

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**



Propuesta de Plan Mantenimiento Preventivo en Equipos Forestales y Agrícolas  
basado en Condición Presentes en la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo  
Ltda., Región del Maule, Chile

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero De Ejecución En Mecánica De  
Procesos Y Mantenimiento Industrial.

Alumno:  
Wladimir Ignacio Valerio Cisternas

Profesor guía:  
Eduardo Andrés Aracena Cuellar

## Resumen

En este proyecto se realizó el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en las condiciones de cada equipo forestal y agrícola de la Compañía Agrícola y Forestal (CAF) El Álamo, específicamente en tractores.

Dicho proyecto se enmarca en la situación actual de mejorar los porcentajes de fallas correctivas y potenciar las mantenciones preventivas.

La empresa en la que se realizará el proyecto cuenta con una flota de 19 tractores de marcas reconocidas en el rubro, tales como, New Holland, John Deere y Same. Son tractores muy variados en sus condiciones actuales (el más antiguo es del año 1992 y el más nuevo del año 2020).

Por lo que es imperativo poder idear un proyecto de mantenimiento transversal para todos los equipos y que considere las condiciones en las que se encuentran ara poder prevenir fallas y concretar mantenciones que se adecuen al día a día de cada maquinaria.

# Índice

Capítulo 1: Introducción .....	2
<b>1.1 Introducción</b> .....	3
<b>1.2 Objetivos</b> .....	4
<b>1.2.1 Objetivo General</b> .....	4
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	4
<b>1.3 Metodología</b> .....	5
Capítulo 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
<b>2.1 Antecedentes de la empresa</b> .....	7
<b>2.2 Formulación del problema</b> .....	8
<b>2.3. Problema General</b> .....	9
<b>2.4. Limitaciones y Alcances</b> .....	10
Capítulo 3: MARCO TEÓRICO.....	11
<b>3.1 Definición de mantenimiento</b> .....	12
<b>3.2 Tipos de mantenimiento</b> .....	14
Capítulo 4: APLICACIÓN MBC EN EFA .....	17
<b>4.1 Importancia del mantenimiento en tractores agrícolas</b> .....	18
<b>4.1.1 Importancia del mantenimiento desde el punto de vista de gestión.</b> .....	18
<b>4.1.2 Importancia desde el punto de vista del operario</b> .....	22
<b>4.2 Mantenimiento basado en condición</b> .....	23
<b>4.2.1 Definición de Mantenimiento basado en la condición</b> .....	23
<b>4.2.2 Objetivo de MBC</b> .....	23
<b>4.2.3 Aplicación de MBC</b> .....	24
<b>4.2.4 Tipos de mantenimiento basados en la condición.</b> .....	25
<b>4.3 Formatos de implementación MBC</b> .....	28
<b>4.3.1 Ingreso mediante OT</b> .....	29
<b>4.3.2 Ingreso mediante Checklist</b> .....	31
<b>4.4 Planificaciones</b> .....	34
Capítulo 5: CONCLUSIONES .....	35
<b>5.1 Conclusiones</b> .....	36
Bibliografía.....	38

## Índice de Tablas

Tabla 1: Flota actual de tractores agrícolas y forestales de CAF El Álamo Ltda. ....	8
Tabla 2: Cuadro comparativo de ventajas y desventajas en la implementación de un MBC .....	10
Tabla 3: Descripción Ventajas y desventajas de cada mantenimiento .....	16
Tabla 4: Informe de sistema de gestión de costos por equipo.....	19
Tabla 5: Informe de sistema de gestión de costos para tractores de CAF .....	20
Tabla 6: Números de OT semestral por área.....	21
Tabla 7: Número de OT semestral por indicador.....	21
Tabla 8: Número de OT semestral por mes.....	22
Tabla 9: Informe de checklist por cumplimiento de ítem .....	32

## Índice de Figuras

Figura 1: Tipos de mantenimiento.....	14
Figura 2: Diagrama de Decisión de tipo de mantenimiento.....	15
Figura 3: Identificación de tipo de falla en EFA .....	18
Figura 4: Tipos de mantenimiento basados en la condición .....	25
Figura 5: Proceso de ingreso de los EFA a Taller CAF.....	28
Figura 6: Orden de trabajo de Taller CAF .....	30
Figura 7: Checklist implementado para tractores de Taller CAF .....	31
Figura 8: Planificación de mantenimiento de equipos agrícolas .....	34
Figura 9: Planificación de mantenimiento de equipos forestales .....	34

# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Introducción

La Compañía Agrícola y Forestal El Álamo Ltda., ubicada en Ruta 5 Sur Km 333, Copihue, Región del Maule, es una empresa dedicada al manejo integral de álamos desde su plantación hasta su cosecha, produciendo materia prima para abastecer a la Compañía Chilena de Fósforos S.A. y, a su vez, involucrados en el rubro frutícola mediante la producción de frutas para su posterior exportación.

En ese sentido, en CAF El Álamo, se desarrolla un plan de mantenciones y reparaciones a tractores en el taller mecánico y de soldaduras ubicado dentro de las dependencias de la empresa. Este plan es sustentado mediante inspecciones visuales semanales con los denominados “checklist” de tractores para desprender las fallas pertinentes y las mantenciones oportunas de cada equipo.

Actualmente, en el Taller de CAF El Álamo, se desarrolla un número muy alto de reparaciones correctivas, lo que deriva en un índice muy negativo de mantenciones tanto predictivas como preventivas, puesto que, la gran parte de las soluciones que entrega en taller son por urgencia, dada la operación que realizan los tractores en el campo.

Es por ello, que nace la motivación de proponer un Plan de Mantenimiento basado en Condición para los Equipos Agrícolas y Forestales, para, en primer lugar, clasificar y jerarquizar las frecuencias de las mantenciones y determinar las condiciones requeridas para llevar a cabo cada mantención a lo largo del año.

Para la elaboración del plan, se deben conocer en detalle los equipos e instalaciones de la compañía y, a su vez, verificar el historial de cada equipo para comprender su manejo hasta la fecha. Asimismo, es necesario poder conocer en detalle la estructura y armado de cada tractor y cada marca, para determinar todo lo que sea pertinente a la hora de ejecutar el plan.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de evaluación de condición para mantenimiento de equipos forestales y agrícolas que posee la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo a, basados en la condición de los equipos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Objetivo Específico 1:  
Diagnosticar la condición y estado de mantenimiento de los EFA de CAF.
  
- Objetivo Específico 2:  
Especificar los elementos necesarios para elaborar una propuesta de MBC para los EFA de CAF.
  
- Objetivo Específico 3:  
Elaborar/diseñar un plan de mantenimiento para los EFA de CAF según el enfoque de MBC.

## 1.3 Metodología

### ▪ 1.3.1 Metodología para alcanzar el Objetivo Específico 1

Se requiere tanto de inspecciones visuales y mediciones para todos los equipos que ingresen a los patios todos los días para analizar sus estados y, a su vez, saber cómo fue su desempeño en las faenas correspondientes y definir qué anomalías presentó durante la jornada.

- A. Clasificación de los equipos (especificar los tipos equipos)
- B. Inventario de equipos (especificaciones técnicas)
- C. Se incorporarán 3 métodos de tomas de datos para poder llevar a cabo la MBC
  - Mantenimiento conductivo: toma de datos de los equipos, entrevista a operadores e inspección sensorial
  - Inspecciones detalladas: inspección visual por parte de los mecánicos de la sección de mantenimiento (área Taller CAF).
  - Medición off-line (predictivo): Equipos de medición fuera de línea (termografías, vibraciones, ultrasonido, tintas penetrantes)

### ▪ 1.3.2 Metodología para alcanzar el objetivo específico 2

- A. Entrevistas con operadores de cada equipo y seguimiento de funciones realizadas de los EFA.
- B. Capacitar a personal de taller y “familiarizarse” con los EFA
- C. Equipar y abastecer de implementos que permitan realizar mediciones off-line

### ▪ 1.3.3 Metodología para alcanzar el objetivo específico 3

Dentro de las observaciones diarias se adjuntan las órdenes de trabajo (OT) que se requieran para cada equipo y así coordinar una MBC para los EFA necesarios

## Capítulo 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 2.1 Antecedentes de la empresa

La Compañía Agrícola y Forestal (CAF) El Alamo Ltda., constituye la empresa forestal más importante del país dedicado al cultivo del álamo. La empresa posee un patrimonio de tierras de 3.083,4 ha totales, de la cuales 2.519,7 son destinadas al uso forestal a octubre de 2021, esta superficie representa la mayor superficie plantada con álamo en el país, cuyo objetivo es el abastecimiento de materia prima para sus filiales industriales Compañía Chilena de Fósforos (CCF) y Terciados y Elaboración de maderas S.A. (TEMSA). Además, cuenta con una superficie de 374,7 ha app. destinadas a cultivo de frutas.

