



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Aporte Metodológico a la Gestión de Mantenimiento de Maquinaria Vial

Autor

COTELLA YANZI, Jorge Luis

Matrícula

32.754.065

Tutor:

Ing. PONTELLI, Daniel

CÓRDOBA, Abril 2015

A mi familia
A la Universidad Pública

Agradecimientos

A mis padres Olga y Jorge. Sin su apoyo, paciencia y comprensión nada de esto sería posible. A la Universidad Pública Nacional en general y a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba en particular; que además del conocimiento brindado a través de cada materia me ha dejado otras enseñanzas, desde los encuentros con compañeros hasta las charlas con profesores después de clases. A los profesores, que con mucha predisposición y paciencia siempre estuvieron presentes para brindar ayuda en el camino al título. Al tutor de este proyecto, Ing. Daniel Pontelli por la incondicionalidad en la asistencia brindada. A mis compañeros.

Resumen

El objetivo del presente trabajo es aplicar herramientas de mantenimiento de la industria manufacturera a máquinas del sector de la construcción vial para realizar un aporte desde la perspectiva de los métodos al taller central de una empresa constructora. La metodología aplicada consiste en la búsqueda de datos de mantenimiento de las máquinas durante un periodo determinado, con base en estos datos se obtuvieron indicadores de mantenimiento y luego de identificar a las máquinas críticas, procede a su selección. Habiendo seleccionado los equipos, se propone un método para visualizar la situación de cada máquina y según ésta situación se escogen las que serán analizadas con mayor profundidad para identificar los motivos que afectan negativamente a sus indicadores de mantenimiento. Luego de dicha identificación, se propone realizar aportes desde la perspectiva de los métodos con el objetivo de optimizar dichos indicadores y mejorar así el desempeño general del taller central.

Abstract

The purpose of this work is to apply maintenance tools commonly used in manufacturing equipment, for road construction machinery to make a contribution from the perspective of the methods to the central workshop of a construction company. The methodology consists of searching the machines maintenance data for an specified time and based on this data, maintenance indicators are obtained and and after identifying the critical machines, two approaches are proposed for selection. Having selected the critical equipment, a method to display the status of each machine is proposed and according to this situation the ones which will be analyzed in greater depth are chosen to identify the reasons that negatively affect their maintenance indicators. After this identification, it is proposed to provide contributions from the perspective of methods in order to optimize these indicators and improve the overall performance of the central workshop.

Índice general

Agradecimientos	II
Resumen	III
Abstract	IV
1. Introducción	1
1.1. Actividad principal de la empresa	2
1.1.1. Pavimentación asfáltica	2
1.2. Maquinaria industrial y maquinaria móvil	5
1.3. Maquinaria de construcción vial	5
1.3.1. Equipos de movimiento de suelos	7
1.3.2. Tren de asfalto:	8
1.4. Mantenimiento de maquinaria vial	10
1.5. Conclusión Parcial	11
2. Defectos superficiales del pavimento y su vínculo con el estado de mantenimiento de la maquinaria	12
2.1. Deterioros superficiales	13
2.2. Vínculo entre falla y máquina	15
2.3. Conclusión parcial	16
3. Conceptos sobre mantenimiento:	17
3.1. Confiabilidad	17
3.2. Mantenibilidad	17
3.3. Categorización de equipos según su relación mantenibilidad - confiabilidad	18
3.3.1. Propuesta de categorización	18
3.3.2. Relación MTTR-MTBF	20
3.4. Conclusión parcial	21
4. Estado actual de la situación	22
4.1. Relevamiento de equipos	22
4.2. Datos	24
4.2.1. Equipos de movimiento de suelos	25
4.2.2. Equipos del tren de asfalto	26
4.3. Conclusión parcial	26

5. Identificación de equipos según sus indicadores de mantenimiento	27
5.1. Cargadoras frontales	28
5.1.1. Síntesis cargador frontal PF 29	31
5.2. Excavadoras	31
5.2.1. Síntesis excavadora RETRO 16	34
5.3. Motoniveladoras	34
5.3.1. Síntesis motoniveladora MN22	37
5.4. Rodillos vibratorios	38
5.4.1. Síntesis rodillo vibratorio RV 25	40
5.5. Rodillos de neumáticos	41
5.5.1. Síntesis rodillo de neumáticos RNA 6	43
5.6. Terminadoras asfálticas	44
5.6.1. Síntesis terminadora asfáltica TER 17	46
5.7. Relación Mantenibilidad - Confiabilidad	47
5.8. Aplicación al parque de maquinaria elegido	50
5.8.1. Máquinas de movimiento de suelos	50
5.8.2. Rodillos compactadores	52
5.8.3. Terminadoras asfálticas	53
5.9. Resumen de datos	54
5.10. Conclusión parcial	54
6. Análisis M.B.R.	56
6.1. Análisis de paros largos	56
6.2. El equipo y la falla	56
6.2.1. Informe de paros largos	57
6.3. Actividades de mantenimiento autónomo	60
6.3.1. Hojas estándar de mantenimiento autónomo y lecciones de un punto	60
6.4. Repuestos	66
6.5. Conclusión parcial	67
7. Herramientas de gestión de mantenimiento. Técnicas de análisis de averías. Aplicaciones	68
7.1. Análisis de fallas	68
7.2. Análisis PM	69
7.3. Lecciones de un punto	70
7.4. Aplicaciones	70
7.5. Análisis de fallas	70
7.5.1. Propuesta para determinación de los pesos o ponderaciones relativas de cada criterio	71
7.5.2. Determinación de los pesos	72
7.6. Análisis de fallas: Equipos movimiento de suelos	73
7.7. Análisis de fallas: Equipos tren de asfalto	75
7.8. Propuestas de mejora para mantenibilidad	77
7.8.1. Equipos movimiento de suelos	77
7.8.2. Equipos tren de asfalto	80
7.8.3. Resumen y conclusión parcial	83
7.9. Análisis PM	84

7.9.1. Motoniveladora – Variación geométrica acelerada de la la hoja vertedera/cuchilla	86
7.9.2. Rodillo de neumáticos: Compactación con ahuellamiento	88
7.9.3. Rodillo vibratorio: Compactación con ahuellamiento	91
7.9.4. Rodillo vibratorio: Desprendimientos de asfalto	93
7.10. Lecciones de un punto	95
7.11. Conclusión parcial	112
8. Análisis de lubricantes	113
8.1. Propuesta para análisis de lubricantes de motor común para carga- dora frontal y motoniveladora	116
8.1.1. Matriz de variables	116
8.1.2. Estándares de inspección	119
8.2. Conclusión parcial	120
9. Organización	122
9.1. Medidas actuales ante fallas/roturas	122
9.2. Canales de información y comunicación (Maquinista - obra - taller)	124
9.3. Aspectos a mejorar	126
9.3.1. Notificación de intervenciones de caracter preventivo	127
9.3.2. Ocurrencia repentina de fallas que se pueden anticipar	127
9.3.3. Medición, evaluación de desempeño y resultado de intervenciones	127
9.4. Documentación propuesta	128
9.5. Lineamientos para el mantenimiento restaurativo	131
9.6. Mantenimiento preventivo en obra	132
9.7. Conclusión parcial	133
10. Conclusión	134
Lista de figuras	136
Lista de tablas	139
Bibliografía	140

