10T CAT y la importancia en el proceso de productividad y desarrollo de las labores de la mina, identificado las pérdidas y fallas que afectan la disponibilidad de dicho equipo.
- Explicar los conceptos de mantenimiento y tipos de éstos que se pueden aplicar en la flota de Bulldozer.
- Realizar un análisis comparativo entre las fallas más comunes para elaborar el plan de mantenimiento adecuado para que sea en terreno y aplicado por el personal capacitado.
- Graficar el inicio del plan y cómo se ha comportado desde su inicio hasta la fecha.
- Revisión de la ejecución del plan y las mejoras que ha tenido desde que se implementó.

### 1.2.3 Metodología de trabajo.

El proyecto tiene como propósito implementar un Mantenimiento Preventivo en taller y preventivo en terreno, mediante el desarrollo de una investigación documental que se basó en la utilización de fuentes secundarias representadas por los documentos recopilados en la empresa.

Tabla N° 1 Actividades a realizar.

<b>ACTIVIDADES PARA REALIZAR PROYECTO</b>
<b>1. ANALIZAR ESTADO DEL EQUIPO</b>
<b>2. REGISTRAR FALLAS MAS COMUNES</b>
<b>3. SEPARAR FALLAS MAS COMUNES</b>
<b>4. ANALISIS MODO EFECTO, FALLA Y CRITICIDAD DEL EQUIPO</b>
<b>5. IMPLEMETAR PLAN DE MANTENCION</b>
<b>6. SACAR CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>

Fuente: Elaboración Propia del plan

## **CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA**

### **2.1 Antecedentes generales FINNING CAT**

#### **2.1.1 Reseña histórica**

En 1928 un joven llamado Earl B. Finning tuvo una visión, Renunció a su cargo como vendedor de maquinaria Caterpillar en California y emigró a la provincia de Columbia Británica en Canadá para instalarse en Vancouver con un negocio de venta y servicio de maquinaria pesada, consiguiendo en 1933 la representación de Caterpillar para toda la provincia, así nació Finning Tractor & Equipment Co. Ltd. Earl tuvo siempre la creencia de que un oportuno suministro de repuestos junto a un servicio técnico profesional y eficiente era la clave para elevar la productividad de los equipos.

Después de la guerra, el desarrollo de Columbia Británica continuó a ritmo acelerado y Finning tuvo activa participación en el suministro de grandes cantidades de equipos trascendentes proyectos, tales como embalses, hidroeléctricas, plantas de celulosa, minas de oro, cobre y carbón, autopistas y fundación de nuevas ciudades. En los años 60 la empresa empleaba más de 1000 personas y tenía sucursales en toda la provincia, luego en los 70 trajo más desarrollo en base a las necesidades de sus clientes en el cual adaptó equipos para cumplir los requerimientos forestales. El mayor cambio fue en los años 80 cuando se transformó en empresa internacional, dado que adquirió los derechos de representar Caterpillar en Inglaterra Occidental, Gales y Escocia. En 1986 pasó a ser una sociedad anónima abierta tras la adquisición de representación Caterpillar en la provincia canadiense de Alberta.

Finning Chile a principios de los 90, se dieron los primeros pasos para la adquisición del representante de productos Caterpillar en territorio chileno, Gildemeister S.A.C. Poseedor de una excelente línea de equipos, junto con un eficiente respaldo de repuestos y servicio técnico, Gildemeister S.A.C que tenía la representación de Caterpillar Tractor para todo el territorio chileno desde 1940 había logrado el éxito de la marca en Chile.

En 1993, Finning Ltd. compró Gildemeister y en octubre de 1997, la razón social de la empresa fue cambiada a Finning Chile S.A

### 2.1.2 Ubicación y accesos

Finning Chile S.A se encuentra ubicado prestando servicios de modo contratista en Minera Candelaria, operada por Lundin Mining, ubicada a 15 KM al suroeste de la ciudad de Copiapó ( $27^{\circ}30'53''$  Sur y  $70^{\circ}17'22''$  Oeste) en la provincia de Copiapó, comuna de Tierra amarilla. Al yacimiento minero se puede acceder a través de Tierra Amarilla como por la ruta 5, a 11km al sur de Copiapó, ambos accesos conectan al camino publico C397, siendo esta vía de entrada a las instalaciones.

Figura 2.1.2 Mapa de la ubicación de MINERA CANDELARIA



Fuentes: Sitio web de la empresa.

### 2.1.3 Misión

Creemos en innovar y generar alianzas para construir y ser la fuente de energía para un mundo mejor.

### 2.1.4 Visión

Basándonos en nuestro conocimiento y experiencia global, somos un socio de confianza para la transformación del desempeño de nuestros clientes.

Valores:

- **Colaborativos:** Construimos alianzas basadas en el respeto y diversidad
- **Innovadores:** Creamos nuevas y mejores maneras de dar servicio a nuestros clientes.
- **Apasionados:** Estamos comprometidos en entregar resultados a través de prácticas seguras.

Figura 2.1.4 Logo de la empresa



Fuentes: Sitio web de la empresa

## **CAPITULO III: MARCO TEORICO**

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para este tipo de equipos, independiente de las horas de trabajo que este tenga, parte de sus componentes más críticos y otros componentes como partes móviles de este (Undercarriage), provocarán un desgaste mayor, no solo de un componente, si no de un sistema completo y el tiempo de reparación será mayor, ocasionado que la disponibilidad y la confiabilidad de estos equipos no sea la esperada, generando que los costos de reparación se eleven (repuestos, horas hombre, horas en que el equipo se encuentra detenido para el desarrollo mina ) generando pérdidas de tiempo y de costo monetario.

### **3.1 Mantenimiento**

Es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

### **3.2 Principales objetivos del mantenimiento**

El objetivo fundamental de mantenimiento es conservar en condiciones deseadas de operación de los componentes del sistema productivo con el mejor rendimiento posible y con costos compatibles:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la flota.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

### **3.3 La disponibilidad**

La disponibilidad de una instalación o equipo se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%), puesto que esto puede llegar a ser muy caro, anti rentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es generalmente suficiente.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento de cualquier tipo de equipo está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N° de horas totales de producción.
- N° de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento.
- Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada del equipo.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran una detención del equipo.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación.

En cuanto a los valores de disponibilidad establecidos por cliente en la flota de tractores es superior al 83% de forma sostenida.

Ecuación N° 1

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N° de equipos significativos}}$$

### 3.4 El objetivo de Confiabilidad

Para tener claro nuestro horizonte, en lo referente al cálculo, se debe tener claro qué es confiabilidad, para lo cual se puede definir de la siguiente manera: Es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes.

Como se deduce de esta definición, la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los pares. Como veremos más adelante, el cálculo de la confiabilidad según el método que exponemos se basa en la definición clásica de Laplace de probabilidad.

Otro aspecto importante de la definición anterior es que la confiabilidad se puede aplicar a un equipo, sistema, o a un componente.

Como se mencionó en la ecuación N°1 para el cálculo se basa en la expresión desarrollada por el ingeniero Lourival Tavares, en la cual la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR:

Ecuación N°2

$$R = f(MTBF, MTTR)$$

Donde:

R: Confiabilidad.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación

Ahora veamos cómo se relacionan las tres variables de la ecuación (1):

Ecuación N°3

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Como se observa en la ecuación (2), dicha expresión no es más que la definición de probabilidad según Laplace: Número de aciertos (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones). Esta es la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad.

Ahora bien, ¿cómo se determinan el MTBF y el MTTR?

Las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación N°4

$$MTBF = \left[ \frac{h_T}{P} \right] \times 100$$

Ecuación N°5

$$MTTR = \left[ \frac{h_p}{P} \right] \times 100$$

Donde:

HT: Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación.

P: Número de paros durante el período de evaluación.

HP: Horas de paro durante el período de evaluación.

Es aquí donde se hace importante tener, de manera clara, la clasificación de los paros por mantenimiento o producción, pues si se quiere calcular la confiabilidad por mantenimiento, por ejemplo, las horas de paro y el número de paros deben ser los imputados a mantenimiento exclusivamente.

El objetivo de mantenimiento persigue que este parámetro esté siempre por encima de un valor establecido en el diseño técnico-económico del equipo, y su valor es habitualmente muy alto.

❖ La vida útil de los equipos:

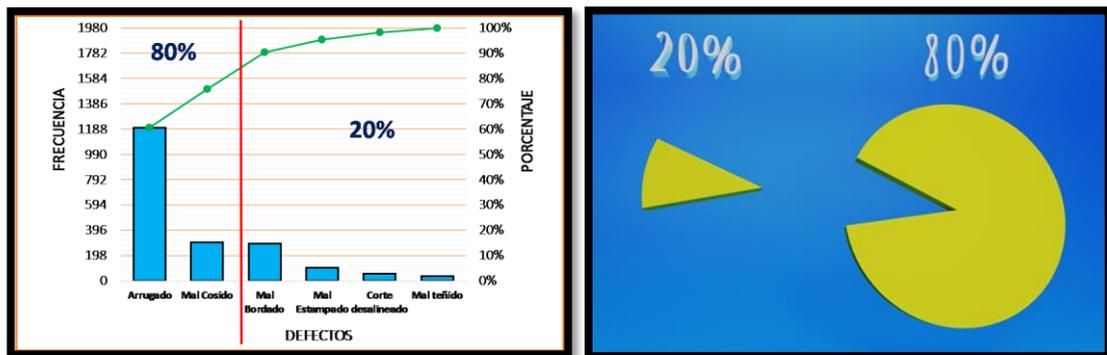
El tercer gran objetivo de mantenimiento es asegurar una larga vida útil. Es decir, los equipos deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado, de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo. La esperanza de vida útil que ofrece fábrica en este equipo es de 14.000 horas, esto no quiere decir que durará esas horas, dado que hay casos que el PCR supera lo establecido por el fabricante. (la condición de trabajo influye la durabilidad)

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal basado en reparaciones provisionales provoca la degrada rápidamente.

### ❖ El Diagrama de Pareto:

Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama que permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrial o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica.

Figura 3.4 Diagrama Pareto



Fuentes: Sitio web Wikipedia.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos y rebotes internos del pronosticado. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla.

### ❖ El cumplimiento del presupuesto

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costos a lo establecido en el presupuesto anual de cliente. Como se ha dicho en el apartado anterior, este presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediablemente los resultados y hace disminuir la vida útil del equipo o sistema.

### **3.5 Tipos de mantenimiento**

- ✓ **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos.
- ✓ **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.
- ✓ **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.), cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y en ocasiones de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

### **3.6 Estrategias de mantenimiento**

Una estrategia de mantenimiento es la decisión que adoptan los responsables de la gestión de una planta para dirigir su mantenimiento, haciendo que un grupo de tareas sean la base de la actividad de mantenimiento y el resto de las tareas esté supeditadas a ese conjunto básico de actividades. Existen al menos cinco estrategias de mantenimiento.

Tipos de estrategias de mantenimiento:

- Estrategia correctiva, en la que la reparación de averías es la base del mantenimiento
- Estrategia condicional, en la que es la realización de determinadas observaciones y pruebas la que dirige la actividad de mantenimiento.
- Estrategia sistemática, en la que el mantenimiento se basa en la realización de una serie de intervenciones programadas a lo largo de todo el año en cada uno de los equipos que componen la instalación.
- Estrategia de alta disponibilidad, en la que se busca tener operativa la instalación para producir el máximo tiempo posible y por lo tanto, las tareas de mantenimiento han de agruparse necesariamente en unos periodos de tiempo muy determinados, con poca afección a la producción.
- Estrategia de alta disponibilidad y fiabilidad, en la que no solo se confía el buen estado de la instalación a la realización de tareas de mantenimiento, sino que es necesario aplicar otras técnicas en otros campos (la ingeniería, el análisis de averías, etc.) para garantizar simultáneamente una alta disponibilidad y fiabilidad de las previsiones de producción.

Datos e indicadores útiles que debemos tener en cuenta al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento:

Un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento, es decir, a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Una de las cosas que debemos definir es, cuáles serán esos indicadores. Hay que tener cuidado en la elección, pues corremos el riesgo de utilizar como tales una serie de números que no nos aporten ninguna información útil. Corremos el riesgo de tomar datos, procesarlos y obtener a cambio otros datos.

Puntos más relevantes para seguir:

- Índices de Disponibilidad
- Indicadores de Gestión de OT (Órdenes de trabajo)
- Índices de costo
- Índices de proporción de tipo de mantenimiento
- Índices de Gestión de Almacenes y Compras
- Índices de Seguridad y Medio Ambiente
- Índices de formación

Como indicadores o puntos relevantes al desarrollar el mantenimiento en este caso tomaremos 3 puntos como referencia, los cuales se deben desarrollar de manera profesional y segura, lo cual llevará a cabo que todo se cumpla y que el programa de mantenimiento se desarrolle de manera eficaz.