La empresa está dedicada al cultivo intensivo del Álamo desde el año 1939 por lo cual cuenta con más de 80 años de experiencia y conocimientos en la formación de plantaciones de rápido crecimiento. Y desde el año 2007 se inició el proyecto frutícola dentro de la compañía.

Para el oportuno y eficiente manejo de la operación forestal y agrícola (preparación de terreno, plantación, aplicación química, control de maleza, poda y mantención en general) CAF El Alamo cuenta con una flota de 17 tractores operativos que se implementan con el equipo necesario para cada operación de las distintas temporadas de la compañía (rastra, rotor, trituradora, nebulizador, rana, carro americano, etc.)

El Taller mecánico de CAF se fundó con la intención de mantener y reparar una flota de 4 tractores en un inicio dedicados sólo a uso forestal. Con el pasar de los años la carga laboral del taller ha aumentado exponencialmente en cuánto a cantidad de equipos a mantener y también a la irrupción en el año 2017 del sector agrícola.

Hoy en día, El Taller mecánico de CAF El Alamo cuanto con dos áreas principales:

Por un lado, está el área de Mantención y Reparación de maquinaria pesada y equipos agrícolas y, por otro lado, está el área de Reparaciones de estructura y vulcanizaciones de maquinaria pesada y equipos agrícolas. Cada área cuenta con dos mecánicos encargados de resolver tanto problemas correctivos como realizar mantenciones preventivas a cada Equipo Agrícola y Forestal (EFA) de CAF El Alamo Ltda.

(Compañía Agrícola y Forestal El Álamo Ltda., 2009)

## 2.2 Formulación del problema

La operación de cada temporada en la empresa no puede detenerse. Cada vez el flujo de trabajo es mayor y la compañía crece en producción y ventas. Para ello, el Taller mecánico debe “seguirle la pisada” a este crecimiento y, por lo tanto, impulsar planes de mantención mejores y más eficientes que los realizados hasta acá.

En ese escenario, se destaca que las mantenciones que realiza actualmente el taller son en un 80% correctivas, lo que genera el despropósito en la productividad de cada área de trabajo. Se logra identificar, que los tractores y maquinarias requieren mantenciones predictivas y preventivas para poder encausar lo que a priori parece un problema menor, pero, que con el pasar de los años, ha generado costos innecesarios producto de sólo ejecutar en su mayoría, mantenciones que corrigen lo que ya está deteriorado.

La Mantención Basada en Condición, busca revelar que existe un método acertado y eficaz para mejorar las mantenciones de los equipos y generar un controlado programa de manutenciones en todo el taller mecánico de CAF.

En este caso, nuestro proyecto se enfocará principalmente en la implementación de MBC en la flota actual de tractores que posee la compañía:

Maquina	Area	Marca	Modelo	Patente	Año	Potencia
Tractor 1	FORESTAL	CASE	PUMA 210	HJBD15-7	2016	210 HP
Tractor 4	FORESTAL	New Holland	TL 90 HS	VB8755-1	2002	90 HP
Tractor 5	FORESTAL	Jonh Deere	6603 4X4	GLVF11-8	2015	109 HP
Tractor 6	AGRÍCOLA	New Holland	T 4030 V	DYRL82-0	2013	62 HP
Tractor 7	FORESTAL	Jonh Deere	4755 4WD	VS6130-4	1992	175 HP
Tractor 8	AGRÍCOLA	New Holland	T 4040 F	DYRL81-2	2013	72 HP
Tractor 9	FORESTAL	New Holland	TL 90 FWD	VG1380-1	2002	83 HP
Tractor 11	FORESTAL	New Holland	TD 95 FWD	DYRL83-9	2013	90 HP
Tractor 12	AGRÍCOLA	New Holland	T 4030V CAB.	CJWL57-3	2011	90 HP
Tractor 13	AGRÍCOLA	New Holland	T 4030 F	CJWL56-5	2011	90 HP
Tractor 14	FORESTAL	New Holland	T 5060 FWD	DYRL80-4	2013	90 HP
Tractor 16	AGRÍCOLA	Same	Frutteto 3 80 4	JBSK64-4	2017	80 HP
Tractor 17	AGRÍCOLA	Massey Ferguson	MF4275T4FK	JZCG12-3	2018	75 HP
Tractor 18	FORESTAL	Same	Frutteto3 V80 DT E3 CA	JZCG19-0	2019	80 HP
Tractor 19	AGRÍCOLA	Same	Frutteto3 V80 DT E3 CA	JZCG16-6	2019	80 HP
Tractor 20	AGRÍCOLA	Same	Frutteto3 V80 DT E3 CA	JZCG18-2	2019	80 HP
Tractor 21	AGRÍCOLA	Same	Frutteto3 V80 DT E3 CA	JZCG17-4	2019	80 HP

***Tabla 1: Flota actual de tractores agrícolas y forestales de CAF El Álamo Ltda.,***

*Elaboración propia.*

### **2.3. Problema General**

El Taller mecánico de CAF funciona principalmente, con mantenciones correctivas, por lo que, la incorporación de checklist, en los últimos meses, ha arrojado la necesidad de inyectar mantenciones preventivas a los tractores principalmente. Desde esa plataforma, los últimos resultados de los checklist realizados a casi todos los tractores de la compañía, arrojaron que el 90% de los equipos cumplen con lo básico que debe tener operativo un equipo agrícola o forestal, sin embargo, la realidad, muestra que las órdenes de trabajo correctivas han aumentado en un 12% en los últimos dos meses, respecto a meses anteriores.

Con esta problemática identificada, se busca incorporar un plan basado en condición de los equipos, identificando a raíz de cada reparación a realizar y, más aún, las mantenciones que correspondan, en el tiempo indicado.

## 2.4. Limitaciones y Alcances

Con todos los desafíos que pueden llegar a producirse de la implementación de un plan de mantenimiento basado en la condición, es necesario acudir al comparativo entre sus ventajas y desventajas:

Mientras que un programa de CBM no es barato inicialmente y puede llevar algún tiempo para ponerse en marcha, eventualmente se puede acceder a muy buenos resultados para la operación.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se realiza mientras el activo está funcionando, lo que disminuye las posibilidades de interrupción de las operaciones normales.</li><li>• Reduce el costo de las fallas de los equipos.</li><li>• Mejora la fiabilidad del equipo.</li><li>• Acorta el tiempo de inactividad no programado debido a una falla grave.</li><li>• Minimiza el tiempo dedicado al mantenimiento.</li><li>• Recorta al mínimo la necesidad de piezas de repuesto de emergencia.</li><li>• Aumenta la seguridad de los trabajadores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El equipo de monitoreo es caro de instalar.</li><li>• Costo para capacitar al personal: se necesita un profesional capacitado para analizar los datos y realizar el trabajo.</li><li>• La fatiga o los fallos de desgaste uniforme no se detectan fácilmente con las mediciones de CBM.</li><li>• Los sensores de condición pueden fallar en el entorno operativo.</li><li>• Puede requerir modificaciones de los activos para adaptar el sistema con sensores.</li><li>• Períodos de mantenimiento impredecibles.</li></ul>

***Tabla 2: Cuadro comparativo de ventajas y desventajas en la implementación de un MBC.***

*Elaboración propia*

## Capítulo 3: MARCO TEÓRICO

### **3.1 Definición de mantenimiento**

Todas las definiciones (oficiales o no) del mantenimiento tienden a presentar esta función como la encargada de asegurar la disponibilidad de los equipos de producción mediante la ponderación de las imperfecciones del patrimonio tecnológico invertido.