Capítulo 1

Introducción

Sea nuevo o usado, el equipo siempre debe estar en las mejores condiciones operativas posibles. Sin importar la calidad del equipo; si este tiene componentes mecánicos, eventualmente sufrirán desgaste. El aspecto más importante con respecto a cuán rápido sucederá esto es el mantenimiento. Si se siguen los procedimientos recomendados de mantenimiento, la vida útil de la maquinaria se podrá extender y su rendimiento se podrá mejorar ya que mientras mejor sea el estado de mantenimiento de la máquina, ésta operará en mejores condiciones con menor probabilidad de falla. Identificar máquinas que desde el punto de vista del mantenimiento sean más demandantes y que requieran más intervenciones que lo normal es importante para confeccionar un esquema de máquinas a intervenir y establecer prioridades. Esta identificación permite saber para cual máquina conviene tener un mayor nivel de disponibilidad de repuestos, lubricantes, filtros, etc. Es decir, permite orientar los esfuerzos, de un modo más efectivo mediante la priorización. Palmer (2006) postula que cuando las tareas de mantenimiento se realizan de modo efectivo, los costos globales de la empresa se reducen ya que los medios productivos están disponibles cuando se necesitan. En el caso de las empresas constructoras, los medios productivos, es decir, las máquinas, suelen ponerse en condiciones cuando en el horizonte hay alguna obra que ponga en evidencia la necesidad de una determinada máquina. Esta práctica no da mayores problemas cuando se dispone de tiempo para poner la máquina en condiciones, pero cuando la situación es inversa, suelen aparecer problemas relacionados a la adquisición de repuestos u otras complicaciones que podrían atrasar el trabajo y entorpecer las tareas que deban realizarse sobre dicha máquina. Dilion (2006) agrega que si bien algunas veces pasa desapercibida, la mantenibilidad es un aspecto importante debido a los altos costos operativos y de mantenimiento de los sistemas y equipos y que por ello debe ser un aspecto a tener en cuenta. Por último y reforzando lo anterior, Torres (2005) menciona que para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada uno, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al resto y poder establecer comparaciones.

1.1. Actividad principal de la empresa

La empresa se dedica a la construcción de obras civiles de distinta envergadura, tanto privadas como públicas, pero es en este último ámbito donde ha enfocado sus operaciones, concentrándose en obras viales que abarcan desde el movimiento de suelos y trabajos de nivelación hasta la construcción de puentes, aunque la actividad principal es la pavimentación asfáltica. Desde su inicio ha mostrado un crecimiento continuo aunque no siempre con la misma tasa ya que al depender principalmente de la obra pública, durante ciertos periodos de tiempo la actividad se desacelera. Como consecuencia de este desarrollo la empresa logra posicionarse a nivel nacional participando en obras encomendadas por el estado nacional y otras jurisdicciones provinciales.

1.1.1. Pavimentación asfáltica

La empresa donde se realizó este trabajo se dedica principalmente a la realización de obras de pavimentación asfáltica. A los fines de presentar a cada máquina en su contexto operativo, se explica brevemente en qué consisten las etapas de una pavimentación asfáltica y cuáles son las actividades de las máquinas en cada etapa de dicho proceso. El pavimento es una estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y tratados que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada. El pavimento asfáltico es un pavimento flexible compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden apoyarse sobre una base granular y una subbase. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a las condiciones atmosféricas y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a los terraplenes los esfuerzos por las cargas de tránsito. Del Castillo (1994) establece que, a grandes rasgos, el pavimento flexible está compuesto desde la capa más baja hasta la superior por:

- Sub rasante
- Sub base
- Base
- Carpeta asfáltica



Figura 1.1: Capas de un pavimento asfáltico

Las capas constituyentes son:

Sub rasante: Capa de la estructura del pavimento que tiene como objetivo recibir las cargas de la base o sub-base y distribuirlas adecuadamente a las capas de pavimento inferiores. Su función principal es proporcionar soporte al pavimento, por lo que resulta indispensable evaluar las propiedades de los suelos para llevar a cabo un control de calidad adecuado.

Los agregados deberán cumplir con la granulometría especificada para la clase de sub base establecidas en las especificaciones técnicas de la obra. Cuando todos los materiales se hallen colocados, se deberá proceder a mezclarlos uniformemente con motoniveladoras. Las máquinas utilizadas en esta etapa son:

- Motoniveladora: Trabajo pesado con la hoja y trabajo de nivelación para preparar la superficie.
- Rodillo vibratorio: De 8 a 12 tn para compactación de la superficie hasta un 95
- Cargadora frontal: Para el movimiento de suelos y tierras

Sub base: Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la sub rasante.

Para Olivera (1984), aunque las bases y las sub bases tienen características semejantes, las sub bases son de menor calidad. La sub base es la capa de material que se construye directamente sobre el terraplén y sus funciones son varias, desde reducir el costo del pavimento mediante una disminución del espesor de la base hasta dar protección a la misma ante los factores atmosféricos. Las máquinas que se utilizan para desarrollar esta etapa son:

- Motoniveladora
- Rodillos compactadores: pata de cabra y vibratorios de tambor liso.

Base: Es la capa de material que se construye sobre la sub base. Los materiales con los que se construye deben ser de mejor calidad que los de la sub base. Según Olivera (1994) la función de la base es:

- Tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos.
- Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub base.
- Aunque exista humedad la base no debe presentar cambios volumétricos perjudiciales.

Olivera (1994) da lineamientos para la construcción de bases y sub bases, los relacionados a la maquinaria son:

- Extracción y acarreo de materiales (cargadora frontal)
- Estabilización mecánica (motoniveladora)
- Compactación hasta alcanzar el 95 % o 100 % del peso volumétrico seco máximo (rodillos compactadores)
- Riego de imprimación que deberá penetrar en la base como mínimo 3mm (camión regador).