- Indicadores de disponibilidad
- Indicadores de costo
- Índices de proporción de tipo de mantenimiento
- Técnicas que usaremos en el desarrollo del proyecto
- Realizar actividades de reparación y/o construcción de elementos mecánicos.
- Mantener los componentes y sistemas del tren de UrderCarrier
- Planificar, programar y ejecutar un sistema de gestión de mantenimiento en una flota de equipo pesado.

- Se utilizarán técnicas y procedimientos en donde las personas y los equipos que se van a intervenir no sufran ningún tipo de daño, por otra parte, deberemos seguir los procedimientos de trabajo que están estipulados dentro de la empresa sin infringir ningún tipo de ley.
- Al momento de realizar cualquier tipo de mantención se deberá constar antes de detener el equipo con los siguientes elementos: herramientas adecuadas, tipos de aceites adecuados, herramientas estandarizadas (no se aceptan herramientas hechas o herramientas modificadas), el espacio adecuado para realizar cualquier tipo de labor y mantención, si se necesitan equipos de apoyo se deben solicitar con anticipación para no perder tiempo en búsqueda o solicitud del recurso.

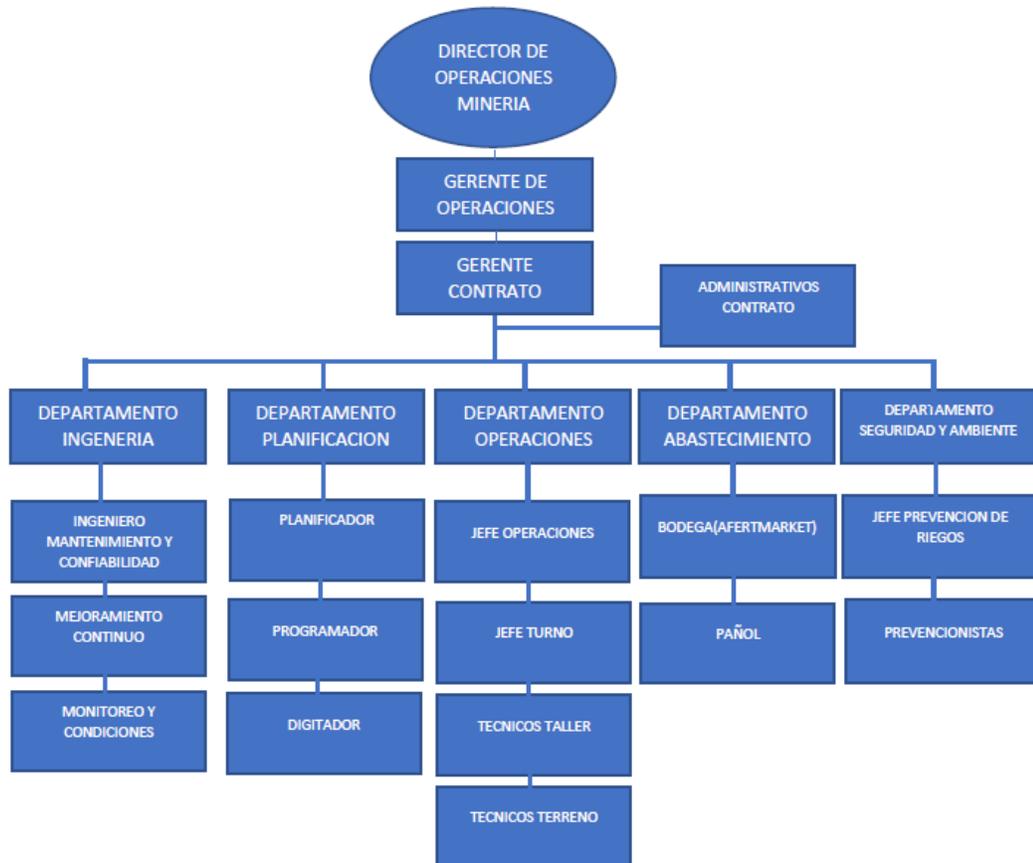
## **CAPITULO IV: ESTRUCTURA DEL AREA DE MANTENCION**

### **4.1 Directrices del esquema de mantenimiento**

La empresa FINNING CONTRATO CANDELARIA posee una estructura de mantenimiento centralizada, puesto que su estructura organizacional de mantenimiento es similar a la estructura gerencial del cliente, la cual posee un departamento de mantenimiento donde la toma las decisiones es en conjunto (socio estratégico y cliente). Para actividades del área de mantenimiento, en el ámbito de la compra de repuestos y aprobaciones, es cliente quien decide qué repuestos comprar con urgencia, qué equipos son prioridad en la faena y cuál es el personal adecuado, esta se concentra en la parte superior de la escala y bajo su responsabilidad se encuentra el Jefe de Mantenimiento, el que tiene a cargo a un Supervisor de Mantención y el Supervisor de Maquinaria, ambos se encuentran al mismo nivel de jerarquía con sus respectivos jefes de turnos mecánicos, el cual es el encargado de dirigir y ordenar funciones a los líderes de turnos y posterior a esto dar conocimientos de las labores a realizar al personal mecánico.

El Departamento de Mantención se encuentra conformado por 88 mecánicos, los cuales están divididos en 4 turnos rotativos de 12 mecánicos por turno, los cuales son distribuidos en 2 mecánicos terreno y 10 mecánicos en el taller, por otra parte, tenemos 2 inspectores de flota por turno día y además 2 técnicos especializados en medición de tren rodaje.

Ilustraciones 4.2 Organigrama de personal de Finning Candelaria para desarrollar las labores de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia con información recopilada de la empresa.

Este organigrama en la actualidad se incorpora una nueva división dado por la gran dotación de personal y contratos que posee Finning en Candelaria, el gerente de contrato tiene a cargo a 4 jefaturas:

- Jefe Contrato CAEX.
- Jefe Contrato Palas Hidráulicas.
- Jefe Contrato Equipos de Apoyo.
- Jefe Contrato Subterránea.

### **4.3 Funciones del personal de mantención**

#### 1. Gerente Contrato Equipo de Apoyo:

- Es el encargado de asegurar la implementación de los procedimientos de mantenimiento a través de un plan de trabajo.
- Así también que exista un inventario de riesgo con todas las medidas de control implementadas.
- Entregar los recursos necesarios para ejecutar exitosamente estas actividades.

#### 2. Jefe Ingeniería Mantenimiento y Confiabilidad:

- Gestionar las actividades de mantenimiento correctivo, predictivo y preventivo.
- Establecer las normas y procedimientos de seguridad y control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de maquinarias, mecanismos, herramientas, motores dispositivos e instalaciones.
- Supervisar el inventario de los equipos y hacer pedidos cuando sea necesario.

#### 3. Jefe Operaciones:

- Conocer, difundir, instruir, respetar y hacer respetar el procedimiento y sus documentos relacionados.
- Efectuar la instrucción respectiva y asegurarse que el personal a cargo entiende el procedimiento.
- Verificar con anticipación que existan todos los recursos necesarios y en buenas condiciones para el correcto cumplimiento de la tarea.
- Implementar las medidas que sean sugeridas para mejorar las condiciones de trabajo del personal a cargo.
- Mantener un registro auditable de cada una de las mantenciones realizadas.

4. Jefe de Turno Mantenimiento Mecánica:

- Garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento mecánica.
- Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad.
- Verificar el cumplimiento de metas y presupuesto.
- Asegurar el cumplimiento del programa de Disponibilidad.
- Proponer mejoras en el proceso de mantenimiento rutinario.
- Controlar las actividades de empresas colaboradoras.
- Asegurar continuidad en los trabajos prioritarios.

5. Líder de Turno Mecánico:

- Realizar el mantenimiento preventivo de las unidades de acuerdo con los requerimientos de las unidades y los resultados de la operación.
- Realizar el mantenimiento correctivo de las unidades de acuerdo con las fallas presentadas y proporcionando el seguimiento de la reparación a través de la orden de servicio.
- Mantener absoluto orden y limpieza dentro de las instalaciones del taller, controlando de manera efectiva el inventario de herramienta.

6. Técnico Mecánico:

- Deberá efectuar la mantención y/o reparación con los más altos estándares de calidad.
- Aplicar siempre el procedimiento de bloqueo y tarjeteo de equipo e instalaciones antes de una intervención, para ello debe contar con candado de seguridad y tarjeta de identificación.
- Demarcará el área con conos o cintas de peligro o advertencia.

## **CAPITULO V: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO**

### **5.1 Equipo Bulldozer Caterpillar D10T2.**

El bulldozer D10T2 es un equipo construido por Caterpillar y utilizado para realizar trabajo de saneamiento y movimiento de tierra en la minera. Este equipo cuenta con diversos sistemas que permiten el trabajo necesario, a través de su hoja topadora realiza desplazamiento de material. Este equipo cuenta con un tren de potencia, tren de fuerza y tren de rodaje.

Con los años, el tractor topador D10T ha demostrado ser una máquina altamente productiva y versátil.

Es lo suficientemente flexible para ser utilizado en sitios de construcción pesada y lo suficientemente resistente como para ser utilizado en instalaciones mineras.

Continuando con el legado del D10T, los clientes de CAT pueden contar con el rendimiento superior, la larga vida útil, la facilidad de operación del D10T2 y el servicio de clase mundial de la red global de distribuidores de CAT, que es el elemento principal de su operación.

El tractor de cadena D10T funciona con el motor C27 ACERT MEUI-C, con una potencia neta que oscila entre 447 KW (600 hp) y 600 KW (722hp) a 1800 RPM, la cilindrada y el elevado par de torsión permiten al D10T romper el material resistente. El motor C27 se combina con su divisor de torque de alta eficiencia y transmisión de cambio de potencia, además controla electrónicamente los paquetes de operación de clima frío, gran altitud, calefacción de combustible que están disponible en la máquina.

El motor C27 cumple con los estándares EPA TIER 4 final environmental protección agency (EPA), stage 4 european unión (EU). Se utiliza un filtro de partículas diésel y una reducción de óxido de nitrógeno (NOx), para satisfacer la creciente demanda de escape limpio y ahorro de combustible.

El peso operativo del D10T, con la cuchilla de 10U es de 71.551 Kg (157.663 LB). La máquina se puede pedir con una cuchilla 10U o 10SU. Longitud de la máquina cuando esta esta está ocupada con una cuchilla 10SU y un desgarrador 10SS de 9158mm (Condición Estándar).

Figura 5.1 Equipo D10T2



Fuente: SIS CAT /Información técnica al estudiante Caterpillar.

Esta Maquinaria es diseñada para realizar trabajos de grandes esfuerzos, gracias a su tren de rodaje (Oruga). Este equipo de movimiento de tierra cuenta con una pala frontal principal dozer y un desgarrador trasero. El cual se utiliza para remover superficies de material compacto.

Figura 5.1 Bulldozer rajo mina.



Fuente: Fotografías obtenidas en la faena.

### 5.1.1 Datos Técnicos del equipo Bulldozer.

Figura 5.1.1 Componentes principales



Fuente: Manual de estudiante D10T.

1.-Pala Dozer	6.-Desgarrador (Shank)
2.-Cilindro levante Dozer	7.-Cadena
3.-Cilindro inclinación Dozer	8.-Cabina Operador
4.-Brazo Empuje	9.-Cilindro inclinación desgarrador
5.-Mando Final	10.-Cilindro levante desgarrador

Tabla N° 2 Dimensiones y pesos

1.-Peso de la maquina	64,1 toneladas
2.-Longitud	9,26 M
3.-Ancho	3,7 M
4.-Ancho de Cadenas	710 MM

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos del manual de mantenimiento.

## 5.2 Componentes mecánicos.

### 5.2.1 Motor diésel C27 ACERT.

Motor que posee 12 cilindros en línea, los cuales son los encargados de otorgar la fuerza al equipo para que este se traslade, posee dos turbos que se encargan de comprimir el aire que circula hasta el motor, cuando, éste lo estima necesario.

Las clasificaciones del motor se aplican 1800 rpm.

La potencia neta ofrecida es la disponible en el volante cuando el motor está equipado con un ventilador a velocidad máxima, filtro de aire, silenciador, alternador.

No es necesario disminuir la potencia hasta 3658m de altitud, por encima de 3658m la pérdida automática se produce a un ritmo de un 3% por cada 1000 pies.

Tabla N° 3 Datos específicos de motor

Modelo Motor	Cat C27 ACERT
Potencia Bruta	482 kW / 646 Hp
Potencia en el volante	433kW / 580HP
Calibre	137,2mm / 5,4 Pulg
Carrera	152,4mm / 6 Pulg
Cilindrada	27L

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos del manual de mantenimiento.