Dicha función debe tener en cuenta los objetivos de la empresa, y se puede llevar a cabo en el marco de un gasto materializado por un presupuesto, o en relación con la determinada actividad industrial. Está sujeta a numerosas obligaciones que la confinan en un modo de funcionamiento que varía de una industria a otra y que depende:

- Disponibilidad financiera del momento.
- Principios de explotación de los equipos industriales.
- Nivel de productividad deseado.
- Cualidades de fiabilidad intrínsecas al material.
- Esperanza de vida de los equipos.
- Cualidades del personal de mantenimiento, etc.

El mantenimiento también responde a expectativas variables. Éstas incluyen el hecho de advertir cada vez más el alto grado en el que las fallas en equipos afectan la seguridad y el medioambiente, una conciencia creciente de la conexión entre mantenimiento y calidad del producto, y una presión cada vez mayor de alcanzar un alto rendimiento de las plantas y controlar los costos.

Estos cambios están poniendo a prueba al máximo actitudes y capacidades en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento se ve obligado a adoptar un nuevo modo de pensar y actuar, como ingenieros y como gerentes. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se están haciendo más evidentes, no importa cuán computarizados estén.

En ese sentido, últimamente se ha vivido un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento.

Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la 3<sup>o</sup> generación del mantenimiento incluían:

Herramientas de ayuda a la decisión, como estudio de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo, nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición, equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad.

Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia a participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosóficas de mantenimiento hasta nuestros días, de tal forma actualmente podemos hablar de una cuarta generación del mantenimiento.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallo utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita.

Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto. Por ello, se identifican los tipos y niveles del mantenimiento para abordar específicamente lo que significa cada mantenimiento:

## 3.2 Tipos de mantenimiento

Si bien es cierto, cada empresa o equipo de trabajo define qué mantenimiento realizar, básicamente existen algunos tipos de mantenimiento principales que podemos desglosar de la siguiente manera:

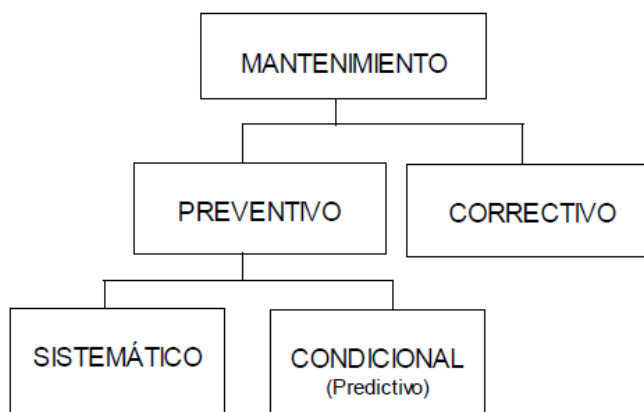


Figura 1: Tipos de mantenimiento, *Técnicas de Mantenimiento Industrial*, Juan Díaz Navarro

- El Mantenimiento Correctivo, efectuado después del fallo, para reparar averías
- El Mantenimiento Preventivo, efectuado con intención de reducir la probabilidad de fallo, del que existen dos modalidades:
- El Mantenimiento Preventivo Sistemático, efectuado a intervalos regulares de tiempo,
- según un programa establecido y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina y la existencia o no de reserva.
- El Mantenimiento Preventivo Condicional o según condición, subordinado a un acontecimiento predeterminado.

Un diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso, se presenta en la siguiente figura:

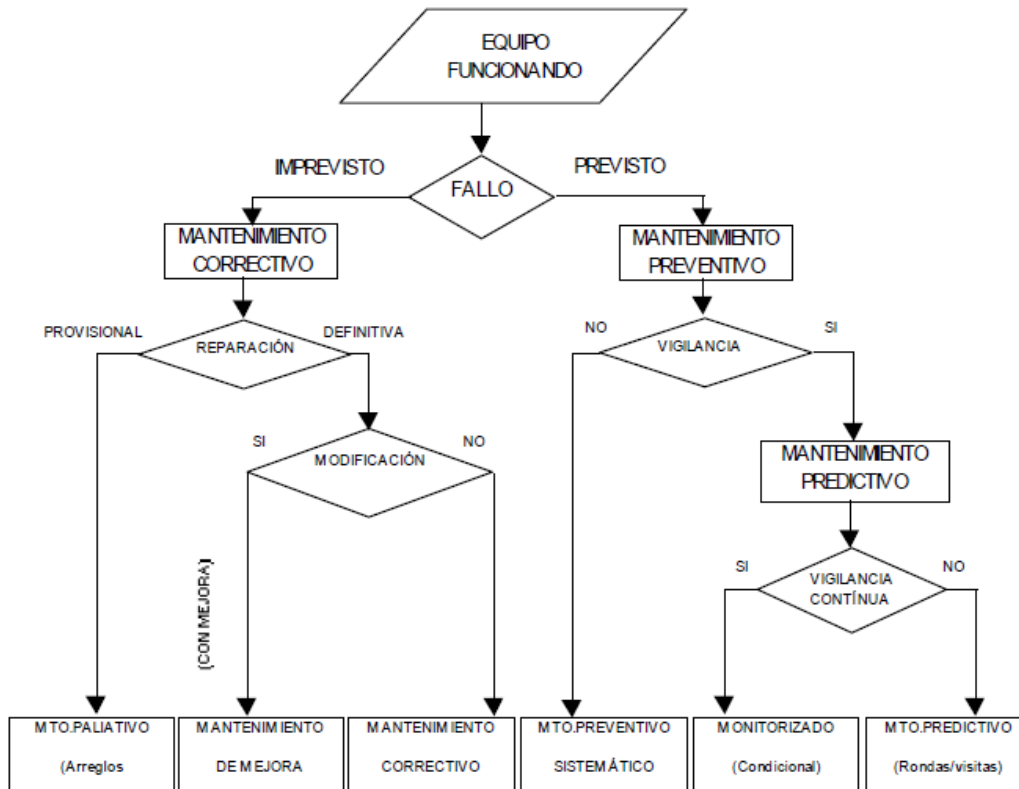


Figura 2: Diagrama de Decisión de tipo de mantenimiento, *Técnicas de mantenimiento industrial, Juan Díaz Navarro*

Como en todo orden de cosas, cada mantenimiento tiene sus ventajas y desventajas en la aplicación:

Mantenimiento	Ventajas	Desventajas
Correctivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.</li> <li>Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.</li> <li>Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.</li> <li>Baja calidad del mantenimiento como</li> </ul>

		consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.
<u>Preventivo (sistemático)</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.</li> <li>• Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se aprovecha la vida útil completa del equipo.</li> <li>• Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.</li> </ul>
<u>Predictivo (preventivo condicional)</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.</li> <li>• Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.</li> <li>• Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.</li> <li>• No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.</li> <li>• Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.</li> </ul>

***Tabla 3: Descripción Ventajas y desventajas de cada mantenimiento, Elaboración Propia***

(Díaz Navarro, 2011)

## Capítulo 4: APLICACIÓN MBC EN EFA

## 4.1 Importancia del mantenimiento en tractores agrícolas

Realizar mantenencias a los tractores y equipos sin motor de CAF El Álamo, es vital para el desarrollo de las operaciones dentro de la compañía, tanto agrícola como forestal. Para ello, es preciso identificar en primer lugar el área de trabajo a la que corresponde cada equipo, sus sistemas de funcionamiento y en específico, cómo desarrollar una mantención basada en condición a cada uno de ellos.