Agrega que la base es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito a la sub base y a través de ésta, a la subrasante. (Del Castillo, 1994)

Carpeta asfáltica: Es la parte superior de un pavimento flexible. Es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de las partículas una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos del intemperismo para que el asfalto no se oxide, aunque el espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad. Se recomienda que las partículas que se utilicen tengan forma redondeada ya que las que tienen aristas con formas agudas pueden romperse y afectar la granulometría. Este aspecto también se deberá considerar en la compactación. Las funciones de la carpeta asfáltica son las siguientes (Olivera, 1994):

- Proporcionar una superficie de rodamiento con la fricción necesaria que permita un tránsito fácil, seguro y cómodo para los vehículos.
- Impedir la infiltración de agua hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos.

Las máquinas usadas en esta etapa son:

- Terminadora asfáltica.
- Rodillo vibratorio.
- Rodillo de neumáticos autopropulsado.

1.2. Maquinaria industrial y maquinaria móvil

Como se mencionó en la introducción, es oportuno distinguir la maquinaria móvil del equipo industrial, no sólo desde la perspectiva del mantenimiento sino también desde el punto de vista de la actividad de la construcción.

Morales Lema (2007) establece la diferencia que existe entre un equipamiento industrial con respecto a la maquinaria móvil. Considera que el equipo industrial está diseñado para operar en un lugar fijo, dentro de una instalación industrial y con una alta dependencia del entorno pues requieren de una conexión a un suministro eléctrico y a otros servicios que varían según el tipo de equipo, como por ejemplo el suministro de aire comprimido, vapor, vacío, enfriamiento, etc. Por otro lado, observa que la maquinaria móvil está conformada por sistemas comunes que son los que le dan a la máquina la posibilidad de desplazarse por sí misma o por remolque y operar con alto grado de autonomía ya que no requieren conexión a sistemas externos de servicio, cuentan con su propia planta de fuerza (motor de combustión) y están diseñadas para trabajar a la intemperie (Morales Lema, 2007). Díaz del Río (2005) agrega un aspecto donde la maquinaria móvil puede diferenciarse y se refiere a que el producto que se obtiene de su explotación es estático y fijado al terreno, mientras que la máquina se desplaza. En el caso de la construcción civil son ejemplos de equipo industrial las plantas de asfalto, plantas de trituración y las plantas dosificadoras de concreto, entre otras.



Figura 1.2: Maquinaria móvil y maquinaria industrial

1.3. Maquinaria de construcción vial

Se puede encontrar una breve descripción de cada máquina en el Manual de Rendimiento Caterpillar, 2004, y a los fines de complementar dichas descripciones, se toman las definiciones de Diaz del Río (2005) donde describe la función de cada una. Las máquinas que participan en la construcción de un pavimento asfáltico, desde las etapas de movimiento de suelo hasta la compactación, son las siguientes:

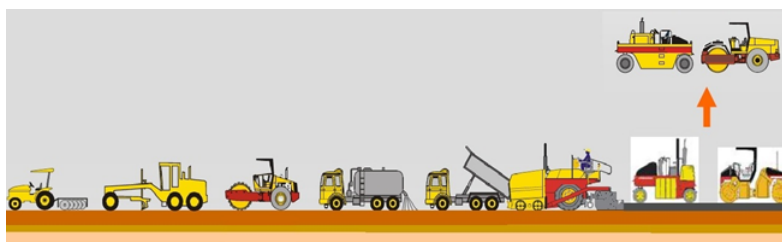


Figura 1.3: Tren de asfalto

Tractor con arado/rastra: Utilizado para el movimiento y homogenización de suelo. Facilita el trabajo de nivelación.

Motoniveladora: Se utiliza para mezclar los terrenos, cuando provienen de canteras diferentes, para darles una granulometría uniforme, y disponer de un espesor conveniente para ser compactado, y para perfilar los taludes tanto de rellenos como de cortes.

Rodillo compactador “pata de cabra”: En su tambor cuenta con dispositivos de apoyo en forma de pata de cabra distribuidos uniformemente sobre la superficie del tambor. Se emplea para la compactación de suelos coherentes que no incluyan piedras. Su efecto de compactación se debe a la alta presión que comunican al terreno debido a la sumatoria de las pequeñas superficies de contacto.

Camión regador (imprimación): Consiste en la aplicación de un ligante fluido sobre una superficie no tratada anteriormente con ningún ligante con el objetivo de preparar la superficie de apoyo y de contribuir a la sujeción de la carpeta asfáltica.

Camión volcador de asfalto: Su función es transportar la mezcla desde la planta asfáltica hasta la obra a la temperatura correspondiente y luego volcarla en la tolva de la terminadora asfáltica para su posterior distribución sobre la base.

Terminadora asfáltica: Se usa para la colocación de mezclas asfálticas sobre suelo preparado y estabilizado para su posterior compactación. Están diseñadas para colocar mezcla asfáltica con espesor, alineamiento, pendiente y ancho especificados. Consta de un chasis montado sobre orugas y un distribuidor de cinta para extender la mezcla asfáltica que previamente es depositada por camiones en su tolva frontal. Díaz del Río, (2007) la divide en dos partes principales: la unidad de potencia o tractor y la unidad de enrase.

Rodillo vibratorio: Se usan especialmente para la compactación y el sellado de superficies regadas con emulsión asfáltica y aglomerados. También son usados para la compactación de varios suelos estabilizados, concreto bituminoso y cemento de rodar para la construcción de carreteras; también es ideal para compactar la capa de base de las carreteras.

Rodillo de neumáticos: Es apropiado para compactar varios materiales cohesivos y no cohesivos tales como suelo arenoso, ripio, tierra estabilizada y pavimentos asfálticos. La rueda flexible llena de aire de estos rodillos proporciona áreas de transmisión de presión lo suficientemente grandes como para que el efecto de densificación se transmita a la profundidad necesaria como para poder utilizar espesores de capa económicos, sin detrimento de la homogeneidad de los resultados logrados.

Las máquinas de soporte al proceso para el movimiento y acarreo de material son la excavadora y la cargadora frontal:

La cargadora frontal: Equipo utilizado para remover tierra relativamente suelta y cargarla en vehículos de transporte, como camiones o volquetes. Generalmente tienen una articulación central para permitir maniobras en un espacio reducido. Está compuesta por un bastidor pivotante usualmente articulado, con el motor montado sobre las ruedas traseras, y con una cabina o cúpula descansando sobre la parte delantera o trasera del marco final.

La excavadora: Realiza la misma función que la cargadora frontal pero, en vez de recoger el material por encima del nivel de sus orugas o sistema de sustentación, lo hace en un plano inferior; razón por la cual es muy empleada para la excavación de zanjas y manipuleo de material (Díaz del Río, 2001).

A estas máquinas debe agregarse la planta asfáltica donde se produce la mezcla,

el camión regador encargado del riego de liga, el camión para riego de imprimación y todos los camiones con carretón para la logística de obra, entre otros. Las máquinas que serán objeto de análisis de este trabajo serán elegidas de entre las mencionadas según criterios que se explicaran en capítulos posteriores.