Figura 5.2.1 Lado Izquierdo Motor

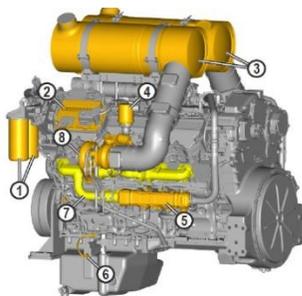
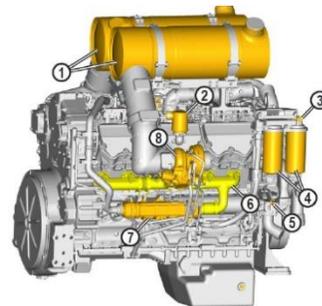


Figura 5.2.1 Lado Derecho Motor



Fuente: Manual del Estudiante Caterpillar.

Componentes principales lado izquierdo motor C27:

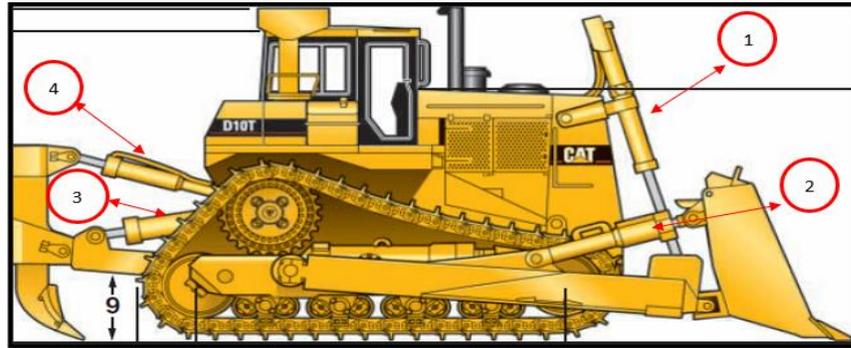
- Filtros de combustible secundarios y terciarios (1)
- ECM del motor (2)
- DOC y silenciador (3)
- Respiradero del Carter (4)
- Enfriador NRS (5)
- Sensor de nivel de aceite (6)
- Colector de escape (7)
- Turbocompresor (8)

Componentes principales lado derecho motor C27:

- DOC y silenciador (1)
- Respiradero Carter (2)
- Puerto de aceite motor SOS (3)
- Filtros de aceite motor (4)
- Puerto refrigerante motor SOS (5)
- Colector de escape (6)
- Enfriador NRS (7)
- Turbocompresor (8)

### 5.3 Cilindros de dozer y desgarrador

Figura 5.3 cilindros principales



Fuentes: Manual de Mantenimiento D10T Caterpillar.

1) **Cilindros levante Dozer:** Estos cilindros son los que se encuentran ubicados en la parte frontal de la máquina cumpliendo movimientos verticales de la pala dozer, según requerimiento del operador y material a mover.

2) **Cilindros dual Tilt:** este cilindro se encuentra acoplado al brazo de empuje, parte inferior del cilindro y lado vástago en pala dozer, su función principal es dar inclinación a la pala según requerimiento del tipo de terrero o material.

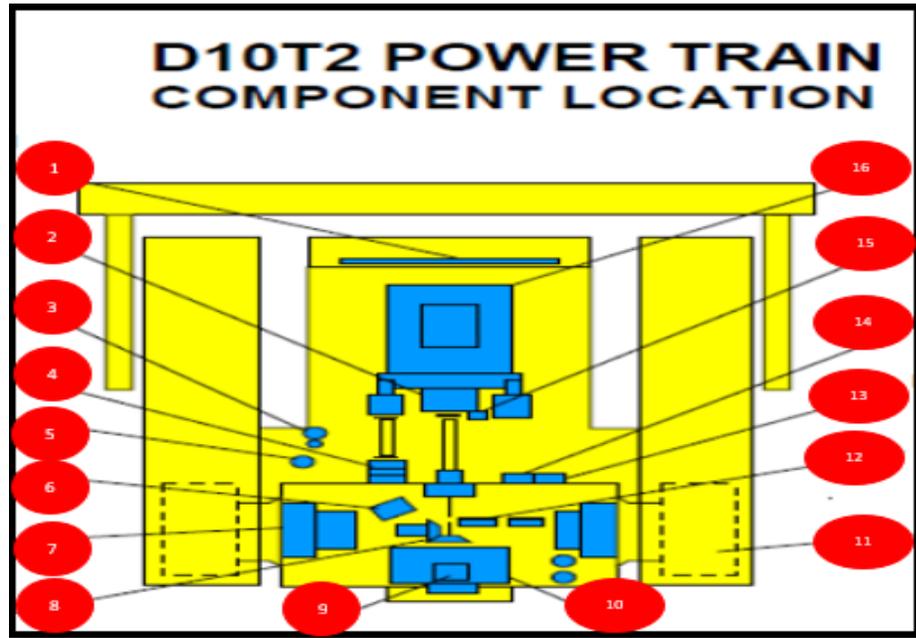
3) **Cilindros inclinación desgarrador:** Se encuentra parte trasera de la máquina, su función principal es dar facilidad a desgarrador en diferentes inclinaciones.

4) **Cilindros levante desgarrador:** Se encuentra parte trasera de la máquina, la cual da accesibilidad a levantar desgarrador para diversas funcionalidades que necesite el operador.

## 5.4 Sistema Power Train

El tren de potencia considerado parte fundamental de este equipo para su gran desempeño y aplicaciones en el ámbito minero.

Figura 5.4 Power Train



Fuente: sis2.cat.com Informe técnico.

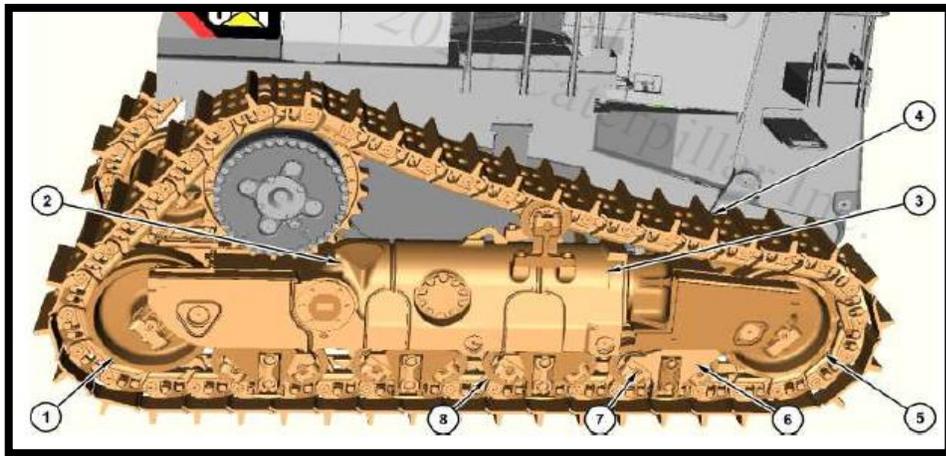
En la ilustración que identifica la ubicación de todos los principales componentes del tren de potencia para el tractor de cadenas:

- Enfriador de aceite potencia (1)
- Divisor de par (2)
- Tubo de llenado aceite de tren de potencia y varilla (3)
- Bomba de aceite tren de potencia (4)
- Filtro de carga transmisión (5)
- Válvula dirección y freno electrónica (6)
- Embrague de dirección y frenos (7)
- Engranajes de transferencia (8)
- Control hidráulico de transmisión (9)
- Transmisión (10)
- Mandos finales (11)

- ECM tren de potencia (12)
- Grupo válvula de distribución de lubricación/entrada de alivio convertidor de par (13)
- Válvula de alivio de entrada del convertidor de par (14)
- Válvula de alivio de salida del convertidor de par (15)
- Motor C27 Acert (16)

### 5.5 Tren de rodaje

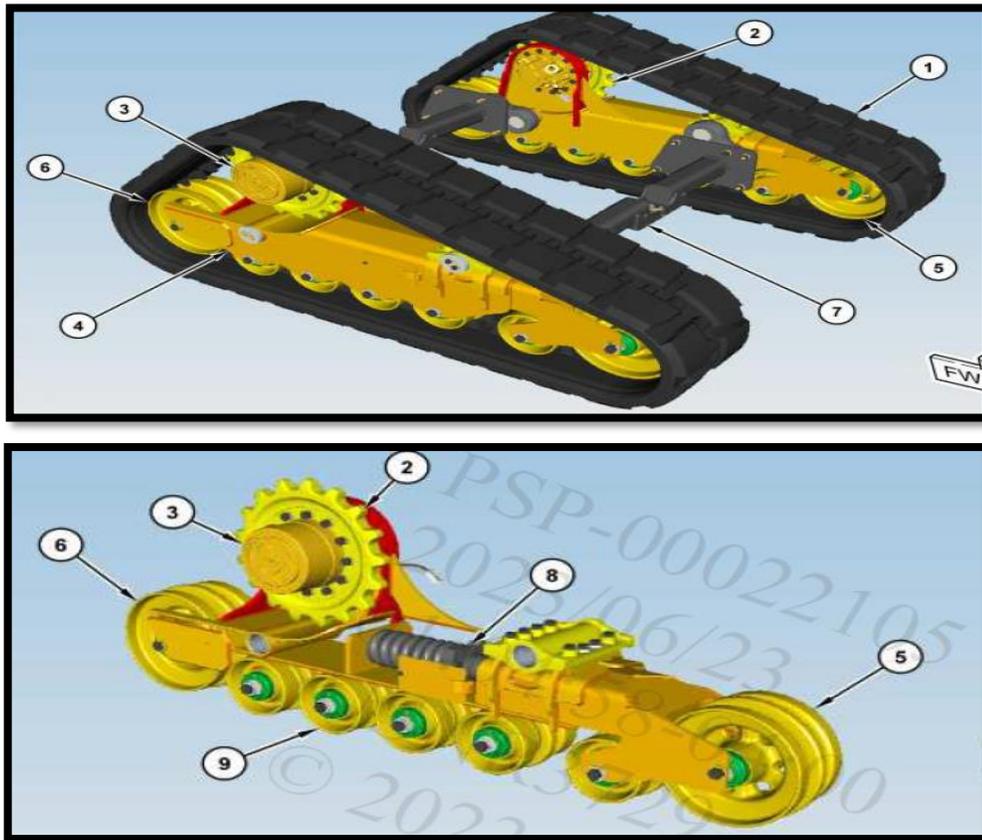
Figura 5.5 Tren rodaje componentes principales



Fuente: Manual de Mantenimiento D10T Caterpillar:

1. Rueda loca trasera
2. Bastidor de rodillos de cadena trasero.
3. Bastidor de rodillos de cadena delantero
4. Cadena
5. Rueda loca delantera
6. Soporte basculante principal
7. Soporte basculante secundario
8. Rodillo inferior

Figura 5.5.1 Tren rodaje y suspensión tractor cadenas



Fuente: Manual de Mantenimiento D10T Caterpillar.

1. Cadena
2. Rueda motriz
3. Motor (Hidrostático)
4. Bastidor de rodillo cadena
5. Rueda loca delantera
6. Rueda loca trasera
7. Ejes
8. Tensor
9. Rodillos

El tren de rodaje está montado en el bastidor inferior a través de los ejes. Los ejes permiten que cada lado del tren de rodaje se doble independientemente del otro lado.

El tren de rodaje consta de los siguientes componentes: cadena, motores de pistones (hidrostáticos), ruedas motrices de mando, ejes, ruedas locas, tensor y rodillos.

La bomba de pistones proporciona flujo de aceite a los motores de pistones. Los motores de pistones están conectados directamente a las ruedas motrices. Cuando giran los motores, la rueda motriz gira con el motor. La rueda motriz de mando se conecta con las orejetas de la cadena y esta gira alrededor de las ruedas locas, los rodillos y el tensor. Los rodillos están montados directamente en el bastidor del tren de rodaje. Los rodillos y las ruedas locas se desgastan con el uso.

## **CAPITULO VI: ANALISIS DE DATOS RECOPIRADOS**

### **6.1 Planteamiento y análisis de la problemática.**

Según el estudio que se realizó por un periodo de 11 meses, podemos analizar que dentro de la flota de equipos de apoyo bulldozer se producía un gran impacto por indisponibilidad debido a detenciones a diario. En los equipos se producen fallas a diario en sus diferentes sistemas por motivos de condición de terreno y operacionales. Si bien las fallas en sus sistemas se pueden producir por un mantenimiento inadecuado, también existen condiciones operacionales y condiciones del terreno que pueden afectar y disminuir la vida útil de un componente, lo que lleva a analizar la gran cantidad de fallas reiterativas, las cuales con el desarrollo de buenos planes de confiabilidad se pueden detectar y además realizar un análisis de causas sobre condiciones generadas en los equipos y cómo se podrían evitar, de tal forma que se podrá dar una mayor durabilidad, disponibilidad y confiabilidad a los sistemas y componentes de los equipos de apoyo bulldozer. Debemos considerar que dichos equipos son considerados de manera activa dentro de un plan de mantenimiento preventivo o inspecciones en terreno (pre-pm – inspecciones de rodado AT1). Como ejemplo, tenemos desgaste de componentes de carrilería y herramientas de corte que son primordiales en las labores diarias de los equipos, los cuales no deben sobrepasar un desgaste máximo, de lo contrario provoca daños en la integridad del componente.