En ese sentido se presenta el siguiente diagrama de identificación:

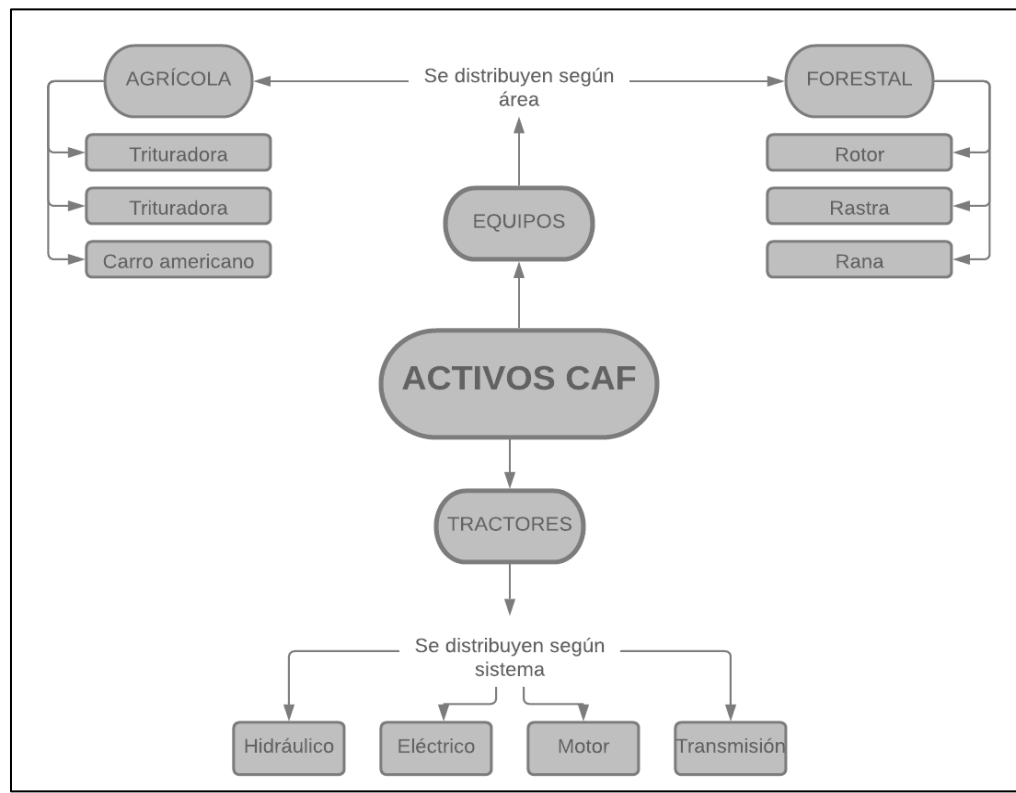


Figura 3: Identificación de tipo de falla en EFA, *Elaboración propia.*

### 4.1.1 Importancia del mantenimiento desde el punto de vista de gestión.

Desde el punto de vista de la gestión es imperativo poder implementar un tipo de mantenimiento que regule los problemas de fondo de cada equipo. En ese sentido, un MBC será la solución a todas las reparaciones que se van suscitando en el Taller CAF.

(Mantenimiento & Mentoring Industrial, 2017)

Sin ir más lejos, dentro de los costos más altos en Taller se encuentran los filtros de aire, decantador, de petróleo y de aceite. El objetivo de cualquier taller mecánico es que se puedan regular los cambios de filtros en base a horas de maquinaria y no tantos cambios en un mismo mes como lo muestra la siguiente tabla:

<b>Febrero de 2021</b>	
Materiales	\$
ACEITE 15W40	104.554
ACEITE 80W90 HD	1.016
ACEITE TORQUE FLUID 56	332.269
AGUA DESTILADA	4.776
AMARRA PLASTICA 300X4,8MM BLANCA	225
CHAVETA	3.890
CHAVETA EN R	3.910
FILTRO ACEITE T- FRUTTETO 3 V80 DT	44.951
FILTRO ACEITE T4030	70.264
FILTRO CABINA TRACTOR	54.591
FILTRO DE ACEITE M. FERGUSON MOD-4275 2	9.900
FILTRO DE AIRE CABINA M. FERGUSON MOD-42	52.317
FILTRO DE AIRE EXT. T- FRUTTETO 3 V80 DT	105.000
FILTRO DE AIRE INT. T. FRUTETTO3 V80 DT	61.400
FILTRO DE PETROLEO NH83937061	13.116
FILTRO DECANTADOR AGUA M. FERGUSON MOD-4	21.800
FILTRO EN LINEA N.H.	20.602
FILTRO HIDR. ZP-3022 SAME	122.509
FILTRO PETROLEO. FERGUSON MOD-4275-2018	21.900
FILTRO PETROLEO T- FRUTTETO 3 V80 DT	59.999
FILTRO PETROLEO T4030V N.H.	86.908
FOCO FAENERO	27.732
FUNDA CUBRE CARDAN	41.900
FUSIBLE 50 AMP	3.980
PERNO COCHE 5/8 X3 G5 COMPLETO	8.780
PERNO HEX. 1/4 X 1"	661
PETROLEO DIESEL P/TRACTOR	4.453.870
PIOLA EMBRAGUE TRACTOR	16.400
PROTECCION CARDAN HOMOCINETICO	80.477
VALVULA P/NEUMATICO TUBULAR	3.508
<b>Total</b>	<b>5.833.205</b>

***Tabla 4: Informe de sistema de gestión de costos por equipo, Elaboración propia.***

Sin lugar a dudas, este costo total del mes, en reparaciones internas (dado que existen mantenencias tercerizadas también, según la disponibilidad de nuestro Taller y las competencias de los mecánicos) puede verse disminuido en un 60% por lo menos, si se realizaran constantemente MBC a cada equipo agrícola.

Por otro lado, uno de los indicadores que se utilizan para medir gestión dentro del taller mecánico de CAF es el peso por hora (\$/hr). Según la siguiente tabla podemos apreciar que el costo en combustible usado en los tractores de la compañía es muy heterogéneo y, a la hora de tener que realizarle mantenencias a cada equipo, no existe una variable que pueda revelar patrones fijos de ingreso de combustible y consumo según horas trabajadas. En ese sentido, existen variables que indican que un equipo que no realizó ninguna faena, dado que no hay movimiento en su horómetro, igualmente incurre en gastos, dadas las pérdidas de combustible y, aún más, las correcciones que se deben realizar aun cuando se encuentra detenido. Asimismo, se puede evidenciar que la falta de un mantenimiento predictivo conlleva a costos elevados de uso de combustible y de materiales (como lo evidenciamos en la tabla anterior).

Febrero de 2021	Consumo combustible				
Marca	Núm. interno	Lts	\$	hrs	\$/hr
TRACTOR SAME	16	512,48	297.231	59	5.037,8
TRACTOR N. HOLLAND	11	133,64	74.052	59	1.255,1
TRACTOR N. HOLLAND	12	492,3	284.483	154	1.847,3
TRACTOR N. HOLLAND	13	308,23	171.158	160	1.072,4
TRACTOR SAME	18	113,59	63.060	-	
TRACTOR JOHN DEERE	5	737,41	409.965	58	7.117,4
TRACTOR CASE	1	566,22	311.687	150	2.076,5
TRACTOR MASSEY FERGUSON	17	479,5	356.105	82	4.337,5
TRACTOR SAME	22	862	570.125	182	3.132,6
TRACTOR N. HOLLAND	4	116,06	78.947	143	552,5
TRACTOR N. HOLLAND	42	485,75	300.749	158	1.903,5
TRACTOR JOHN DEERE	7	160,06	89.654	137	654,9
TRACTOR N. HOLLAND	14	400	220.329	25	8.956,5
TRACTOR N. HOLLAND	6	695,23	421.820	160	2.638,0
TRACTOR N. HOLLAND	8	829,65	580.169	133	4.349,1
TRACTOR SAME	20	675,32	386.653	19	20.033,8
TRACTOR SAME	21	496,7	328.500	-	

***Tabla 5: Informe de sistema de gestión de costos para tractores de CAF, Elaboración propia.***

Ahora bien, lo que más nos lleva a tomar la decisión de implementar un MBC es la realidad respecto a las mantenencias correctivas. Existe una cantidad muy grande de órdenes de

trabajo que ingresan mediante este tipo de mantenencias y nos lleva a tomar esta decisión, impulsados por el entendimiento de que puede ser real su implementación.