Descriptas las máquinas y su actividad, se propone una división en 2 equipos para facilitar la distinción:

- Equipo de movimiento de suelo y tierra: Cargadora frontal, motoniveladora y retroexcavadora
- Tren de asfalto: Terminadora asfáltica, rodillo de neumáticos autopulsado y rodillo vibratorio.

1.3.1. Equipos de movimiento de suelos

Las máquinas que realizan la tarea de preparar el terreno para futuras construcciones son varias y se caracterizan por tener una herramienta que facilita el movimiento de tierras y que sufren desgaste por esa operación (balde, cuchara, hoja, etc.). Las máquinas utilizadas para actividades de movimiento de suelo y tierra son la mini cargadora, cargadora frontal, excavadora, retroexcavadora, topadora, mini excavadoras, motoniveladoras y camiones volcadores. Ejemplos de las máquinas mencionadas son:



Figura 1.4: Cargadora frontal Komatsu WA-200



Figura 1.5: Excavadora Volvo EC 210B



Figura 1.6: Motoniveladora Komatsu GD 511

1.3.2. Tren de asfalto:

Consta de terminadoras asfálticas que distribuyen la mezcla sobre la base y de diversos tipos de apisonadoras o compactadoras para preparar la sub-base y dar la compacidad requerida a la capa de rodadura, entre otras cosas (Díaz del Río, 2001). Generalmente, el problema de la compactación va ligado al material a compactar; ésta es la razón de la existencia de múltiples equipos compactadores en el mercado que, más que diferenciarse por la energía de compactación que suministran, lo hacen por la forma en que esa energía es transferida al terreno. Las máquinas de compactación se clasifican en 3 tipos:

Máquinas de compactación por presión estática:

- **Rodillo Neumático Autopropulsado:** Se emplean frecuentemente para la compactación de suelos coherentes de grano fino y arenas y gravas de granulometría cerrada. Tienen distinta configuración, se procura que los neumáticos estén muy próximos entre sí para evitar zonas intermedias sin compactación eficaz. Cuando el compactador de neumáticos está inflado a poca presión presenta una superficie de contacto cóncava. La presión media de contacto utilizada oscila entre los 3 y 6 kg/cm².
- **Rodillos de pata de cabra:** Son rodillos cilíndricos de acero a los que se ha dotado de dispositivos de apoyo en forma de pata de cabra distribuidos uniformemente sobre la superficie del cilindro. Se emplean usualmente para la compactación de suelos coherentes que no incluyan piedras. Su efecto de compactación se debe a la alta presión que comunican al terreno (de hasta 30kg/cm²) y el número de pasadas depende del grado de consolidación exigido aunque generalmente no se exceden las 12 pasadas.
- **Compactadora de rodillos lisos:** Su configuración puede ser de triciclo o de tándem y se emplean principalmente para la compactación de macadam y el sellado de superficies regadas con emulsiones asfálticas y aglomerados

Máquinas de compactación por impacto: Debido a que su uso no es muy extendido, sólo se mencionarán sin hacer ninguna descripción, éstas son la compactadora con placas y los pisonos de explosión.

Máquinas de compactación por vibración:

- **Rodillo vibratorio:** Tiene su fundamento en la presencia combinada del peso estático del vibrador y de una fuerza dinámica generadora de la vibración. De

la combinación de ambas fuerzas se deducen 4 ciclos o posiciones sucesivas según se combinen los esfuerzos, sumándose o restándose en cuadratura. Los rodillos vibratorios tienen en general una mejor adaptación a los suelos no coherentes donde el efecto de vibración permite una mejor acomodación de los elementos granulares.

- Placas vibratorias: Prácticamente no se usan.

Ejemplos de las máquinas mencionadas son:



Figura 1.7: Rodillo de neumáticos Hamm GRW 280



Figura 1.8: Rodillo vibratorio Dynapac CC 442

Equipo de terminación asfáltica: (Díaz del Río, 2001) Es la máquina más importante del tren de asfalto. Consta de un chasis sobre orugas o neumáticos y distribuidores de cinta y tornillo para extender el asfalto que depositan los camiones en su tolva frontal. Los camiones vierten su carga en la tolva y mediante la cinta transportadora de la terminadora la misma se va trasladando hacia la parte trasera donde un tornillo sinfín la distribuye lateralmente y la maestra de reglaje se encarga de compactar según el espesor deseado. En caso de que la terminadora esté montada sobre neumáticos se debe controlar que los mismos sean resistentes a altas temperaturas para evitar daños debido al calor que emite la mezcla asfáltica.



Figura 1.9: Terminadora Barber Greene SB 131

1.4. Mantenimiento de maquinaria vial

Dadas las características descritas en el capítulo anterior para la maquinaria vial, resulta conveniente hacer mención a algunos aspectos del mantenimiento de las mismas. El mantenimiento de los sistemas de cada máquina es uno de los desafíos principales de la gestión de la maquinaria vial. Estas máquinas sufren desgaste continuo de sus partes móviles, abrasión por contacto con materiales, calentamiento, rozamiento y trabajan en lugares con condiciones climáticas adversas mientras realizan trabajo pesado forzando sus motores. Los sistemas de freno, hidráulicos, enfriamiento, ventilación, rodaje, etc. deben recibir mantenimiento periódico preventivo para evitar el daño excesivo a las distintas partes de la máquina.



Figura 1.10: Baldes de excavadora y algunos elementos de desgaste

La gestión de mantenimiento de maquinaria debe ser una actividad integrada con distintas áreas de manera que las actividades de mantenimiento se ejecuten sin demoras, cuando corresponde, según la cantidad de horas de uso y que se cuente con los insumos necesarios.

Todo ello requiere programar el trabajo de revisión, contar con personal para el servicio y disponer de los repuestos necesarios para realizar las intervenciones requeridas. Por ejemplo con respecto al sistema de enfriamiento del motor, es muy importante su mantenimiento correcto ya que los motores de estas máquinas no se refrigeran por la circulación del aire debido a sus bajas velocidades de trabajo y al alto esfuerzo demandado al motor.

El sobre calentamiento inducido por un sistema de refrigeración defectuoso generará mayor desgaste en piezas, lubricantes y combustible para realizar un mismo trabajo, aspecto que acortará la vida útil del motor. Y para máquinas de rodaje sobre llantas, la presión a la que están infladas es un aspecto importante a controlar diariamente ya que a menor presión de aire, el consumo de combustible aumenta y la producción de dicho equipo puede reducirse hasta en un 30% o más (Caterpillar, 2008). Si la máquina opera durante un turno con llantas infladas a una presión incorrecta, la misma tendrá un bajo rendimiento y los costos de operación aumentan.