Como se puede apreciar en el gráfico 6.1.1.1 de disponibilidad de flota bulldozer, en el mes de agosto la disponibilidad es baja debido a la gran cantidad de detenciones en la flota, por sus diferentes modos de falla más significativos, en los sistemas de tren de rodado y soldadura, al mejorar los modos de falla afectados dio un aumento de disponibilidad paulatina en los próximos meses realizando planes de acción y mejoramiento de flota, ya que este no presentó fallas reiterativas. Por lo que llevó a realizar un análisis de cuál es la causa a raíz que afectaba al principalmente al sistema de rodado.

#### **6.1.1 Datos obtenidos para analizar disponibilidad mes a mes de la flota de Bulldozer.**

Como se pudo analizar con los datos obtenidos de la empresa, tanto la disponibilidad, como en las fallas más comunes se aprecia que la mayoría de los equipos de la flota de bulldozer presentaba modo de falla en componente, falta de inspecciones preventivas y

uso incorrecto de equipo en la operación, provocando que la disponibilidad y la confiabilidad de estos sea bajísima.

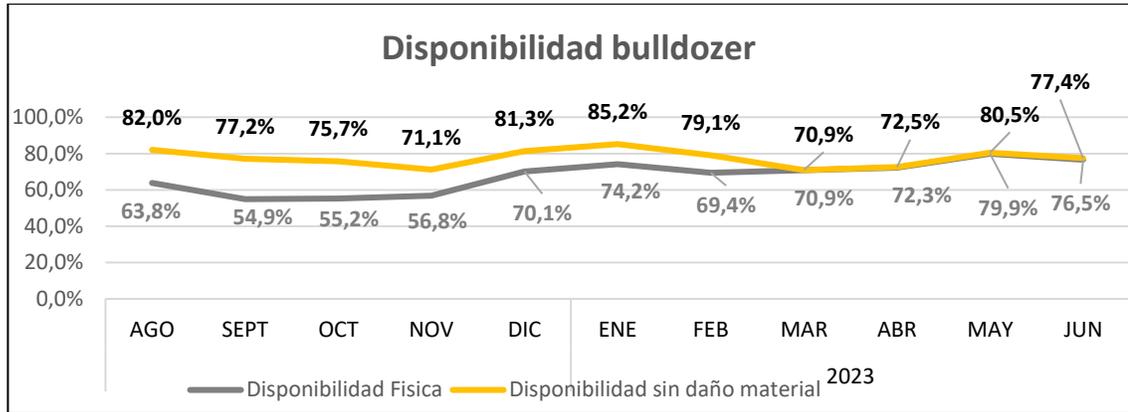
Tabla N° 4 Disponibilidad mes agosto 2022 junio 2023 Bulldozer D10T.

<b>Bulldozer</b>					
<b>Finyear</b>	<b>Month</b>	<b>Disponibilidad Física</b>	<b>Indisponibilidad Daño Material</b>	<b>Indisponibilidad real total</b>	<b>Disponibilidad sin daño material</b>
2022	ENE	73,30%	0,10%	26,70%	73,40%
	FEB	66,20%	0,00%	33,80%	66,20%
	MAR	69,30%	2,50%	30,70%	71,80%
	ABR	44,80%	9,60%	55,20%	54,40%
	MAY	62,70%	1,20%	37%	63,90%
	JUN	51,60%	10,30%	48%	61,90%
	JUL	76,10%	12,30%	24%	88,40%
	AGO	63,80%	18,20%	36%	82,00%
	SEPT	54,90%	22,30%	45%	77,20%
	OCT	55,20%	20,50%	45%	75,70%
	NOV	56,80%	14,30%	43%	71,10%
	DIC	70,10%	11,20%	30%	81,30%
2023	ENE	74,20%	11,00%	26%	85,20%
	FEB	69,40%	9,70%	31%	79,10%
	MAR	70,90%	0,00%	29%	70,90%
	ABR	72,30%	0,20%	28%	72,50%
	MAY	79,90%	0,60%	20%	80,50%
	JUN	76,50%	0,90%	23%	77,40%

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos de mantenimiento.

En la tabla se visualiza que la disponibilidad física, es la disponibilidad real obtenida en un tiempo de operación de 1 mes, la indisponibilidad se considera a las detenciones de la flota que es afectado por daño material, la disponibilidad sin daño material no considera las detenciones excluidas o sistemas anexos al equipo (radio de comunicación, sistema contra incendio y neumáticos). Los meses de mayo, junio y julio 2022 no son constantes y los meses de agosto a junio 2023 la tendencia es creciente, lo que muestra un control de la flota.

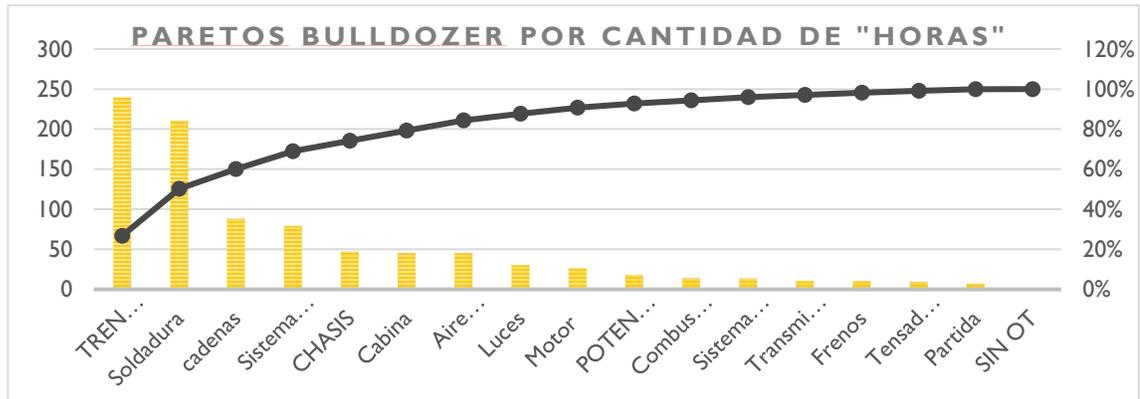
Gráfico 6.1.1.1 Disponibilidad agosto 2022 a junio 2023.



Fuente: Gráfico y tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

En el gráfico se visualiza que la disponibilidad en un periodo de 11 meses es creciente. Inicialmente la disponibilidad es irregular debido al poco control y seguimientos de la flota. Si bien hay que considerar que la disponibilidad contractual igual es afectada por condiciones operacionales impactando la disponibilidad física.

## 6.2 Ranking de modo falla agosto 2022 a julio 2023.



Fuentes: Elaboración propia de los datos planilla semanal.

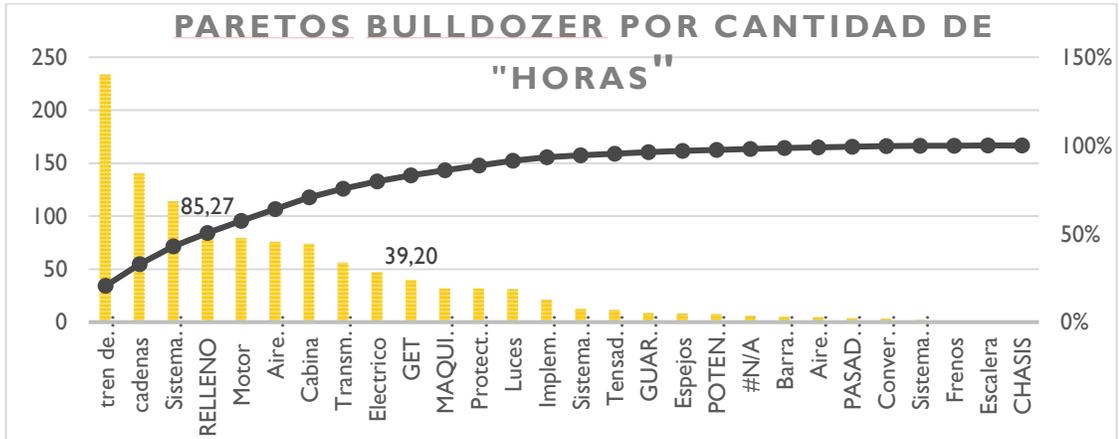
Tabla N° 5 Modos de fallas agosto 2022 a junio 2023

Detenciones [Sistema cook]	Detenciones [SubSystem]	Detenciones [Componente]	Detenciones [Subsistema ]	[SumActualHours]
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	AJUSTADOR(TENSOR) CADENA	Tren de Rodado	21,68333244
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	BASTIDOR DE RODILLOS	Tren de Rodado	1137,449991
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	CADENA (CON ZAPATAS)	Tren de Rodado	211,8866663
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	EJE PIVOTE BASTIDOR RODIL	Tren de Rodado	19,68333358
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	GUIA/GUARDA CADENA	Tren de Rodado	9,433333248
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	RODILLO DE CADENA	Tren de Rodado	54,86666679
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	RUEDA GUIA/TENSORA	Tren de Rodado	140,3166676
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	TRACK GUIDE WEAR STRIP	Tren de Rodado	1,333333373
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	TREN DE RODAJE	Tren de Rodado	373,3666605
Tren de Potencia	4150 TREN DE RODADO	ZAPATA DE CADENA	Tren de Rodado	4

Fuente: Datos exportados de Plataforma Power By Caterpillar.

En el Gráfico de Pareto, se visualiza que las fallas más comunes y reiterativas se enfocan en sistema de rodado y desarrollan con mayor frecuencia en los componentes que están involucrados en la operación diaria del equipo, por ende, se deben enfocar las mantenciones e inspecciones más en estos puntos, es importante la implementación de un buen plan de mantenimiento enfocado en terreno, con la finalidad de solucionar todos estos puntos de manera rápida y efectiva.

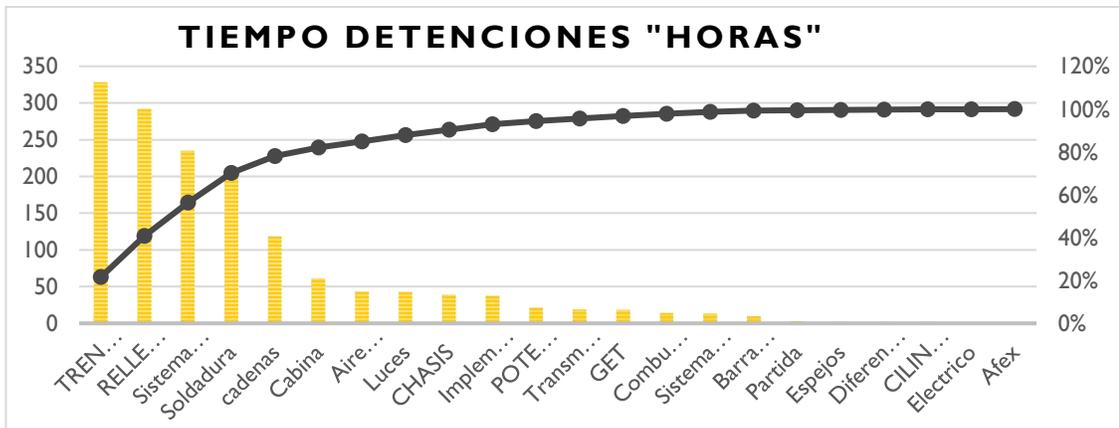
### 6.3 Ranking modo falla sistema rodado.



Fuentes: Elaboración Propia de los datos.

### 6.4 Plan de mejoramiento flota bulldozer modo falla sistema rodado.

#### 6.4.1 Grafico modo falla por horas detención



Fuente: Elaboración propia de Pareto por detenciones horas.

6.4.2 Grafico modo falla por número detenciones.



Fuente: Elaboración propia de Pareto por número detenciones.

Según el análisis y los datos obtenidos se decide realizar un plan de acción en relación modo de falla que está afectando a dicha flota por cantidad y horas detenciones.

Tabla N° 6 Plan de acción mejoramiento flota.