En las siguientes tablas se muestran los ingresos de OT durante la primera mitad del año 2020:

**Número de OT por área**

AREA	CORRECTIVO	PREVENTIVO	TOTAL	%
AGRICOLA	269	61	330	56%
CCF	4	3	7	1%
EXTERNO				
FORESTAL	182	71	253	43%
<b>TOTAL (N° OT)</b>	<b>455</b>	<b>135</b>	<b>590</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>77%</b>	<b>23%</b>	<b>100%</b>	

***Tabla 6: Números de OT semestral por área, Elaboración propia.***

El equipo de Taller ingresa mensualmente un promedio de 98 OT para reparaciones y mantenencias. La tabla nos revela que el área agrícola es quién más ingresa reparaciones correctivas. Esto se debe a que de enero a abril es la temporada “fuerte” de ellos, por lo que las fallas y desperfectos suscitados pueden incrementarse respecto al área forestal.

El foco, en este caso debemos ponerlo en realizar mantenencias a los tractores agrícolas entre los meses septiembre, octubre y noviembre, para corregir este número y poder nivelar, a lo menos, las mantenencias preventivas hacia un mayor porcentaje de ejecución.

**Número de OT por Indicador**

INDICADOR	CORRECTIVO	PREVENTIVO	TOTAL	%
VULCANIZACION	74	3	77	13%
ELECTRICO	24	2	26	4%
MANTENCION	163	116	279	47%
INSTALACION	35	4	39	
ESTRUCTURA	159	10	169	29%
<b>TOTAL</b>	<b>455</b>	<b>135</b>	<b>590</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>77%</b>	<b>23%</b>	<b>100%</b>	

***Tabla 7: Número de OT semestral por indicador, Elaboración propia (informe sistema gestión CAF).***

Por otro lado, dentro de las mismas mantenencias correctivas, casi el 50% de las mismas son ejecuciones de mantención (sistemas electrónicos, limpieza de piezas internas, pérdidas de petróleo, reemplazo de partes deterioradas, regulación de embragues, etc.) lo que revela específicamente que las mantenencias realizadas a esa fecha no han sido basadas en la

condición del equipo y han generado que el activo tenga que volver a ingresar a taller para una mantención correctiva.

En este escenario, se requiere incorporar mantenciones que amplíen los tiempos entre ingreso y reingreso por fallas similares de cada maquinaria. El tiempo involucrado en reparar lo que ya fue reparado es, sin duda, tiempo perdido, por lo que, más allá que los indicadores de mantenciones correctivas en estructura y vulcanización se eleven un poco, es imperativo recuperar los tiempos de doble labor en mantenciones enfocadas en la condición de cada activo.

#### **Total OT mensual por Tipo**

<b>INDICADOR</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>TOTAL</b>
CORRECTIVO	93	91	62	88	58	62	<b>454</b>
PREVENTIVO	18	14	36	18	29	21	<b>136</b>
% CORRECTIVO	84%	87%	63%	83%	67%	75%	<b>77%</b>
% PREVENTIVO	16%	13%	37%	17%	33%	25%	<b>23%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>111</b>	<b>105</b>	<b>98</b>	<b>106</b>	<b>87</b>	<b>83</b>	<b>590</b>

***Tabla 8: Número de OT semestral por mes, Elaboración propia (informe sistema gestión CAF).***

Finalmente, entendemos que el número a mejorar es el 77% de mantenciones correctivas. La tabla revela que hay homogeneidad en cuanto a los meses en que se suceden y se debe estar en constantes reparaciones en toda época. Subir ese 23% de mantenciones preventivas es un trabajo que se realizará en base a la gestión que podamos lograr con el Taller CAF y la importancia que tenga tanto para la gestión como para los funcionarios una MBC.

#### **4.1.2 Importancia desde el punto de vista del operario**

Mantener equipos en buen estado y con sus programaciones de mantenimiento según sus condiciones, no es sólo un indicador que muestra gestión y revela procesos de crecimiento en el Taller. Es, además, un catalizador para que el clima laboral de los operarios mejore y se enfoque en salvaguardar el funcionamiento y los procesos de cada activo bajo su responsabilidad. Si no existe una cultura de “cuidado” respecto a la correcta operatividad de los activos, velando por no operar por más de las horas indicadas buscando mejorar rendimiento o activando recordatorios respecto a mantenciones programadas para no sobre exigir a su equipo, entrega satisfacción al Taller CAF en el panorama de no tener que detener los equipos para mantenciones correctivas cuando éstos ya no dan más.

Por ello, es importante que un operario sepa que sus activos están con sus mantenciones al día y bien realizadas. Porque han sido realizadas basadas en la condición de los activos, resguardando su polifuncionalidad y la operatividad requerida para la faena específica a realizar.

## **4.2 Mantenimiento basado en condición**

El mantenimiento basado en la condición se utiliza para monitorear activos complejos. A medida que la tecnología ha evolucionado y se han desarrollado redes inalámbricas, sensores de alta precisión y un software de análisis, se ha preparado el escenario para que el mundo del mantenimiento tome un camino más acertado en base a la modernización en técnicas avanzadas de mantenimiento proactivo como el MBC.

### **4.2.1 Definición de Mantenimiento basado en la condición**

El mantenimiento basado en la condición (MBC) es una estrategia de mantenimiento que monitorea la condición en tiempo real de un activo para determinar qué mantenimiento se debe realizar.

El MBC establece que el mantenimiento sólo debe realizarse cuando ciertos indicadores muestran signos de disminución del rendimiento o de un fallo inminente.

La verificación de una máquina para estos indicadores puede incluir mediciones de carácter general, inspección visual, datos de rendimiento y pruebas programadas.

Los datos de la condición pueden ser recopilados a ciertos intervalos o continuamente. A su vez, el mantenimiento basado en la condición puede aplicarse a los activos críticos y no críticos de la operación.

A diferencia del mantenimiento planificado, en el que el mantenimiento se realiza en base a intervalos programados predefinidos, el mantenimiento basado en la condición se realiza sólo después de que se haya observado una disminución en la condición del equipo de CAF.

En comparación con el mantenimiento preventivo que ya se realiza y pareciera ser que no es suficiente según todos los datos indicados, puesto que, aumenta el tiempo entre las reparaciones de mantenimiento, porque el mantenimiento se realiza según las necesidades de la faena.

### **4.2.2 Objetivo de MBC**

El objetivo del mantenimiento basado en la condición es monitorear y detectar fallas en el equipo para que el mantenimiento pueda ser programado proactivamente cuando sea necesario y no antes (que es uno de los problemas que se encuentran en la empresa: mantenciones antes de tiempo para no interrumpir posteriormente la faena).

Las condiciones de los activos necesitan activar el mantenimiento dentro de un período de tiempo suficientemente largo antes de la falla, de modo que el trabajo pueda terminarse antes de que el activo falle o el rendimiento caiga por debajo del nivel óptimo.

### **4.2.3 Aplicación de MBC**

Aunque el monitoreo de la condición puede jugar un papel beneficioso en el plan de mantenimiento a implementar, a menudo se implementa de forma apresurada sin una comprensión completa de algunos factores que afectarán su efectividad en el sistema general.

Entre ellos podemos destacar los siguientes:

#### *Asegurar una base sólida*

El MBC va de la mano con el mantenimiento centrado en la confiabilidad, porque ayuda a identificar los posibles problemas con los activos más críticos y determinar lo que se debe hacer para asegurar que esos activos sigan produciendo a su máxima capacidad.

Tener una comprensión sólida de dichos procesos, ayuda a enfocar las funciones de cada mecánico en CAF en la dirección correcta de un MBC. De hecho, los expertos en confiabilidad están de acuerdo en que uno de los mayores problemas que se detectan con la adopción de un programa de mantenimiento basado en la condición es la falta de comprensión de los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

#### *Tener al personal técnico involucrado*

Sabiendo que todo el personal de mantenimiento tiene las habilidades necesarias, es imprescindible incorporar al equipo de trabajo en el análisis de criticidad.