Una buena gestión del mantenimiento preventivo es clave para evitar detenciones de equipos en obra durante la ejecución de un trabajo, aspecto que repercute en otras máquinas y personal, quienes también deberán detener sus labores. Este aspecto, además del perjuicio económico que significa, genera pérdidas en la producción del proyecto, crea incertidumbre y desmotivación en el personal y tiene un impacto negativo en otros aspectos del desarrollo del proyecto. En términos generales, toda falla que implique una paralización de la máquina reduce la productividad del trabajo en los proyectos viales y por lo tanto tiene un impacto negativo en el costo real del proyecto.

El mantenimiento preventivo y programado de las máquinas implica labores que serán propias de cada una y, según su estado de mantenimiento entre otras cosas, es común que deban realizarse intervenciones de carácter preventivo con frecuencias de 10, 100 y 250 horas de trabajo y otras intervenciones mayores con frecuencias de 1000 o 2000 horas, según las guías de mantenimiento de cada equipo.

Estas intervenciones deben programarse y esta programación requiere de una gestión bien planificada del trabajo de la maquinaria desde el punto de vista del mantenimiento. Es importante comprender que sólo así se podrá disminuir la ocurrencia de fallas y conservar el valor y funcionalidad operativa de la maquinaria vial, uno de los principales activos de las empresas constructoras.

1.5. Conclusión Parcial

Se realizó la introducción al trabajo, se presentó a la empresa en la cual el mismo fue realizado y se hizo una breve descripción del proceso de pavimentación con asfalto con el fin de interiorizar al lector en las actividades que realizan los equipos. Se presentaron varias de las máquinas que se estudiarán en este trabajo. La descripción de las tareas de cada máquina durante una obra de pavimentación sirve para determinar en qué etapa del proceso son importantes y para comprender cuáles son las tareas que estas deben realizar. Se hizo una descripción de los equipos comunes en las industrias de manufacturas y de los equipos usados en la industria de la construcción vial con el objetivo de mostrar las diferencias existentes entre ambos tipos de maquinaria en cuanto a las tareas de mantenimiento.

Capítulo 2

Defectos superficiales del pavimento y su vínculo con el estado de mantenimiento de la maquinaria

Un pavimento asfáltico puede tener defectos a nivel estructural y a nivel superficial. En este trabajo se hará una distinción entre una falla del pavimento y el deterioro del mismo; ya que si bien ambos constituyen defectos del pavimento, las fallas tienen que ver con errores o malas prácticas y el deterioro es algo esperado, que sucede debido al uso, la intemperie y el paso del tiempo. Las fallas que ocurren en la etapa constructiva de un pavimento asfáltico tienen que ver con la confección de la mezcla asfáltica y con la forma en que esta se transporta y se aplica a la base, pero hay algunas fallas que tienen un vínculo con el estado de la maquinaria de transporte, la aplicación y compactación de la mezcla. Al respecto, Altman (2005) considera que a medida que los equipos van ganando mayor protagonismo en el trabajo de producción, la calidad del asfalto depende crecientemente de las condiciones de los mismos. Los defectos que presenta un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de dicha estructura corresponden frecuentemente a defectos constructivos. El Distress Identification Manual (2003) emitido por el Departamento de transporte de Estados Unidos categoriza estos defectos en:

- Defectos de la superficie: Consiste en la pérdida parcial del agregado, dejando expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo. (Desprendimientos, alisamientos y exposición de agregados.)
- Defectos de la estructura: Consiste en la deformación del perfil transversal o hundimiento local de partes de la carpeta asfáltica. (Deformaciones y agrietamientos.)
- Deterioros por errores constructivos varios (mala compactación, riegos de liga y/o imprimación defectuosos, uso de suelo con cal entre otros).

Al mismo tiempo, estos defectos pueden corresponder a variables relacionadas con la concepción de la mezcla, con las condiciones meteorológicas al momento de su aplicación, con el material usado para las sub bases granulares y en cierta medida,

con el estado de la maquinaria y la forma de operar la misma. La intención es analizar las fallas del pavimento, estudiar las causas que las generan y seleccionar de entre todas ellas las que tienen algún vínculo con el estado de la maquinaria y su funcionamiento. Se pueden clasificar los errores del proceso de pavimentación en 3 categorías:

1. La máquina es mal operada (impericia del maquinista).
2. La máquina está en malas condiciones.
3. Mala calidad de los materiales.

Para el primer caso y siempre que sea posible, se propone capacitar al maquinista para lograr una buena operación de la máquina y para el caso número 2 se estudian las causas que provocan que la máquina se encuentre en esas condiciones y la forma de corregirlas ya sea desde el taller central o en obra. Si bien el tercer caso es uno de los más frecuentes, es poco lo que se puede hacer desde el taller central para evitar defectos relacionados a la calidad del material utilizado. Siempre que se detecten problemas de este tipo, se enviará un aviso desde el taller.

2.1. Deterioros superficiales

Son los relacionados a la carpeta asfáltica o capa de rodadura. Se refieren a la modificación de la superficie ya sea mediante desprendimientos, exudación y/o pulido.

1. Desprendimientos: Es la pérdida progresiva de material de pavimento desde la superficie hacia abajo. Dentro de las causas que lo generan, las que pueden tener relación con la maquinaria son: Mala compactación con los rodillos y esparcido irregular del asfalto desde la terminadora.



Figura 2.1: Desprendimientos

2. Exudación: Es la presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y cristalina que puede ser pegajosa y genera un riesgo a la seguridad del tránsito debido a la pérdida de fricción de la superficie. Se origina por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o por concentración de residuos de combustibles no quemados. También sucede cuando el tornillo sinfín de la terminadora asfáltica está gastado y no distribuye la mezcla de manera

homogénea, la distribuye con exceso de asfalto a los costados y exceso de agregado pétreo en el centro. La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas y se expande en la superficie del pavimento. Como no es un proceso reversible, durante el tiempo frío el asfalto tiende a acumularse en la superficie.

Otro motivo que causa exudación es el derrame de solventes sobre la carpeta asfáltica, motivo por el cual es fundamental que las máquinas no tengan pérdidas.



Figura 2.2: Exudación

3. Pulido (Exposición de agregados): Consiste en la formación de una superficie resbaladiza y suave que deja expuestos los vértices agudos de los agregados. Los agregados suelen quedar exhibidos, entre otras cosas, por una mala distribución de la mezcla desde la terminadora asfáltica que, debido al nivel de desgaste de su tornillo sinfín, deja una mezcla con exceso de agregado pétreo en el centro y exceso de asfalto en los laterales.