RANKING MODO FALLA 80/20	DETALLE MODO FALLA	PLAN DE ACCION	FECHA EJECUCION	RESPONSABLE
TREN DE RODADO	BASE DE GUIA CADENA	REEMPLAZO DE BASTIDORES FLOTA D10T	06-10-2022 BULL-23 POR 4 DIAS	PLANIFICACIÓN CANDELARIA Y PLANIFICACIÓN FINNING
		REEMPLAZO DE BASTIDORES D11T POR AMENZA	20-10-2022 BULL-21 EN PROCESO GESTION DE COMPRA	
TREN DE RODADO	BANCADA DE RODILLO	D10T Y D11T PLAN DE ROTACION BASTIDORES PARA REEMPLAZO DE BOGIE CON HILOS DAÑADOS PARA EVITAR SOLDADURAS EXTERIORES DE BANCADA DE RODILLO	ESPERA STOCK ROTABLE RETIRADOS DE BULL-23 15-12-2022	PLANIFICACIÓN CANDELARIA Y PLANIFICACIÓN FINNING
TREN DE RODADO	RODILLOS	AGREGAR CARTILLA SEGUIMIENTO CADA 500 HRS EN PAUTA PM	SEGÚN AVANCE DESGASTE POR MEDICION DE RODADO	PLANIFICACIÓN FINNING
		PROGRAMAR CAMBIO SEGÚN DESGASTE EN INSPECCIONES		
CADENAS	CORTES DE CADENAS	AGREGAR CARTILLA DE PM Y PRE-PM CADA 500 HRS	SEGÚN AVANCE DESGASTE POR MEDICION DE RODADO	PLANIFICACIÓN FINNING
		AJUSTE DE PCR 1500 HRS PROMEDIO HISTORICO		

Fuente: Elaboración propia plan a presentar.

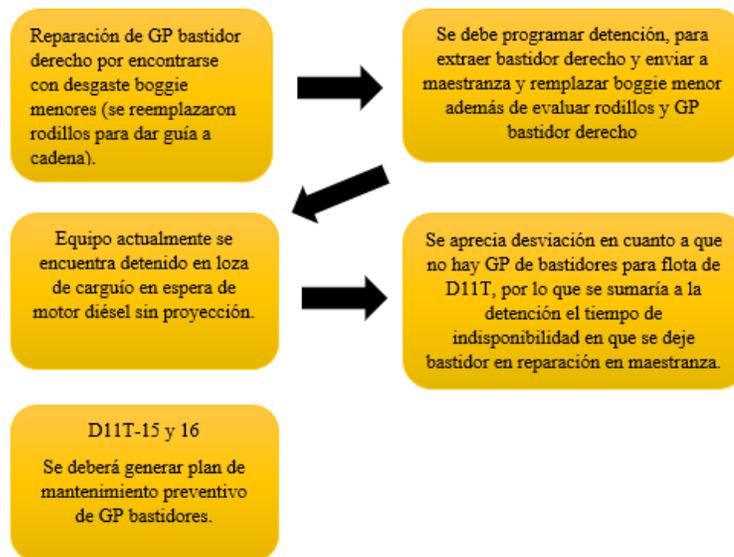
Tabla N° 7 Horas de flotas de bulldozer D10T y D11T

Flota de Bulldozer					
Numero Interno	Serie	Modelo	Horas del equipo	Odómetro (KM)	Ultima fecha de información
D10T-28	RAB00504	D10T2LRC	12.856	1.659	31/08/22 18:37
D10T-29	RAB00496	D10T2LRC	15.900	1.718	08/07/2022 9:36
D10T-32	RAB00502	D10T2LRC	16.205	4.888	09/01/2022 8:03
D10T-20	RIG02313	D10T	45.990	23	14/08/22 05:34
D10T-21	RIG02325	D10T	45.128	127	09/01/2022 7:41
D10T-22	RIG02452	D10T	42.250	1.345	09/01/2022 2:25
D10T-23	RIG04429	D10T	40.369	0	31/08/22 09:20
D10T-24	RIG04389	D10T	32.492	1.085	09/01/2022 8:39
D11T-14	AMA00259	D11T	13.495	955	03/07/2022 9:02
D11T-15	AMA00782	D11T	10.589	2.854	09/01/2022 2:57
D11T-16	AMA00785	D11T	14.323	918	09/01/2022 2:20

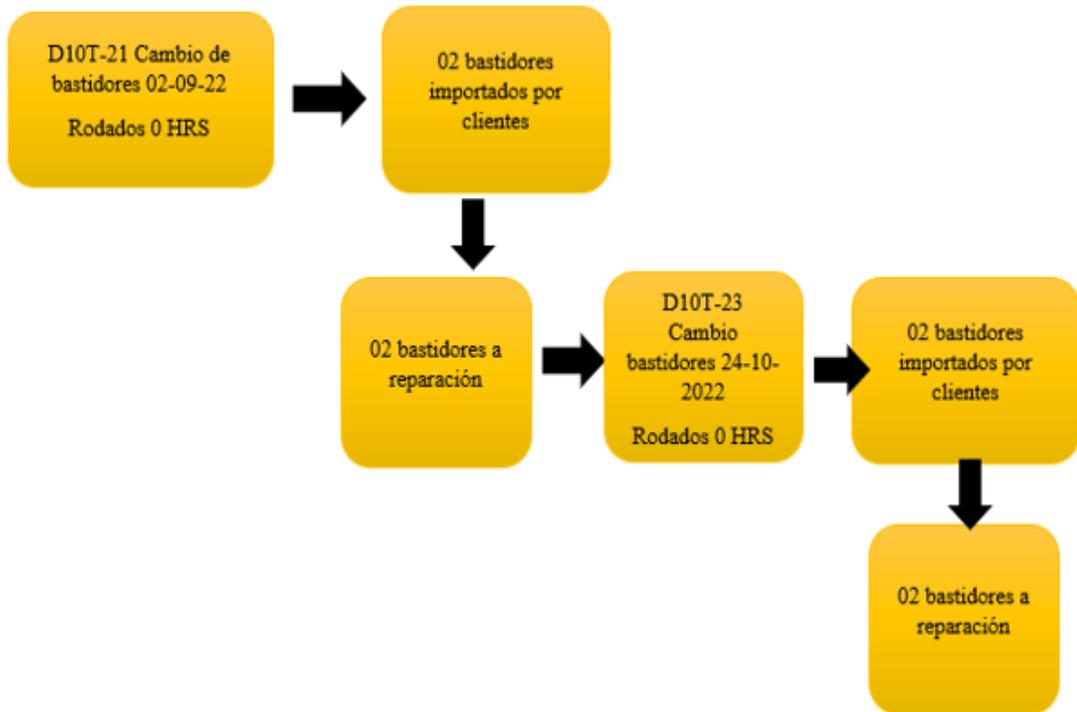
Fuente: Planilla de control de horas planificación Finning.

En esta planilla se pudo identificar y priorizar según el avance de horas del componente, complementado con el análisis de los paretos por las horas de detención que presentaba cada equipo.

- Plan de cambio de componente menores sin stock bastidores.



- Línea de tiempo de cambio según criticidad.



## **CAPITULO VII: METODOLOGIA**

### **7.1 Metodología de trabajo para dar solución al problema**

Primero que todo, con los datos obtenidos de la empresa se llegó a la conclusión de que se debe desarrollar e implementar planes de acción y confiabilidad. Para lo cual se debe generar un ranking de componentes más críticos de la flota. Se deben implementar inspecciones programadas por personal técnico especializado en medición de rodado, quienes a la vez deben llevar un control del estado de la flota de bulldozer, stock de repuestos y planificación de cambios. Se debe ingresar los cambios de cadena en conjunto con planificación mantenimiento mina, de tal manera que no se produzca ninguna intervención en el proceso de desarrollo diario de las labores mineras, por lo tanto, es muy importante es que se realice una programación en conjunto para no tener desviaciones en los procesos.

Debido a que estos equipos son de una alta necesidad en el desarrollo de las labores diarias de la mina, es de suma urgencia desarrollar y llevar un plan de confiabilidad, el cual sea efectivo y se enfoque en los sistemas y componentes más críticos analizados anteriormente, por lo tanto las áreas de mantenimiento y desarrollo mina deberán estar ambos al tanto de estos para realizar buenas coordinaciones al momento de la intervención de los equipos, como se analizó anteriormente en base a la información se solicitó constar con el personal adecuado para realizar buenas inspecciones con los estándares necesarios a la flota de bulldozer.

Como se mencionó anteriormente se implementó una metodología la cual se debe cumplir al pie de la letra para que los equipos pueden funcionar de la manera más eficaz e idónea.

Ilustración 7.1 de metodología de confiabilidad de flota

1		Seguimiento del estado del equipo de apoyo bulldozer
2		Seguimiento e inspecciones diarias y generar informes, para generar Ranking de componentes más críticos.
3		Separar por fallas más comunes para tomar una determinación y generar planes asociados a los modos de falla.
4		Análisis de componentes necesarios para ejecutar planes de acción al modo de falla.
5		Análisis modo efecto, falla y criticidad del equipo
6		Desarrollo de un plan de mantenimiento programado para aumentar el funcionamiento y vida útil de los equipos.
7		Conclusiones y recomendaciones

## 7.2 Planilla de control e implementación de medición de rodado en flota Bulldozer.

A partir del 14 de septiembre 2022 se cuenta con 02 inspectoras de rodados turno 7X7 para realizar inspecciones (inspección con herramienta ultrasonido y herramientas de medición) a equipos con rodados, los cuales ingresen a programa y a su vez equipos que se encuentren en terreno.

Además de controlar la ruta de cadenas que se envíen a reparación en conjunto con planificación cliente.

Cabe mencionar que todo lo ejecutado por estas inspectoras quedarán en un registro con el porcentaje de avance desgaste según lo programado.

Tabla N° 8 Planilla porcentaje desgaste.

Flota EEAA/TSF	Contrato	Nro Serie	Tipo de cadena izquierda	Tipo de cadena derecha	% Inspección	
					Zapatas Izquierda	Zapatas Derechas
D10T-20	Mina	RJG02313	ITR	ITR	84%	81%
D10T-21	Mina	RJG02325	CAT	CAT	45%	45%
D10T-22	Mina	RJG02452	CAT	CAT	75%	72%
D10T-23	Mina	RJG04429	ITR	ITR	88%	92%
D10T-24	Mina	RJG04389	CAT	ITR	14%	14%
D10T-28	Mina	RAB00504	CAT	CAT	10%	10%
D10T-29	Mina	RAB00496	ITR	CAT	28%	28%
D10T-32	Mina	RAB00502	CAT	CAT	72%	77%
D11T-14	Mina	AMA00259	CAT	CAT	50%	47%
D11T-15	Mina	AMA00782	ITR	ITR	0%	0%
D11T-16	Mina	AMA00785	DCF	DCF	80%	80%

Fuente: Elaboración propia de datos plan de acción departamento ingeniería mantenimiento

Tabla N° 9 Planilla de priorización para cambio según programación semanal.

Flota EEAA/TSF	Fecha Ultimo Cambio Cadena	Fecha Ultima Inspección	Zapatas Izquierda	Zapatas Derechas
D10T-20	04-03-2023	30-05-2023	<b>84%</b>	<b>81%</b>
D10T-21	15-05-2023	17-06-2023	<b>45%</b>	<b>45%</b>
D10T-22	25-03-2023	15-06-2023	<b>75%</b>	<b>72%</b>
D10T-23	27-03-2023	17-03-2023	<b>88%</b>	<b>92%</b>
D10T-24	02-06-2023	12-06-2023	<b>14%</b>	<b>14%</b>
D10T-28	07-05-2023	12-06-2023	<b>10%</b>	<b>10%</b>
D10T-29	03-06-2023	16-06-2023	<b>28%</b>	<b>28%</b>
D10T-32	20-04-2023	17-06-2023	<b>72%</b>	<b>77%</b>
D11T-14	09-04-2023	16-06-2023	<b>50%</b>	<b>47%</b>
D11T-15	19-06-2023	19-06-2023	<b>0%</b>	<b>0%</b>
D11T-16	06-04-2023	17-06-2023	<b>80%</b>	<b>80%</b>

Fuente: Elaboración propia de datos plan de acción departamento ingeniería mantenimiento.

Esta planilla se genera para realizar las inspecciones programadas con el soporte del área de planificación, para que se cumpla en el día estipulado. Esto va en paralelo con operaciones mina, dado que ellos deben liberar el equipo. Esto se considera una mejora dado que anteriormente por la alta demanda de la mina solo se ejecutaban en ventanas de oportunidades y esto nos afectaba sobre el control diario del tren de rodaje.

7.2.1 Ranking según Inspección de Rodado bulldozer ingreso en programas mantenimiento.

En esta planilla se consolida las inspecciones realizadas en los equipos con respecto el avance desgaste cadenas y planificación programada según fechas futuras.

Este archivo se trabaja con planificación Finning y se consolida con planificación candelaria.

Tabla N° 10 Programación cambio cadena por avance de horas.