Incorporar sus aportaciones los convierte en participantes activos y les da la oportunidad de usar sus fundamentos de mantenimiento de manera efectiva mientras contribuyen a la implementación del mantenimiento basado en la condición.

También les ayudará a identificar, disminuir y eliminar los modos de fallo.

#### *Realizar un análisis de la criticidad*

Un análisis de criticidad asegura que el plan de mantenimiento basado en la condición sea efectivo.

Identificar con precisión los activos como críticos, semi-críticos y no críticos puede disminuir el mantenimiento innecesario basado en la rutina diaria.

En otras palabras, el personal de mantenimiento sabrá qué activos son los más críticos y podrá realizar comprobaciones sobre esos activos primero o más a menudo que sobre los no críticos sin hacer rutas innecesarias por toda la planta.

Por otro lado, el análisis de criticidad también ayuda a determinar qué activos se beneficiarán más de las técnicas de monitoreo basadas en la condición, como las vibraciones remotas o

los sensores acústicos que producen datos en tiempo real que pueden ser analizados desde otro lugar.

#### Realizar un seguimiento

Después de que se haya terminado la evaluación de criticidad, es imperativo implementar un sistema de reporte de fallas, análisis y acciones correctivas para asegurar que el análisis fue correcto y que los activos más críticos se benefician al máximo del programa de MBC.

#### **4.2.4 Tipos de mantenimiento basados en la condición.**

Una de las mayores fortalezas del mantenimiento basado en la condición es que no es invasivo, lo que significa que los datos en tiempo real se recogen mientras la máquina sigue funcionando sin modificar su forma de operar.



Figura 4: Tipos de mantenimiento basados en la condición

Se puede elegir entre recoger datos a ciertos intervalos o continuamente a través de elementos como sensores, inspección visual o pruebas programadas.

Algunas de las técnicas más comunes de monitoreo basadas en la condición que se utilizarán en CAF El Alamo son las siguientes:

#### Análisis de vibración

El análisis de vibración se define como el proceso de medición de los niveles de vibración y las frecuencias de las máquinas para con el uso de esa información analizar la salud de las máquinas y sus componentes.

El análisis de vibración puede ayudar a detectar problemas como el desequilibrio, el fallo de los rodamientos, la holgura mecánica, la resonancia, ejes doblados, etc.

Los equipos rotativos (compresores, bombas, motores) cuando están en funcionamiento desprenden un cierto grado de vibración. A medida que se degradan, o se salen de la alineación, la cantidad de vibración aumenta. En definitiva, los sensores de vibración se utilizan para detectar cuando la vibración está por encima de los valores óptimos.

### Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es el proceso de utilizar un generador de imágenes térmicas para detectar la radiación procedente de un objeto, convertirla en temperatura y mostrar una imagen de la distribución de la temperatura en tiempo real.

Utilizadas a menudo con una imagen de referencia para la comparación, las imágenes termográficas infrarrojas pueden mostrar clara y fácilmente cuando un objeto se está sobrecalentando.

La termografía de infrarrojos se emplea para vigilar las condiciones eléctricas y mecánicas de los motores, inspeccionar los cojinetes y examinar el aislamiento refractario, así como para comprobar los niveles de gas, líquidos y lodo.

### Análisis de ultrasonido

El análisis de ultrasonido utiliza el sonido para identificar los activos potencialmente defectuosos, detectando los sonidos de alta frecuencia y convirtiéndolos en audio y datos digitales.

El mal funcionamiento del equipo genera un sonido que los sensores de ultrasonido pueden detectar. Esta técnica es aplicable a una gama muy amplia de maquinaria, desde equipos de alta y baja velocidad hasta situaciones de fluidos de alta presión, que son los que CAF posee.

Alerta rápidamente a los operarios sobre cuestiones como defectos profundos del subsuelo (por ejemplo, defectos de soldadura o corrosión extensa), fugas de gases y cojinetes excesivamente o insuficientemente lubricados. También es ideal para inspecciones eléctricas específicas, especialmente en engranajes cerrados (por razones de seguridad).

### Análisis del lubricante

El análisis del lubricante es una actividad rutinaria que mide el número y el tamaño de las partículas en una muestra para analizar la salud del lubricante, la contaminación y el desgaste de la máquina.

Un programa de análisis de aceite ayuda a verificar que una máquina lubricada funciona como debe. El análisis del lubricante comprueba las propiedades del fluido del aceite, respondiendo a preguntas como si los aditivos activos son los adecuados o no.

El análisis del aceite también busca la existencia de contaminantes peligrosos en el lubricante y, si es así, ayuda a reducir la fuente probable.

Por último, este tipo de práctica permite analizar la presencia de partículas producidas por el desgaste mecánico, la corrosión u otra degradación de la superficie de la máquina.

#### Análisis Eléctrico

El análisis eléctrico se emplea para examinar la calidad de la potencia entrante de los equipos, utilizando lecturas de la corriente del motor con las pinzas amperimétricas.

Esto hace más fácil para el personal de mantenimiento ver cuando un activo está recibiendo una cantidad irregular de electricidad

#### Análisis de presión

Es vital mantener la presión correcta dentro del equipo para que el fluido, el gas o el aire se muevan adecuadamente a través de una tubería o manguera hidráulica.

El análisis de la presión puede controlar continuamente los niveles de presión en tiempo real y alertar de caídas o picos repentinos, lo que permite al personal de mantenimiento responder y solucionar los problemas antes de que se produzca un incidente más grave.

(Cursos Aula 21, 2021)

### 4.3 Formatos de implementación MBC

Dentro de la compañía existen algunos mecanismos que inyectan fiabilidad al proceso de mantenencias con el fin de abordar a tiempo y sin presura el MBC. Asimismo, se desarrolla todo en un sistema informático capaz de arrojar datos diarios y semanales por equipo; ello conlleva a un análisis preciso de las fallas de cada equipo y revelan la zona en la que se debe poner atención para programar mantenencias a corto y largo plazo según las definiciones tanto internas respecto a los equipos como aquellas que externamente se pueden consolidar.

En ese panorama, el proceso de ingreso a Taller se desarrolla de la siguiente manera:

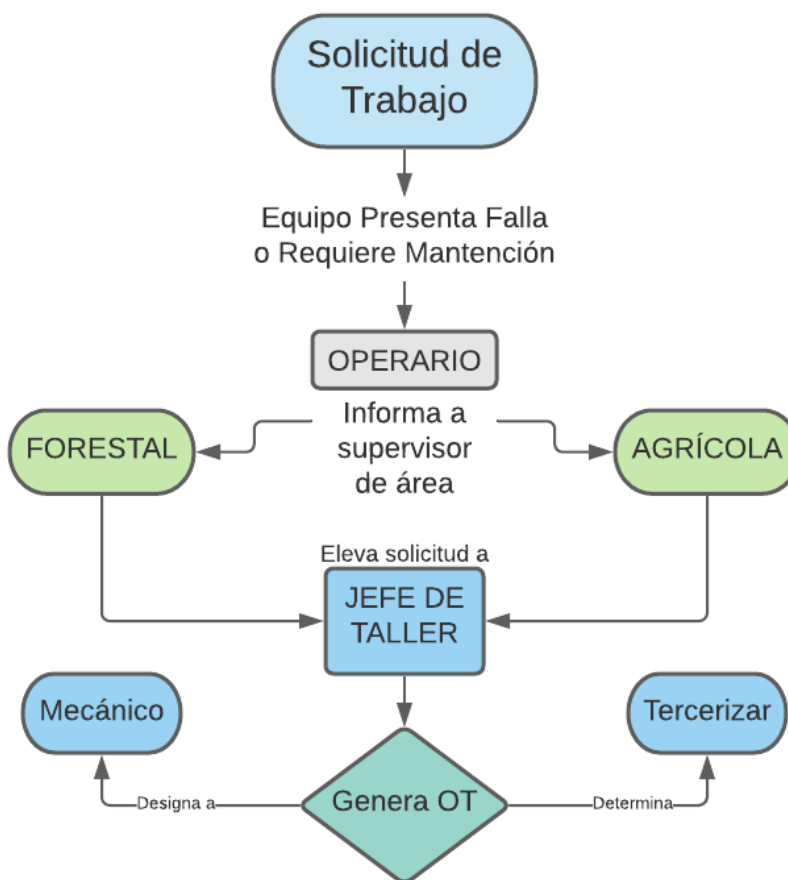


Figura 5: Proceso de ingreso de los EFA a Taller CAF, Elaboración propia.