Figura 2.3: Pulido

4. Deformaciones: Consiste en leves desplazamientos de grandes cantidades de mezcla bituminosa sobre la carpeta asfáltica, causando ahuellamiento y ondulaciones. Puede deberse a una dosificación heterogénea de la mezcla asfáltica desde la terminadora, a una mala compactación de la base y a una parada imprevista del rodillo durante la tarea de compactación, dejando impresa una huella debida a su propio peso. En algunos casos, los rodillos vibratorios de tambor liso que no son regados, recogen fragmentos de asfalto en cada pasada y al cabo de algunas rodadas terminan dejando pequeñas huellas.



Figura 2.4: Deformaciones

5. Grietas: Las grietas se deben a movimientos de material debido a los cambios de temperatura y endurecimiento del asfalto debido al envejecimiento. Los bordes de las grietas se pueden ir deteriorando debido al desprendimiento y erosión, lo que las hace más grandes con el tiempo.

El peligro potencial que conllevan es que pueden permitir filtración de agua hacia las capas inferiores, afectando a la capacidad de soporte de estas.

Si bien esta falla tiene su origen en factores que tienen que ver con las condiciones meteorológicas, condiciones de la mezcla y envejecimiento, un factor relativo a la maquinaria que puede favorecer la generación de grietas es la pérdida/goteo de lubricantes desde los rodillos vibratorios y neumáticos hacia la mezcla asfáltica caliente a compactar debido a alguna pinchadura que genere pérdidas de aceites o combustible, alterando las propiedades de la mezcla en el lugar donde se produjo el derrame y produciendo así fragilizaciones locales que favorecerán la generación de grietas y/o desprendimientos que luego se pueden propagar.



Figura 2.5: Grietas

2.2. Vínculo entre falla y máquina

Con el objetivo de empezar a identificar elementos y componentes de los equipos relacionados con la calidad del pavimento asfáltico y a modo de resumen, se presenta un cuadro con el vínculo entre el fenómeno que se produce, la falla, la parte de la máquina que la genera y el parámetro a controlar.

Fenómeno	Falla	Máquina	Elemento	Parámetro
Desprendimientos	Esparcido irregular del asfalto	TER	Tornillo sinfín	Nivel de desgaste excesivo
	Dosificación árido-ligante inadecuada	TER	Tornillo sinfín	Nivel de desgaste excesivo
			Piso de acarreadores	Obstrucción
	Compactación deficiente	RV	Excéntricas	Balance
				Frecuencia de vibración
	Dosificación insuficiente de asfalto	TER	Circ. de acarreo	Se bloquea por falata de limpieza
Tolva			Cinta transportadora obstruída	
Tornillo sinfín			Nivel de desgaste excesivo	
Alisamientos	Exceso de asfalto en la dosificación	TER	Tornillo sinfín	Nivel de desgaste excesivo
	Derrame de solventes	Todas	Circ. de fluídos	Pérdidas varias
Exposición de agregados	Segregación de agregados	TER	Tornillo sinfín	Nivel de desgaste excesivo
		RV	Frecuencia de vibración	Exceso de compactación
Deformaciones	Mala compactación de la base	RV	Frecuencia de vibración	Tasa de compactación resultante inadecuada
	Ahuellamientos	RV	Sist. De riego	Obstrucción
		RV	Excéntricas	Balance
		RNA	Neumáticos	Alineación
				Presión de inflado incorrecta
Agrietamientos	Reflejo de fisuras en base	RV	Frecuencia de vibración	Balance
	Derrame de solventes	Todas	Circ. de fluídos	Fragilizaciones locales por pérdidas

Cuadro 2.1: Resumen de fallas superficiales del pavimento

2.3. Conclusión parcial

En este capítulo se describieron las fallas que puede sufrir un pavimento según el Distress Identification Manual (2003). Las causas que dan origen a estas fallas responden motivos diversos, la mayoría tiene que ver con aspectos relacionados a la calidad de la mezcla asfáltica y en el caso de fallas superficiales, también puede deberse a un mal riego de liga y de imprimación. Sin embargo, en la práctica se puede observar una relación entre el estado de las máquinas y la calidad del pavimento. Una distribución correcta de la mezcla asfáltica caliente desde la terminadora está vinculada al estado de su tornillo sinfín, la compactación a rodillo sobre la mezcla caliente debe hacerse con rodillos cuyo tambor sea liso para evitar pequeñas huellas y es fundamental evitar detenciones prolongadas de las máquinas sobre la mezcla asfáltica caliente recién colocada, entre otras cosas. Todos estos aspectos están relacionados con el estado de mantenimiento de la máquina y de allí surge el aporte que el taller central puede hacer a la calidad del pavimento mediante una buena gestión y conservación de la maquinaria.

Capítulo 3

Conceptos sobre mantenimiento:

Dentro los conceptos e indicadores relacionados al mantenimiento, a continuación se presentan los que son de mayor relevancia para el presente trabajo:

3.1. Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo realice una tarea determinada de modo satisfactorio durante un periodo de tiempo determinado y en condiciones específicas (Dhillon, 2006). Se la considera una probabilidad y por lo tanto es un parámetro estadístico. Moubray (1997) agrega que ésta es la capacidad que tiene un equipo de realizar un trabajo determinado de manera satisfactoria durante un periodo de tiempo establecido y según condiciones específicas.

- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF):): Es un indicador que muestra el promedio de los periodos de tiempo que se dan entre una falla y la siguiente. Muestra el tiempo que la máquina estuvo operando sin fallar y está asociado al término confiabilidad, a mayor MTBF, mejor confiabilidad. Se lo define como la relación entre todos los tiempos de operación de los equipos analizados y la cantidad de fallas que tienen en el mismo periodo:

$$MTBF = \frac{\sum T_i}{n} \quad (3.1)$$

Lo ideal es tener valores de MTBF altos ya que indica que entre una falla y otra ha pasado un tiempo considerable, o sea que la máquina trabajó sin fallar durante este tiempo.

3.2. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo con una falla sea restaurado a su condición óptima de operación. Pontelli (2005) agrega que es la capacidad de un producto, sistema o maquinaria de ser mantenido de acuerdo a procedimientos, tiempos y recursos establecidos. Es la probabilidad de efectuar una intervención de mantenimiento en el tiempo especificado. Dhillon (2006) la define como la capacidad que tiene una máquina de ser reparada y llevada a un estado operacional satisfactorio.

■ Tiempo Medio Para Reparar (MTTR):

Es la relación entre la suma de todos los tiempos empleados para las intervenciones por rotura en los equipos o sistema observado y la cantidad de fallas en ese periodo. Indica el tiempo de duración promedio de las tareas de reparación y está asociado al concepto de mantenibilidad. A menor MTTR, mejor mantenibilidad.

$$MTTR = \frac{\sum t_i}{n} \quad (3.2)$$

Lo ideal es tener valores de MTTR bajos ya que indica que las reparaciones llevaron poco tiempo, lo cual puede deberse a que las fallas fueron menores, a que el taller trabaja bien y que los repuestos y herramientas están disponibles o a otros motivos.