EQUIPO	Desgaste segun Horometro			Prioridad Cambio Cadenas	% Inspeccion	
	Avance de Horas Cadena	Target PCR Hrs	% Cadenas		Zapatas Izquierda	Zapatas Derechas
390DL-13	6184	2000	309%	1	65%	63%
390FL-14	0	2000	0%		0%	0%
390FL-15	1227	2000	2%		13%	13%
390FL-17	4895	2000	245%	2	112%	104%
D10T-20	918	1500	0%		0%	0%
D10T-21	729	1500	49%		0%	0%
D10T-22	402	1500	27%		50%	48%
D10T-23	692	1500	46%		43%	37%
D10T-24	654	1500	44%		71%	97%
D10T-28	200	1500	13%		91%	94%
D10T-29	240	1500	16%		53%	55%
D10T-32	813	1500	54%		89%	121%
.D11T-14	1022	1500	68%		55%	46%
D11T-15	1079	1500	72%		98%	92%
D11T-16	997	1500	66%	3	51%	50%

Cambio programado				
OCT	NOV	DIC	ENE	Observaciones
		2		Al 2 nov sin cadenas en stock
OK			2	
1				Al 2 nov sin cadenas en stock.
	2		2	
		2		
		2		
1				En proceso junto con cambio bastidores .
	2		2	
1				Bulldozer Siniestrado, se envia a equipo a proveedor externo.
1		2		Se reprogramara, cadenas en buen estado.
		2		
	2		2	
1				Programado semana 3 al 9 Nov, Evaluacion direccionales
	2		2	

Fuente: Control de avance ingeniería mantenimiento y planificación.

Figura 7.2 Consolidación de plan mensual cambio cadenas planificación candelaria.

Estrategia de Mantenimiento Cambio Componentes (POM)				FINNING CAT			
<b>NOVIEMBRE</b>				<b>ENERO 23</b>			
Flota	Equipo	Tiempo Detención	Tareas y trabajos programados	Flota	Equipo	Tiempo Detención	Tareas y trabajos programados
Equipos de Apoyo (EAAA)	824K-23	96	DIFF DELANTERO	Equipos de Apoyo (EAAA)	D10T-29	72	MF + DIRECCIONALES (I2Q Y DER)
	824K-23	24	MANDOS X 02		834K-20	96	TRANSMISION
	824K-23	24	FRENOS X 02		834K-20	96	DIFF DEL
	824K-23	96	TRANSMISION		834K-20	96	DIFF TRA
	824K-23	24	CONVERTIDOR		834K-20	24	MANDO TRA X 2
	D11T-15	72	RADIADOR		834K-20	24	FRENOS TRA X 2
	D10T-22	192	FENDER DERIZQ (TAPABARROS)		968H-09	96	CAMBIO DIFERENCIAL DELANTERO
	D10T-20	24	CADENAS		968H-09	24	CAMBIO AMBOS MANDOS DELANTEROS
	D11T-14	24	CADENAS		968H-09	24	CAMBIO DE AMBOS FRENOS DELANTEROS
	D11T-16	24	CADENAS		D10T-20	24	CADENAS
	D10T-28	720	REPARACION GENERAL (SINIESTRO)		D10T-24	24	CADENAS
<b>TOTAL</b>	<b>1320</b>		D11T-14	24	CADENAS		
<b>DICIEMBRE</b>				<b>ENERO 23</b>			
Flota	Equipo	Tiempo Detención	Tareas y trabajos programados	Flota	Equipo	Tiempo Detención	Tareas y trabajos programados
Equipos de Apoyo (EAAA)	16M3-12	96	FRENOS X 04	D11T-16	24	CADENAS	
	834K-21	24	CONVERTIDOR	390 RE 15	24	CADENAS	
	834K-21	96	DIFF DELANTERO	D10T-28	720	REPARACION GENERAL (SINIESTRO)	
	834K-21	24	MANDOS DEL X 2	<b>TOTAL</b>	<b>1392</b>		
	834K-21	24	FRENOS DEL X 2				
	D10T-20	144	BASTIDORES X 2				
	D10T-21	24	CADENAS				
	D10T-22	24	CADENAS				
	D10T-29	24	CADENAS				
	D10T-32	24	CADENAS				
	390 RE 13	24	CADENAS				
D10T-28	720	REPARACION GENERAL (SINIESTRO)					
<b>TOTAL</b>	<b>1248</b>						

Bulldozer D10T-28, siniestrado, cliente gestiona traslado a sus proveedores externos para reparación general.

Bulldozer D10T-29, desviación por demora en ingreso a TShop abastecimiento CCMC y retraso en envío desde CRC de repuesto faltantes para instalación.

Bulldozer D10T-23, desviación por imprevisto cambio de mando final derecho (condición filtración)

Fuente: Presentación de cambio cadenas planificación candelaria y Finning.

### 7.2.2 Ajuste de TBO por desgaste de zapatas de cadenas.

Figura 7.2.1 Duración de zapatas por horas de operación.

Duración cadenas por desgaste de zapatas flota bulldozer				
Equipos	F.entrante c.cadena	F.saliente C.cadea	Días de Duracion	Duracion de cadenas horas
D10T-20	07-08-2022	30-10-2022	84	877
D10T-21	09-04-2022	25-09-2022	169	1332
D10T-22	09-03-2022	08-09-2022	183	1528
D10T-23	04-11-2022	07-12-2022	33	331
D10T-24	28-08-2022	12-10-2022	45	533
D10T-29	15-02-2022	06-06-2022	111	1358
D10T-32	24-06-2022	27-08-2022	64	937
D11T-15	23-07-2022	08-10-2022	77	1018
D11T-16	27-04-2022	02-09-2022	128	1293
			<b>PROMEDIO</b>	<b>1023</b>

Según estadística de los últimos cambios de cadena, la duración en promedio de las zapatas es aproximadamente de 1200 horas.

Según lo anterior sin tener antecedentes del origen de fabricación de estas zapatas, se debe considerar un cambio de cadena por desgaste de zapata cada 2 meses.

### **7.3 Monitoreo de traslados de equipos en tiempo real (CUBIQ,WEAR MANAGEMENT SYSTEM).**

El monitoreo de traslados básicamente nos apoyamos con herramientas del fabricante Caterpillar, en el cual tenemos plataformas que están monitoreando las 24 horas del día a cada equipo para luego poder realizar análisis y planes de acción según la condición que esté presentando. La plataforma CUBIQ es una de ellas, que posee sub-herramientas complementarias de monitoreo que son:

- My.cat.com
- Visualink PL
- Argos Mobile
- Cat Inspec
- S.O.S (Reporte análisis de muestras de aceite)
- SIS.WEB

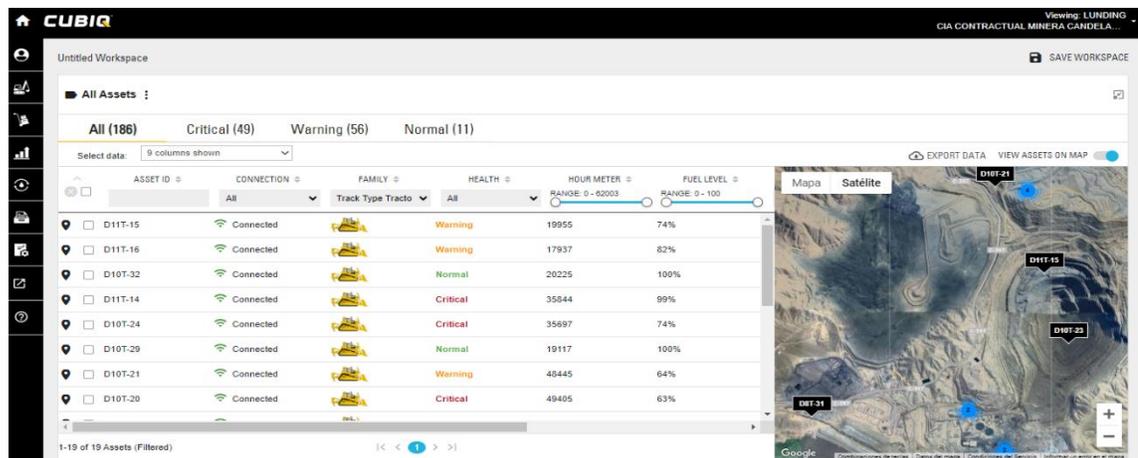
En paralelo tenemos para complementar el plan de acción establecido utilizamos WEAR MANAGEMENT SYSTEM esta herramienta consiste en medición desgaste de todos los componentes asociados al sistema rodado:

- Cadenas
- Eslabones
- Segmentos
- Ruedas guías delanteras y trasera
- Rodillos superior e inferior

### 7.3.1 Plataforma de monitoreo CUBIQ.

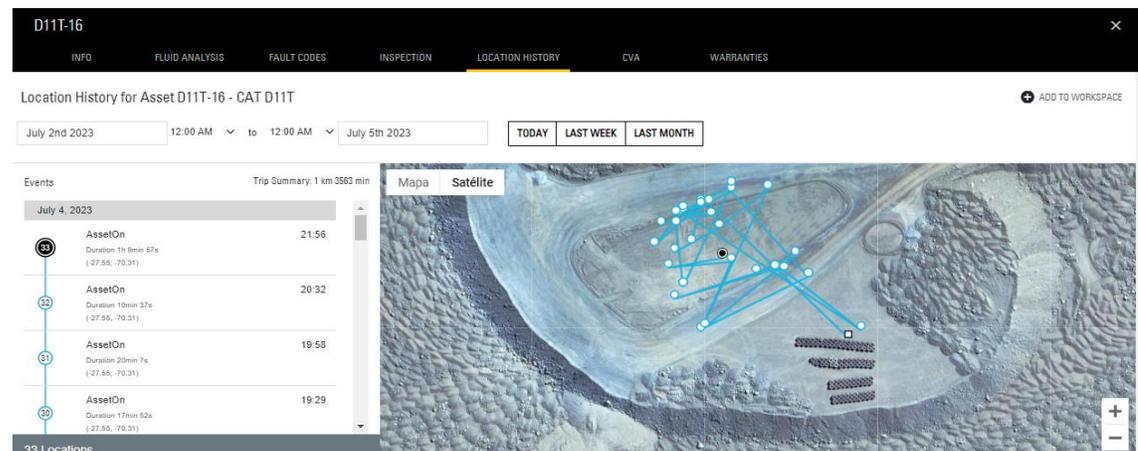
El CUBIQ es una herramienta de monitoreo de flota que nos permite tener un control total de las condiciones de operaciones del equipo, la cual permite a través de sus sub-herramientas de traslados, ver ubicaciones, ver códigos de fallas, descarga estado del equipo, realizar calibración a distancia, esta herramienta fue implementada en el plan de confiabilidad por condición del modo de falla de tren de rodado y se necesitó para identificar la causa raíz y mantener un control de la flota de bulldozer por daño provocado a su tren de rodado.

Figura 7.3.1 Plataforma de monitoreo CUBIQ.



Fuente: Página Principal CUBIQ.

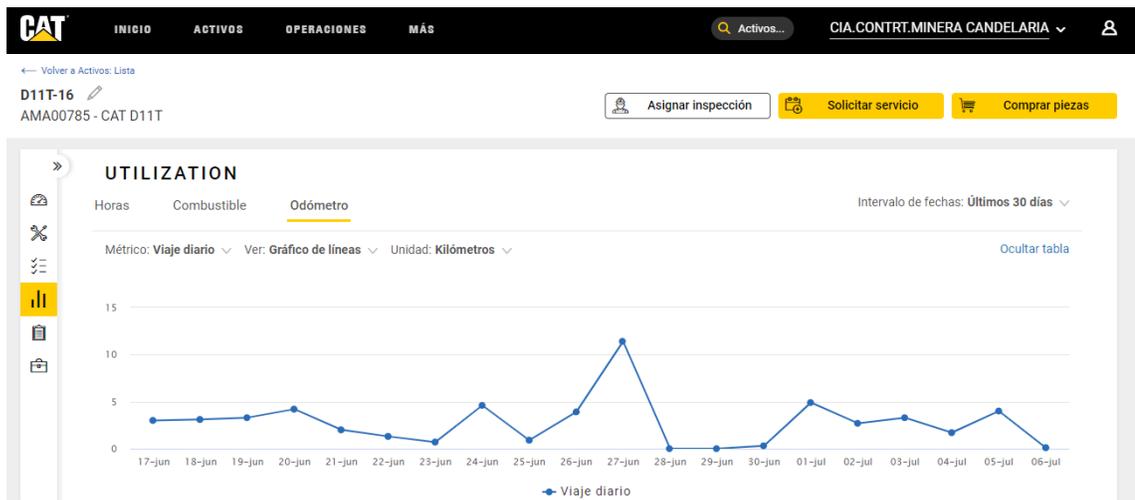
Figura 7.3.1 Desplazamiento en sector minero por odómetro y distancia.



Fuente: Plataforma monitoreo condición CUBIQ.

- My.cat.com: Nos permite llevar el control diario de los traslados a través de mediciones diarias por odómetros, nos indica la cantidad de kilómetros que se trasladan, recordar que lo establecido por parte de Caterpillar, el target de desplazamiento es de 1,6 kilómetros con detenciones periódicas para no afectar el funcionamiento de sus componentes asociados a transmisión, convertidor, mandos finales, tren de rodado, enfriamiento de bujes de cadena y desgaste acelerado de zapatas.