En este diagrama existe un ingreso formal de un equipo o maquinaria a Taller, que es mediante la generación de una orden de trabajo, sin embargo, existe un tipo de ingreso tácito y que radica en la necesidad de mantenencias preventivas. Ello se realiza mediante un checklist semanal de cada equipo y que posibilita un ingreso mediante MBC.

### **4.3.1 Ingreso mediante OT**

Una orden de trabajo es la herramienta informativa y de gestión que se usa en el Taller mecánico de la compañía, tal como se detalló en la figura anterior. Se trata de una simple hoja que recoge los datos esenciales relacionados con cada trabajo que se ingresará, procesará y egresará del taller.

Dicha OT posee datos tales como: el número del servicio, equipo, área, operario, fecha y hora de ingreso y salida de taller, diagnóstico, observaciones del mecánico, repuestos utilizados, etc.

El mecánico, al rellenar una orden de trabajo, realiza el procedimiento indicado, tal como informar el diagnóstico a su supervisor, solicitar materiales e informar tiempo aproximado de reparación y/o mantención.

Este ingreso genera que nuestra MBC pueda fluir en la operación con la ventaja del mejoramiento en los procedimientos y operatividad del uso de maquinaria y, así, alcanzar una mayor eficiencia y rentabilidad del activo.

Dentro de los beneficios de usar la OT como uno de los formatos de implementación de la MBC se encuentran:

- Es una herramienta ideada para facilitar la gestión en el taller, ya que, permite tener organizadas todas las tareas en base a diferentes criterios y ello, contribuirá a un ingreso expedito por parte de los análisis a realizar con el MBC.
- La OT genera la comunicación que requiere un MBC entre las diferentes áreas del taller. Por ejemplo, permite al supervisor/jefe recordar a los operarios las tareas más urgentes o resolver rápidamente las dudas del profesional respecto a cualquier encargo pendiente o terminado.
- Agiliza mucho la operatividad del taller, permitiendo el acceso rápido a la información y evitando errores, descuidos, olvidos y otros fallos en la gestión que provocan pérdidas de tiempo y eficiencia sobretodo pensando en que la implementación es una novedad para todo el equipo y se requiere agilidad para confeccionar un plan que no permee el funcionamiento actual del taller, sino que, con intención lo mejore en tiempos de respuesta y factibilidad de equipos operativos.
- Las órdenes de trabajo son sencillas de informatizar. Hoy en día existen aplicaciones que permiten crear estas órdenes de forma rápida, sencilla y guardarlas en una base de datos propia. De cualquier manera, existen muchas otras herramientas para informatizar y agilizar aún más la información de las órdenes de trabajo, como un simple Excel.

- Uno de sus grandes valores es que tiene toda la información básica acerca de un ingreso, resumida de forma clara y accesible en un simple vistazo para la ejecución del mantenimiento adecuado.
- La orden de trabajo también puede llegar a ser una prueba o una “garantía” en caso de ciertas reclamaciones de los operarios o incluso ante gerencia. Por ejemplo, permite demostrar cuál fue la fecha real de entrada de un activo y si se cumplieron los plazos de trabajo establecidos en la OT.

0001		ORDEN DE TRABAJO	
SECTOR :	AGRICOLA :		
EQUIPO :	OPERADOR :		
FECHA INGRESO :	HORA INGRESO :	HORA ENTREGA :	
FECHA ENTREGA :	CORRECTIVO :	PREVENTIVO :	
RECEPCIÓN :	MECÁNICO :		
DIAGNÓSTICO DE INGRESO:		PRIORIDAD:	
OBSERVACIONES MECÁNICO:		HOROMETRO:	KILOMETRAJE:
REPUESTOS			
REPUESTOS EN BODEGA	FECHA SOLICITUD	FECHA ENTREGA	
REPUESTOS SOLICITADOS	FECHA SOLICITUD	FECHA ENTREGA	
RECIBO CONFORME			
OBSERVACIONES OPERADOR:			
FIRMA MECÁNICO :		FIRMA OPERARIO :	

Figura 6: Orden de trabajo de Taller CAF, *Elaboración propia.*

### 4.3.2 Ingreso mediante Checklist

El ingreso mediante checklist consolida lo requerido con nuestro MBC. Este tipo de ingreso busca diagnosticar con antelación las falencias o cumplimientos básicos de toda maquinaria, en este caso, se muestra un checklist tipo que se le realiza a la flota de tractores que mantiene la compañía.

N°	ITEM	SI	NO	N/A	N°	ITEM	SI	NO	N/A
<b>Sistema de Luces</b>					<b>Crítico</b>				
1	Luz Baja				23	Frenos en buen estado			
2	Luz Alta				24	Freno de mano en buen estado			
3	Luz Marcha Atrás				25	Protección Partes Móviles			
4	Luz Interior				26	Placa Patente			
5	Luz de Emergencia (HAZZARD)				27	Protecciones Parabrisas			
6	Luz de Freno				28	Bocina			
7	Tercera Luz de Freno				29	Cinturon de seguridad			
8	Intermitentes				30	Alarma de Retroceso			
9	Luz Patente				<b>Críticos</b>				
<b>Accesorios</b>					31	Permiso de circulación			
10	Espejos Retrovisores				32	Revisión Técnica			
11	Gata				33	Emisión de Gases			
12	Extintor en buen estado				34	Certificado de Inscripción			
13	Triángulos				35	Seguro Obligatorio			
14	Chaleco Reflectante				36	Licencia de Conducir			
15	Botiquín				<b>Acciones</b>				
16	Parabrisa				37	Transita con Luces Encendidas			
17	Vidrios Laterales				38	Respetar Velocidades			
18	Plumillas Limpia Vidrios				39	No Presenta Fugas			
19	Llave Rueda				40	Estado Niveles / Aceite - Agua			
20	Estado aire acondicionado				41	Buen Estado Neumáticos			
21	Rueda de Repuesto				42	Posee Kit para Derrames			
22	Baliza				<b>EPP</b>				
					43	Casco de Seguridad			
					44	Zapatos de Seguridad			
					45	Guantes			
					46	Protección Auditiva			
					47	Lentes Protectores			

Figura 7: Checklist implementado para tractores de Taller CAF, *Elaboración propia.*

Dicho checklist contiene información fidedigna que detalla cuáles son las principales falencias de un equipo antes de salir a sus faenas (teniendo en cuenta, de todas maneras, que el ítem que corresponde a “crítico” determina si un tractor puede o no salir a realizar sus funciones ese día). Este procedimiento se realiza todos los días jueves en la mañana.

Desde el punto de vista de nuestra implementación es imperativo el formato de checklist para proceder al plan ideado, sobre todo, porque es un diagnóstico realizado en conjunto con el operario del tractor correspondiente.

Esto significa que, al ser la principal fuente de información lo que el operario indique en el checklist, su diagnóstico termina siendo más fiel aún, dado que es el trabajador quien escucha todo el día los “sonidos” del equipo, conoce las horas de trabajo históricas, la carga de trabajo que acumula el activo, las fallas que ha tenido, las reparaciones que ha sufrido y exclusivamente, el funcionamiento de todo el sistema del tractor.

Ello, conlleva a que nuestra implementación sea más rápida y eficaz, sobre todo en los tiempos de respuesta y la constante comunicación entre las partes involucradas (según flujo de ingreso a Taller detallado anteriormente) para que, en un futuro próximo la incorporación de las planificaciones de trabajo de cada área se pueda desarrollar oportunamente.

Para ello, es imprescindible conocer los resultados de cada checklist a tiempo, para poder comparar resultados y entender los avances que se van suscitando. En el siguiente cuadro, se refleja el informe de checklist actualizado al último diagnóstico realizado, con el porcentaje de No cumplimiento de cada ítem por tractor operativo.