3.3. Categorización de equipos según su relación mantenibilidad - confiabilidad

Habiendo definido los conceptos de mantenibilidad y confiabilidad de cada máquina y habiendo relacionados dichos conceptos con los indicadores MTBF y MTTR, a continuación se propone una forma de relacionar estos indicadores entre ellos, con el objeto de generar 4 situaciones distintas para cada tipo de máquina y obtener rápidamente información para determinar el estado de cada una. En el apartado anterior se obtuvo una herramienta para realizar la comparación de un equipo con respecto a otro, en este caso se propone visualizar mediante un diagrama de dispersión la categoría en la que se ubican todos los equipos para obtener información con respecto al desempeño del taller.

La intención es, en base a los indicadores de MTBF y MTTR y a la relación entre ellos, poder caracterizar a las máquinas para distinguir en que situación de mantenibilidad y confiabilidad se encuentran y proponer medidas a tomar según la situación en la que se encuentre cada una.

3.3.1. Propuesta de categorización

El gráfico propuesto para identificar la situación de la máquina en base a sus indicadores es el siguiente:

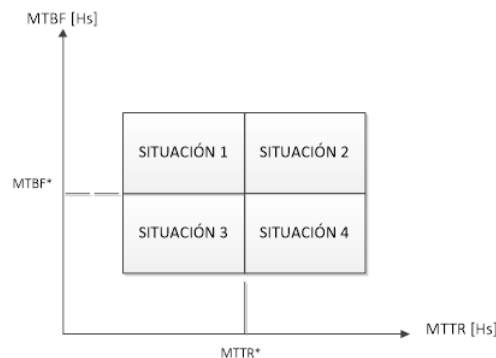


Figura 3.1: Propuesta de categorización de máquinas

De la observación del gráfico y de la explicación anterior, se desprenden tres aspectos a resolver:

1. Valores de MTBF* y MTTR* que determinan las fronteras de cada situación: Los valores de MTBF* y MTTR* no serán los mismos para todas las máquinas ya que cada una realiza un trabajo distinto con características propias y el tiempo esperado de operación varía según el tipo de máquina. Por este motivo se propone establecer 3 valores de MTBF* y MTTR* según el tipo: uno para las máquinas de movimiento de suelo (excavadoras, motoniveladoras y cargadoras frontales), otro para los equipos de compactación (rodillo vibratorio y rodillo de neumáticos) y el último para las terminadoras asfálticas.

Dado que de cada tipo de máquina se espera una determinada cantidad de horas de operación promedio por mes, se tomará ese promedio como valor óptimo (T_i). La cantidad de fallas y el tiempo invertido en la reparación de cada falla (n y t_i) son valores que dependen de características particulares y resulta difícil establecer un valor general como se hizo para el tiempo de operación T_i . Para este caso se tomará el promedio de los valores obtenidos de las tarjetas de mantenimiento para el parque de máquinas utilizado. De esta forma el método podrá adaptarse para ser aplicado en distintos ámbitos a maquinaria con características propias de cada empresa, lugar de trabajo y características del taller.

Para cuantificar el tiempo de reparación de las máquinas, t_i , se consideran sólo las horas hombre de trabajo invertidas en la reparación. No se consideran las horas que la máquina estuvo detenida pero sin ser intervenida por personal del taller.

2. Definición de cada situación: A grandes rasgos y sin haber establecido los valores numéricos de frontera (aspecto que se desarrollará a continuación), se puede dar una definición de cada situación:
 - Situación 1: En este caso la máquina en cuestión tiene valores de MTBF y MTTR óptimos. Las máquinas que se encuentren en esta situación tienen indicadores de confiabilidad y mantenibilidad por encima del valor de frontera.
 - Situación 2: En esta situación la máquina tiene un buen indicador de confiabilidad pero su mantenibilidad es mayor al valor crítico o de frontera (MTTR*) lo que significa que el promedio de tiempos que lleva reparar una falla de esta máquina es mayor al valor definido como frontera de la situación, es una señal de problemas de mantenibilidad. En este caso el problema es que cada reparación de esta máquina demora más de lo normal. La siguiente pregunta es, ¿por qué cada reparación demora más de lo normal? En la respuesta a dicha pregunta se podrán encontrar aspectos que podrían pasar desapercibidos, como por ejemplo:
 - Excesiva demora de un repuesto en particular, que dará la pauta que conviene aumentar la disponibilidad de dicho repuesto.
 - Demoras con la documentación: Que podrían obstaculizar la orden de trabajo y la realización de la reparación necesaria.

- Situación 3: En la situación 3 la máquina en cuestión presenta un buen indicador de mantenibilidad pero un mal indicador de confiabilidad (su MTBF es menor al MTBF*) lo que indica que la máquina tiene muchas paradas por fallas y el promedio de sus tiempos de operación entre una falla y la siguiente es bajo. Al igual que en el caso anterior, la pregunta a responder es, ¿Por qué esta máquina tiene más fallas que lo normal? Los motivos podrían ser:
 - La misma falla se repite en la máquina, lo que indica una mala reparación.
 - Al reparar una falla se pasan por alto o se ignoran otras fallas que luego se manifiestan, lo que indica un trabajo deficiente de los mecánicos.
 - Uso de repuestos de mala calidad, señal de mala elección desde el depto. de compras o pedido de repuestos mal realizado.
- Situación 4: En este caso los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad de la máquina están por debajo de los valores establecidos como críticos, la situación 4 será entonces una combinación de las situaciones 2 y 3.

3. Medidas a tomar en cada situación: Las medidas a tomar en cada situación varían según la máquina y podrán variar de empresa a empresa. Las medidas se definirán para cada máquina en particular cuando sea posible, usando los lineamientos para optimizar los distintos aspectos del mantenimiento encontrados en Pontelli (2005) y Palmer (2006)

3.3.2. Relación MTTR-MTBF

Definidos los indicadores MTBF y MTTR se define un nuevo indicador que será el cociente de los 2 anteriores con el objetivo de poder graficar y visualizar qué máquinas son críticas. Entonces se define:

$$\alpha = \frac{MTTR}{MTBF} \quad (3.3)$$

Se espera obtener valores de α bajos ya que se estaría en presencia de una máquina que falla poco y que cuando falla su reparación no lleva demasiado tiempo, en consecuencia esa máquina no sería crítica¹.

- $\sum T_i$ es la suma de todos los tiempos de operación de los equipos considerados en el periodo T.
- $\sum t_i$ es el tiempo total empleado en intervenciones por rotura.
- n es la cantidad de fallas en el periodo T evaluado².