Figura 7.3.1 Sub herramienta de cubiq Monitoreo de equipo en traslado MYCAT.



Fuente: Plataforma monitoreo traslado MYCAT.

Historial de traslados diarios control de desplazamiento y se verifica equipos con traslados exhaustivos, condición de desgaste acelerados y daños al tren de rodado

Figura 7.3.1 Sub herramienta de cubiq historial de traslado MYCAT.

Fecha	Odómetro	Viaje Diario
06-jul-2023	162,7 Kilómetros	0,1 Kilómetros
05-jul-2023	162,6 Kilómetros	0,0 Kilómetros
04-jul-2023	158,6 Kilómetros	0,7 Kilómetros
03-jul-2023	156,9 Kilómetros	0,3 Kilómetros
02-jul-2023	153,6 Kilómetros	0,2 Kilómetros
01-jul-2023	150,8 Kilómetros	4,9 Kilómetros
30-jun-2023	145,9 Kilómetros	0,3 Kilómetros
29-jun-2023	145,6 Kilómetros	0,0 Kilómetros
28-jun-2023	145,6 Kilómetros	0,0 Kilómetros
27-jun-2023	145,6 Kilómetros	11,4 Kilómetros

**Nota: Historial mayor traslado diario 27-06-23**

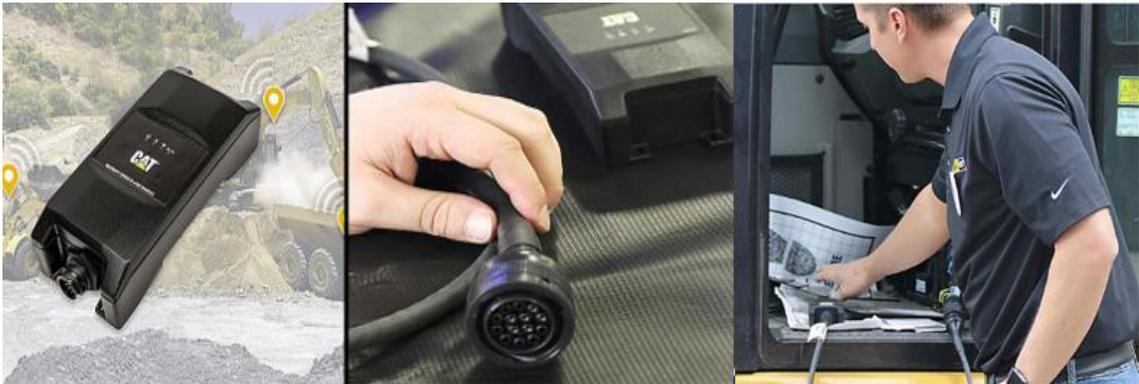


Fuente: Obtenida programa monitoreo MYCAT.

- Visualink PL: Product link de CAT se conecta de forma inalámbrica a los equipos, lo que le proporciona valiosa información sobre el rendimiento de la máquina o la flota. Ciertas informaciones sobre el rendimiento de la máquina o la flota, como la ubicación, las horas, el consumo de combustible, la productibilidad, el tiempo de funcionamiento en vacío y los códigos de diagnóstico están disponible a través de las aplicaciones WEB en línea. Así podrá tomar decisiones oportunas basada en hechos, aumentar al máximo la eficiencia, mejorar la productividad y reducir los costos de posesiones y operaciones de la flota. Está disponible conectividad satelital o celular.

La Mayoría de las máquinas CAT nuevas se ofrecen con product link instalados. Además, están disponible los kits de instalación de product link, para modificar las máquinas con esta configuración o instarlo en equipos de otros fabricantes.

Figura 7.3.1 Visualink Conexión con producto link para una mejor gestión de la flota.



Fuente: Manual Product Link

### 7.3.2 Plataforma de control desgaste WEAR MANAGEMENT SYSTEM

Esta plataforma permite a los distribuidores y clientes de Caterpillar medir y administrar los componentes de desgaste de sus equipos.

Uno de los grandes desafíos fue que nuestro cliente tenía muchos equipos con tren de rodado en el cual no se estaban midiendo y controlando los componentes relacionados (Baja administración).

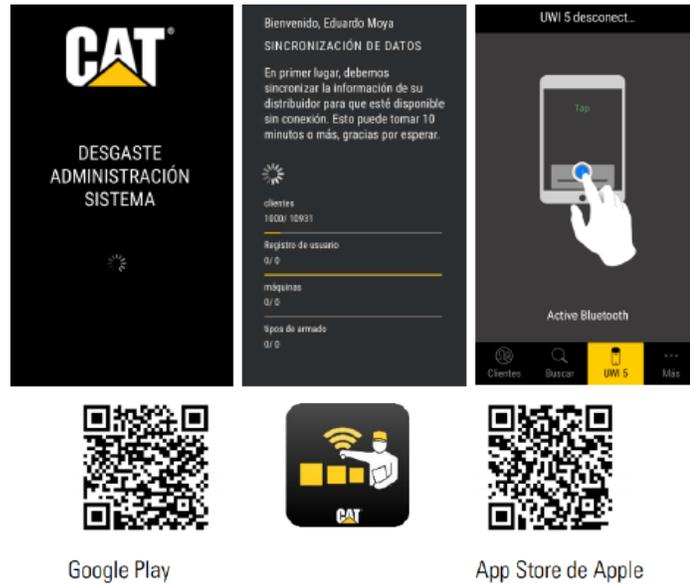
Es por eso, por lo que se presentó la última versión de esta plataforma y su indicador desgaste de ultrasonido en el cual consistía con variedad de beneficios, tales como:

- Velocidad mejorada y exactitud.
- Cálculo automáticamente del % desgastado y proyectado vida útil cuando se descarga directamente de la aplicación CAT WMS.
- El informe es automático, aplicación CAT WMS guía la medición, se pueden incluir fotos y notas por cada componente.
- Una vez finalizada inspección se puede enviar directamente correo.

Además, estas mediciones son ejecutables en terreno que permite conocer el nivel de desgaste de los componentes en tiempo real. Esto permite en paralelo gestionar de mejor manera la flota y sus activos fijos:

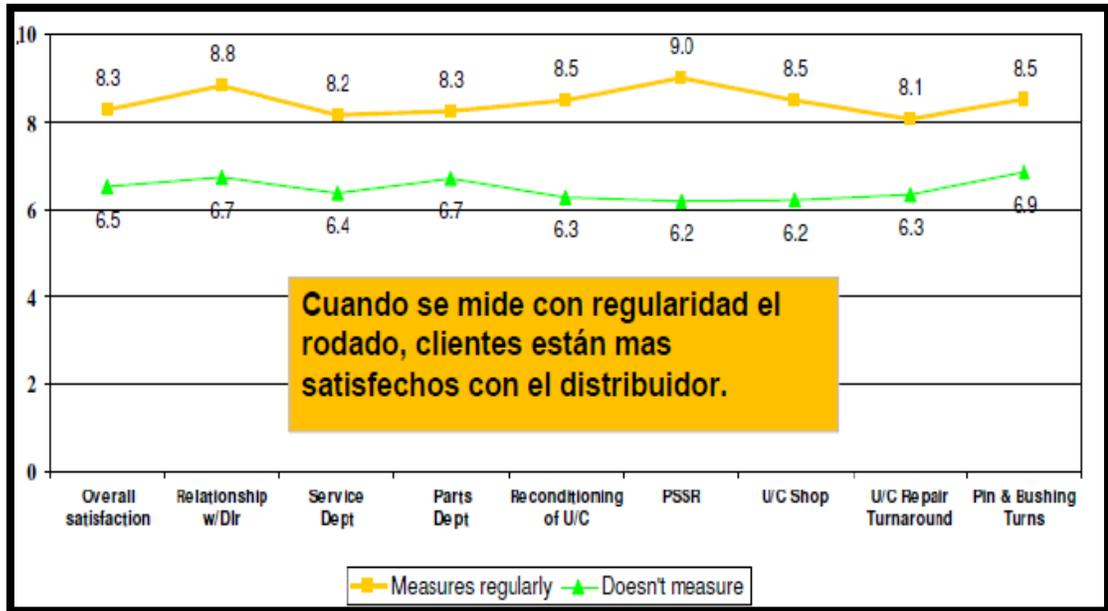
- Mejor costo x hora.
- Mayor confiabilidad y disponibilidad.
- Mayor productividad.
- Una correcta planificación de inventario.

Figura 7.3.2 Plataforma herramienta control desgaste.



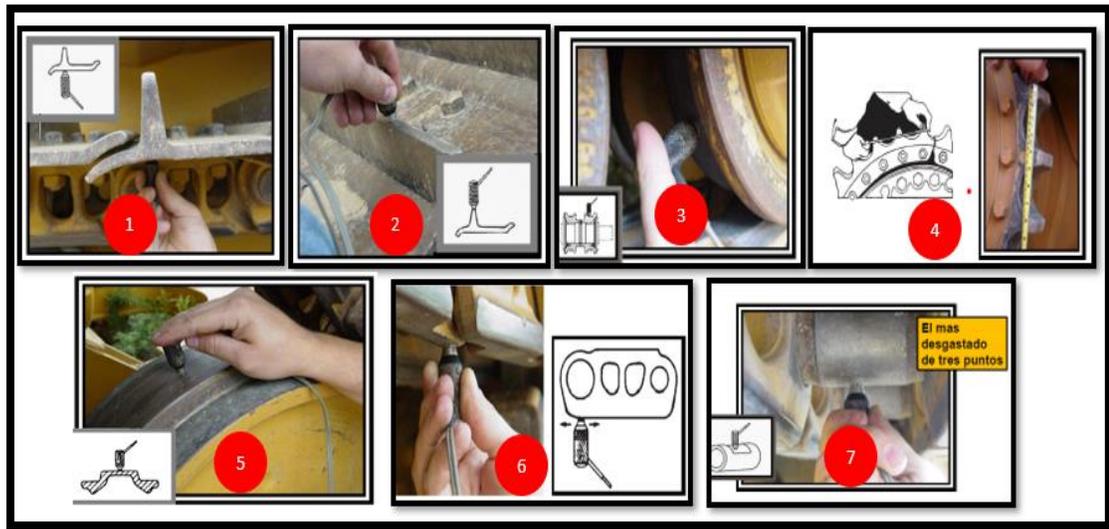
Fuente: Presentación nueva herramienta CAT WEAR MANAGEMENT.

Figura 7.3.2 Satisfacción del cliente vs medición.



Fuente: Presentación nueva herramienta CAT WEAR MANAGEMENT.

Figura 7.3.2 Puntos de medición por herramienta control desgaste



Fuente: Fotografías obtenidas en faena y SIS web.

1. Medición Ultrasonido inferior zapata.
2. Medición Ultrasonido superior zapata.
3. Medición ultrasonido rodillo inferior.
4. Medición Segmento sprocket.
5. Medición rueda guía.
6. Medición eslabón cadena.
7. Medición Buje cadena.

Figura 7.3.2 Informe técnico de inspección CAT WEAR MANAGEMENT

Componente	Estado		Número de pieza		Medición (mm)		Porcentaje de desgaste		
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	
<b>Conjuntos de eslabones</b>									
Izquierdo: 3805946 Derecho: 4587813 Inclinación:10.25 in (260.4 mm) Secciones:44									
Eslabón de la cadena	Reemplazado	Reemplazado	3737395	4587811	180	54.7	6%	42%	
Buje (ext.)	Reemplazado	Reemplazado	6Y2057	4587809	--	15.6	--	44%	
<b>Zapata de cadena</b>									
Ancho izquierdo: 610mm Ancho derecho: 610mm									
	Reemplazado	Reemplazado	7T0724	7T0724	69	70	49%	47%	
NOTAS: ITR				NOTAS: Cat					
<b>Ruedas guía</b>									
Frontal	Reemplazado	Reemplazado	1253537	1253537	21	23	10%	26%	
Trasera	Reemplazado	Reemplazado	1253537	1253537	21	23	10%	26%	
<b>Rodillos superiores</b>									
Frontal	Original	Original	3097679	3097679	69	69	13%	13%	
<b>Rodillos inferiores</b>									
Frontal	S	Original	Original	3097679	3097679	54.4	65.2	59%	28%
NOTAS: --				NOTAS: Desgaste en tapa					
2	S	Original	Original	3097679	3097679	44.5	65.8	82%	26%
NOTAS: Cambio por desgaste en pista y tapa				NOTAS: Desgaste en tapa					
3	D	Original	Original	3097678	3097678	64	62.8	13%	18%
4	D	Original	Original	3097678	3097678	54.6	63	50%	17%
5	D	Original	Original	3097678	3097678	63.8	62.7	14%	18%
6	D	Original	Original	3097678	3097678	54	--	52%	--
NOTAS: --				NOTAS: Desgaste en tapa					
7	S	Original	Original	3097679	3097679	46	64.8	78%	30%
NOTAS: Desgaste en tapa y pernos				NOTAS: Desgaste en tapa					
8	S	Original	Original	3097679	3097679	66	64.1	25%	33%
NOTAS: Desgaste en tapa y pernos				NOTAS: Desgaste en tapa					
<b>Rueda motriz</b>									
	Original	Original	2782374	2782374	275	274	47%	51%	
CONDICIÓN: Bueno				CONDICIÓN: Bueno					
<b>Recomendaciones generales</b>									
Próxima detención se debe realizar giro de tapas de boggle ambos bastidores, cambio de rodillo 2 bastidor izquierdo. Realizar chequeo a rodillos con desgaste en tapas de ambos bastidores									

Fuente: Informe inspección Wear Management.