% No cumpl/tractor	Sistema de luces	Accesorios	Criticos	Documentación	Acciones	EPP
Tractor N°1						
Tractor N°11	43%	40%	25%			
Tractor N°12	57%	50%	13%		17%	
Tractor N°13	14%	70%	38%	50%	17%	
Tractor N°14						
Tractor N°16						
Tractor N°17		10%	25%		33%	20%
Tractor N°18	14%	20%	13%			
Tractor N°19						
Tractor N°20						
Tractor N°21	29%	20%	13%			
Tractor N°22		10%	13%		33%	20%
Tractor N°42	17%	50%	33%		33%	

***Tabla 9: Informe de checklist por cumplimiento de ítem, Elaboración propia.***

Se puede verificar, de todas maneras, que las grandes deficiencias de los equipos se encuentran en aquellos que tienen una antigüedad superior a los 10 años, por lo que su cantidad de horas es superior a las 8 mil. Esta situación, genera, tal como se refleja, fallas principalmente en sistemas de luces y accesorios.

Sin embargo, el 90% de los equipos posee un alto cumplimiento respecto a los aspectos críticos de los mismos, con la excepción del tractor 13 que mantiene un alto índice de incumplimiento en estos conceptos.

Sin lugar a dudas, poder evaluar y, en su defecto, determinar acciones a corregir, el plan de mantenimiento basado en condición, traerá consigo una resolución acertada y eficiente respecto a los porcentajes de cumplimiento actual en este sistema de ingreso a Taller CAF.

## 4.4 Planificaciones

Todo lo anterior se planifica en base a las programaciones y planificaciones de cada área entregadas oportunamente mediante carta Gantt según la necesidad de equipos para cada temporada de sus faenas en la productividad de la compañía.

### Planificación Agrícola

Equipos	N° de Equipos	PLAZOS											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tractores	8					X	X	X					
Jacto	8					X	X	X					
Trituradora	2				X	X							
Rana	3				X	X	X						
Nebulizador	1					X	X	X					
carros americanos	4									X	X		
volteador bins	1												X
Grúa Horquilla	1						X	X	X				
azufradora	1					X	X	X					
cuadrímoto	2					X	X						
cebu cuadrímoto	1					X	X	X					
Trituradora cuadrímoto	1					X	X						
carros cuadrímoto	2					X	X						
Chapodadora	1							X	X				
barredora	1					X							

Figura 8: Planificación de mantenimiento de equipos agrícolas, *Elaboración propia*

### Planificación Forestal

Equipo	N° de Equipos	Mantención Equipos											
		Plazos											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Rotor	1	X	X	X	X	X							
Trituradora	1	X	X	X	X	X					X	X	X
Cíncel	3			X	X	X							
Arado de disco	3	X	X	X	X	X							
Rastra	7				X	X	X	X	X	X	X		
Rastra Zig Zag	1					X	X						
Pala Niveladora	2				X	X	X	X					
Barreno	4					X	X	X					
Carro	1					X	X	X	X				
Colosos	10					X	X	X	X				
Plumas	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Podadora de Altura	2					X	X	X					
Motosierras de poda	2					X	X	X					
Motosierras	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Shopper	1	X	X	X	X					X	X	X	X
Arado de chanco	4								X	X			
Pala	5								X	X			
Generador	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jacto condor	2	X	X	X							X	X	X
Desbrozadora	3	X	X	X							X	X	X
Rana	5	X	X	X							X	X	X

Figura 9: Planificación de mantenimiento de equipos forestales, *Elaboración propia*.

Cada área busca tener en condiciones sus equipos y maquinarias para cada época del año. Nuestra propuesta basada en condición presenta un alto nivel de cumplimiento para determinar un funcionamiento adecuado, puntual y exitoso; con todo, buscando reducir al máximo las mantenciones correctivas de la empresa.

## Capítulo 5: CONCLUSIONES

## 5.1 Conclusiones

Al conocer, desde una mirada interna, la realidad de la empresa y definiendo cuáles son los lineamientos que se seguirán de aquí en adelante, se concreta que no hay limitantes cotidianas para enfocar las soluciones a tiempo y correctamente. Se resuelve en cierta medida la problemática identificada y se propone una solución accesible y, económicamente viable en su inicio.

En definitiva, hemos denotado que las mantenciones realizadas a la fecha en la empresa no son las adecuadas para cada tipo de equipo, por lo que es determinante para el desarrollo productivo de la misma que se haya logrado identificar las funciones y mantenciones basadas en condición respectivas para cada activo. Esto generará un incremento en las mantenciones preventivas a corto plazo, dejando de realizar trabajos correctivos que, a la larga, son los que más horas hombre utilizan.

Es un hecho concreto e irrefutable que no existe nada más efectivo para un equipo que trabaja al menos 8 horas diarias, que las mantenciones preventivas. Con todo, se transforma en una situación imperativa poder generarlas basándose en las condiciones actuales que tiene cada activo.

Uno de los impulsos que se adquieren al resolver la investigación es la viabilidad que tienen las propuestas para acceder a la solución escogida. Esto, dado que, pudimos identificar que un activo con mayor carga en su horómetro, evidentemente requiere más atenciones preventivas y menos carga de faena. Todo ello, coordinado con las tareas correspondientes y alineado a la potencia de cada maquinaria, esto por consecuencia, no sólo mejora el rendimiento de los trabajos necesarios en cada temporada, sino que, además, se transforma en una contribución superior a la esperada en cuanto a productividad, inversiones y utilidades de cada activo.

Ahora bien, no podemos dejar de mencionar que lo bueno es enemigo de lo mejor. Por, lo tanto, el conformismo ante las interrogantes que se van desarrollando a medida que se implementa la solución, se deben resolver oportunamente. Es más, cuando se impulsa a un equipo a rendir más, también se requiere que ese equipo, se detenga más para realizar sus mantenciones, para que *el* equipo no se quede con lo suficiente, sino que se pueda poner énfasis en cómo mejorar su rendimiento. Se entiende, por ello, que mejorar es la clave. Se genera mejor y más producción, confiabilidad en la maquinaria y la permeabilidad de funciones férreas, indelebles y completamente permanentes en el tiempo – dada la tendencia de crecimiento que manifiesta la flota de tractores de CAF El Álamo –.

En definitiva, no se concibe que las mantenciones correctivas sean tanto más recurrentes que las preventivas. La falta de atención a la maquinaria que tiene alertas, las OT realizadas sin detalles necesarios y la poca fidelidad que otorgan los equipos que parecieran descuidados, generan esta necesidad imperativa de ahondar en la posibilidad de revisar la condición de cada equipo y recibir las alertas pertinentes para potenciar su rendimiento. El sentido correcto de una buena mantención, según definimos, es monitorear la condición en tiempo real de un

activo para determinar qué mantenimiento se debe realizar; a eso apuntamos, con el fin de corregir lo que, a vista de quiénes toman las decisiones no parece un error, pero, que, desde una mirada profunda desde el interior de los afectados, se denota una indiscutible grieta en la productividad de los activos; completamente reparable, de todas maneras.

## Bibliografía

- Compañía Agrícola y Forestal El Álamo Ltda. (14 de abril de 2009). *Blog Caf El Álamo*. (L. P. Retamal, Editor) Obtenido de Blog CAF El Álamo: <http://cafelalamo.blogspot.com/2009/04/caf-el-alamo-ltda.html>
- Cursos Aula 21. (2021). *Centro de Formación Técnica para la industria*. Obtenido de Centro de Formación Técnica para la industria: <https://www.cursosaula21.com/que-es-mantenimiento-basado-en-la-condicion/>
- Díaz Navarro, J. (2011). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. Bogotá: VV.AA; 2a edición.
- Mantenimiento & Mentoring Industrial. (12 de mayo de 2017). *Mantenimiento & Mentoring Industrial*. Obtenido de Mantenimiento & Mentoring Industrial: <https://mantenimiento-mi.es/etiqueta/rentabilidad>