#### **7.4 Plan de mejoramiento flota D10T.**

1. Se deben realizar las inspecciones programadas del tren de rodado y medición de desgaste de los componentes. El desgaste, según medición se trabajará dentro del porcentaje establecido por Caterpillar el cual al cumplir el 80% de desgaste del perfil de zapata, se debe realizar cambio de cadena y envió a perfilado nuevamente con el objetivo de disminuir los costos y tiempos de reparación.
2. Los técnicos especialistas deben llevar el control a través de registros y establecer tiempos de inspección y cambio de componentes. El PCR establecida para el tiempo de cambio de cadenas son 1500 horas. El cual está planilla de priorización que entrega avances de desgaste cargados por los técnicos en cada medición. La frecuencia de inspección es 10 días o 250 horas periodo entre cada equipo. Fundamentalmente el personal encargado es primordial para tener una visión preventiva del equipo y componentes, para cuando se realice la siguiente reparación.
3. Solicitar y tener repuestos adecuados según números de partes corresponda para disminuir costo de mantenimiento en cual enfoca que no tengamos merma de repuestos y mantener registros de los stocks disponibles. A su vez los técnicos deben llevar control del stock disponible de cadenas aportados por cliente. El cual según avance de desgaste se deben ingresar a programas semanales de mantenimiento +1, +2, +3.
4. Los técnicos especialistas de rodado deben presentar en los planes de mantenimiento semanales +1, +2, +3 los avances de desgaste el cual en conjunto con departamento de planificación deben programar el cambio de cadenas o trabajos necesarios en equipos que ya cumplen con el desgaste. Con el fin de planificar en un tiempo de 3 semanas contar con los recursos, repuestos a piso, coordinación de entrega de equipo con operaciones minas.
5. Programar según Ranking cambios de bastidores por criticidad de componentes a través de las inspecciones establecida por los técnicos de rodado. A su vez deben tener un ranking de componentes críticos y mantener seguimiento establecido y con departamento de ingeniería realizar planes de confiabilidad de flota y programas cambio de componentes establecidos según criticidad.

6. El Departamento de Ingeniería de Confiabilidad debe generar planes de mejoramiento a la flota, el cual indica cambio de componentes del tren de rodado mediante inspecciones y detecciones obtenida de su plataforma AMT, el cual indica frecuencia de detecciones por número de falla y tiempo de detención de equipo en paretos.

A su vez a través de herramientas de monitoreo llevar un control de la operación del equipo, es importante para verificar los traslados que afectan los desgastes de los componentes acelerados, se debe considerar que la mala operación del equipo y sus extensos traslados son un factor importante en la operación de equipo el cual afecta su confiabilidad y disponibilidad de los equipos por su número de detención y tiempos de detención.

## 7.5 Resultados obtenidos de ejecución de plan de mejoramiento para optimizar disponibilidad.

7.5 Gráfico flota bulldozer actualizado 03-08-23.

Diponibilidad & Confiabilidad Mensual



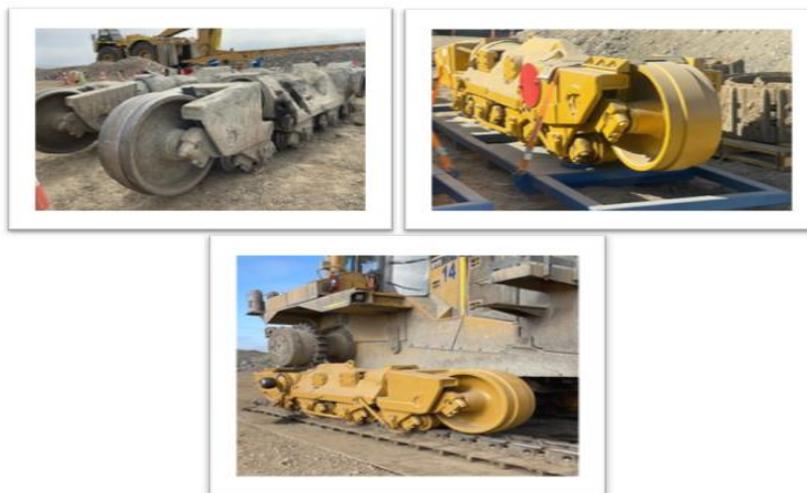
Fuente: Informe entregada Power By Caterpillar

En este gráfico se puede apreciar la tendencia en alza de disponibilidad desde los primeros meses de aplicación de los planes establecidos, para mejoramiento de disponibilidad llegando a la fecha 03-08-2023 con 87 % de disponibilidad física y contractual 90%.

Estos resultados se basan adicionalmente en el plan con el seguimiento y monitoreo constante de todas plataformas e inspecciones por técnicos capacitados, que día a día dan reportabilidad sobre la condición de la flota para que nuestra área de planificación pueda programar a tiempo cualquier condición detectada al equipo.

### 7.5.1 Registros de ejecución plan de acción.

Figura 7.5.1 Reemplazo de bastidores flota bulldozer.



Fuente: Fotografías propias del proceso

### 7.5.2 Mejora Stock de componentes menores tren de rodado.

Figura 7.5.2.1 Stock de rodillos a piso.

	EQUIPOS	RODILLOS SIMPLES	SAP	N° PARTE	UBICACIÓN
1	D10T	3	4011606	3097679	PVZ
2	D11T	27	4018163	1846305	PVZ
3	390FL	18	4084166	5297106	PATIO X

	EQUIPOS	RODILLOS DOBLES	SAP	N° PARTE	UBICACIÓN
1	D10T	1	4018534	3097679	PVZ
2	D11T	10	4011601	1846306	PVZ



Fuente: Fotografías stock candelaria

Figura 7.5.2.2 Stock de cadenas a piso.

	EQUIPOS	CADENAS	SAP	UBICACIÓN
1	D10T	5	4015955	PATIO X
2	D11T	6	4015956	PATIO X
3	B90FL	5	4039389	PATIO X



Fuente: Fotografías stock candelaria

Figura 7.5.2.3 Stock de ruedas guías.

	EQUIPOS	RUEDAS GUIAS	SAP	UBICACIÓN
1	D10T	6	4012760	PVZ
2	D11T	4	4015956	PATIO X



Fuente: Fotografías stock candelaria

Una de las mejoras con la ejecución de este plan, dejando de lado la disponibilidad de la flota y la confiabilidad del equipo, es que podemos tener y proyectar con el stock necesario para lo programado y dejar un stock a piso para imprevisto, dado que estos componentes como reparados o nuevos la fábrica no posee un lead time a corto plazo y como resultado antiguamente se tenía el equipo detenido por varias horas a espera de repuesto.

## CONCLUSION

Dentro de las conclusiones obtenidas y con los datos analizados y expuestos podemos ver que la flota de bulldozer D10T presentaba un problema que afectaba su disponibilidad y confiabilidad, ésta se veía interrumpida por las fallas reiterativas producidas en el sistema de carrilería, al cual se le realizó un análisis por modos de falla, del tren de rodado, elementos de desgaste, soldaduras, a través de un análisis se puede ver que la totalidad de las detenciones por tren de rodado. Si bien se crearon planes de mejoramiento de flota, considerando el cambio del componente por condición crítica y horas de TBO, no solucionábamos el problema o causa a raíz del desgaste de los componentes, se debió adquirir herramientas de monitoreos de las flotas, en donde la condición de daños en los trenes de rodado estaba siendo afectados por los extensos traslados de operación, provocando desgaste acelerados en sus componentes y sin tener un control de esto. Dentro de los planes se crea un área específica de la medición de rodado, siendo parte de departamento de ingeniería, esto como plan de mejoramiento de flota y tener un mayor control de los componentes y seguimientos.

Otro punto muy importante fue que si se cumplieron los objetivos expuestos se dio a conocer una descripción general y breve de los equipos de movimiento de tierra bulldozer D10T, para así analizar el funcionamiento de sus principales componentes, de tal manera saber de cómo influyen las fallas más reiterativas y de esa forma tomar buenas decisiones en su reparación y mantenimiento.

Los Gráficos de Pareto permitieron determinar cuáles eran los sistemas más afectados al no tener un control de la flota de bulldozer, lo cual permitió que se generaran planes de cambio de componentes afectados que estuvieran sometidos a cambios o reparación, si de esa manera fuese necesario, con la ayuda de la planificación adecuada y un área especializada se pudo realizar un seguimiento más constante de los sistemas más críticos que debieron ser atacados de manera inmediata.

Los beneficios obtenidos con la implementación del personal especializado en medición de rodado y las herramientas de monitoreo permitieron llevar un control más exacto del estado de los equipos de flota bulldozer, ya que se analizó por sistemas más críticos y

componentes, cuales presentaban más fallas e inconvenientes en su funcionamiento, disminuyendo los tiempos de reparaciones.

Finalmente es importante señalar que, con información y datos de seguimiento, si se puede realizar un buen análisis y proponer mejoras para dar una mayor vida útil componentes y sistemas de los equipos D10T, tomando en consideración que estos son muy importantes para el desarrollo de las labores mineras.

## RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones fundamentales para que este plan no posea desviaciones es sobre el traslado de estos equipos dentro de la mina, dado que su configuración es netamente de trabajo cíclico en el cual se basa en el desplazamiento de material en cortas distancias.

Se recomienda el traslado mediante recurso de cama baja. Si esta condición no es posible tener en consideración lo siguiente:

- Suelte el ajuste de cadena.
- Nunca traslade el equipo usando reversa, muévelo en dirección forward.
- Nunca mueva el equipo en una marcha superior a segunda forward.
- Cuando se requiera mover el equipo a largas distancias, detenga el equipo frecuentemente para mantener los componentes del tren de rodado alejados de posibles altas temperaturas, dependiendo de esta, detenga el equipo alrededor de 10 minutos por cada milla de viaje (1.6 Km).

Adicionalmente otra recomendación fundamental son los factores no controlables en el cual tenemos los siguientes:

- Condiciones de suelo:
  - Impacto.
  - Abrasión.
  - Acumulación.
- Condiciones del terreno:
  - Trabajo en laderas.
  - Trabajo cuesta arriba.
  - Trabajo cuesta abajo.
- Variables ambientales:
  - Humedad.
  - Productos químicos.
  - Temperatura.

## ANEXO

Rodillo superior: Es un accesorio en las máquinas y la decisión de instalar o quitar dependerá de la aplicación y las condiciones de operación. Dentro se explicará las ventajas y desventajas de ellos.

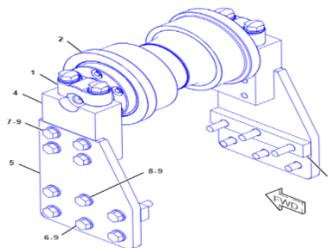
➤ Ventajas:

- Se elimina el rebote de la cadena entre la rueda motriz y la rueda guía delantera.
- Se reduce la tensión de cadena entre la rueda motriz y la rueda guía delantera, lo que evita el desgaste y la excoiación de los pasadores y bujes internos.
- Se reduce el movimiento del sistema tensor, Lo cual proporciona una tensión de cadena más constante y uniforme.
- Se reduce la posibilidad de que los eslabones de la cadena se arrastren sobre el bastidor de rodillos inferiores, si la tensión de la cadena no se mantiene dentro de las especificaciones.
- Puede haber una ligera reducción del desgaste de los bujes.

➤ Desventajas:

- En aplicaciones de acumulación de materiales pesados o de frío extremo, se puede acumular material alrededor del soporte del rodillo superior lo cual puede impedir la rotación del rodillo. En estos casos se puede quedar el rodillo y el soporte.
- Puede haber un ligero aumento del desgaste del riel del eslabón.
- La instalación de otro componente aumenta el costo de reparación o reemplazo.

Figura A anexo 1: Rodillo superior.



Fuente: Imagen SIS WEB.

## BIBLIOGRAFÍA

**Minera Candelaria, Lundin Mining .** *Procedimientos de Mantenimiento y datos Internos de la empresa .*

*LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS.* PINZÓN, MANUEL , ORTIZ SÁNCHEZ, YESID y MESA GRAJALES, DAIRO. 2006. 2006.

**Finning Cat.** *Procedimientos de Mantenimiento y datos Internos de la empresa .*