¹En comparación con otras máquinas del mismo tipo

²Es el período 2011-2013.

3.4. Conclusión parcial

En este capítulo se presentaron algunos conceptos e indicadores de mantenimiento que se utilizarán en capítulos posteriores. La obtención de indicadores representativos depende principalmente de los datos que son completados por los operarios en las tarjetas de mantenimiento de cada equipo. La categorización de los mismos según el valor de su relación $MTTR - MTBF$ permite una rápida determinación de los problemas que puede tener un equipo determinado.

Capítulo 4

Estado actual de la situación

Uno de los aspectos que caracteriza a la industria de la construcción es el tipo de maquinaria utilizada. El carácter móvil de las mismas hace difícil la tarea de realizarles el mantenimiento adecuado ya que mientras trabajan se encuentran en obra y lejos del taller central de la empresa, también se debe considerar que esta dependencia tiene a su cargo el mantenimiento de 128 equipos, entre automóviles, pick ups, grupos electrógenos, camiones, plantas de asfalto y maquinaria vial.

El mantenimiento es un factor relevante cuando se pretende un buen funcionamiento de las máquinas viales. Surge así la necesidad de aplicar herramientas de la gestión de mantenimiento que permitan en la forma más sistemática posible la identificación de problemas y la implementación de planes y métodos bien dimensionados, realizables y controlables. Esto es muy deseado en el campo de la mecánica vial donde los costos son elevados y las roturas imprevistas producen grandes pérdidas de producción y de capital.

4.1. Relevamiento de equipos

Dentro de los equipos con los que cuenta la empresa, el parque de maquinaria vial está compuesto por:

- Cargadoras frontales:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
PF 019	Caterpillar	950 F	1998
PF 021	Caterpillar	924 GZ	2004
PF 022	Komatsu	WA 200-5	2006
PF 023	Caterpillar	928 F	2007
PF 024	Komatsu	WA 200-5B	2005
PF 027	Caterpillar	928 F	2003
PF 028	Volvo	L 90 F	2010
PF 029	Caterpillar	924 HZ	2009
PF 031	SDLG	LG938 L	2008
PF 032	SDLG	LG938 L	2009

Cuadro 4.1: Cargadoras frontales

- Excavadoras:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
RETRO 007	Volvo	EC 210 B	2005
RETRO 009	Volvo	EC 210 B LC	2007
RETRO 015	Caterpillar	320 C	2009
RETRO 016	Caterpillar	330	2010

Cuadro 4.2: Excavadoras

- Motoniveladoras:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
MN 008	Caterpillar	120 G	1993
MN 010	Caterpillar	120 G	1994
MN 014	Komatsu	GD 511	1994
MN 015	Caterpillar	140 G	1996
MN 021	Volvo	G 940 HTE	2004
MN 022	Caterpillar	140 H	2007
MN 023	Volvo	G 940	2009

Cuadro 4.3: Motoniveladoras

- Rodillos de neumáticos autopropulsados:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
RNA 005	Tortone	RNA 230	1993
RNA 006	Caterpillar	PS 300 C	1996
RNA 007	Dynapac	CP 271	2004
RNA 010	Caterpillar	PS 150 C	2008
RNA 011	Hamm	GRW 18	2008
RNA 014	Caterpillar	PS 360 B	2009
RNA 015	Caterpillar	PS 300 C	2007

Cuadro 4.4: Rodillos de neumáticos autopropulsados

- Rodillos vibratorios

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
RV 017	Caterpillar	CB 214 C	1999
RV 019	Hamm	HD 110	2005
RV 021	Dynapac	CC 422	2009
RV 025	Caterpillar	CD 533	2005
RV 014	Tortone	T-80	1998
RV 027	Caterpillar	CB 534 D	2010

Cuadro 4.5: Rodillos vibratorios

- Terminadoras asfálticas:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
TER 008	Barber Greene	S-A 41	1985
TER 011	Blaw Knox	PF 180 H	1982
TER 013	Terex Cifali	VDA 720	2003
TER 014	Caterpillar	AP 650B	2007
TER 017	Voguele	Super 1800-2	2010

Cuadro 4.6: Terminadoras asfálticas

Estas son las máquinas cuyas tarjetas de mantenimiento se analizarán para confeccionar los indicadores que se presentan a continuación y obtener así las herramientas necesarias para categorizarlas según los valores obtenidos.

4.2. Datos

A continuación se presentan los datos obtenidos para cada máquina según las tarjetas de mantenimiento analizadas. Dichas tarjetas son las que proveen los datos necesarios para calcular los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad. La última columna denominada “Relación α ” se utilizará en el capítulo siguiente.

4.2.1. Equipos de movimiento de suelos

	Código	Ti	ti	n	MTBF	MTTR	Relación α
RETROEXCA- VADORAS	RETRO 007	7131	168	8	891,375	21,000	0,024
	RETRO 009	4575	224	7	653,571	32,000	0,049
	RETRO 015	7524	196	6	1254,000	32,667	0,026
	RETRO 016	6477	588	17	381,000	34,588	0,091
CARGADORAS FRONTALES	PF 019	2949	320	7	421,286	45,714	0,109
	PF 021	4461	168	24	185,875	7,000	0,038
	PF 022	7041	288	14	502,929	20,571	0,041
	PF 023	5355	102	7	765,000	14,571	0,019
	PF 024	4311	336	13	331,615	25,846	0,078
	PF 027	4460	145	8	557,500	18,125	0,033
	PF 028	4628	321	14	330,571	22,929	0,069
	PF 029	4513	378	22	205,136	17,182	0,084
	PF 031	5983	175	9	664,778	19,444	0,029
PF 032	5371	147	5	1074,200	29,400	0,027	
MOTONIVELA DORAS	MN 008	6342	260	14	453,000	18,571	0,041
	MN 010	5334	274	9	592,667	30,444	0,051
	MN 014	3222	140	5	644,400	28,000	0,043
	MN 015	6741	245	15	449,400	16,333	0,036
	MN 021	3300	370	9	366,667	41,111	0,112
	MN 022	3891	378	13	299,308	29,077	0,097
	MN 023	4017	345	11	365,182	31,364	0,086

Cuadro 4.7: Equipos de movimiento de suelos

4.2.2. Equipos del tren de asfalto

	Código	Ti	ti	n	MTBF	MTTR	Relación α
TERMINA- DORAS ASFALTICAS	TER 008	1710,0	130	14	122,143	9,286	0,076
	TER 011	2231,25	138	7	318,750	19,714	0,062
	TER 013	3105,0	142	18	172,500	7,889	0,046
	TER 014	3404,4	114	9	378,267	12,667	0,033
	TER 017	2325,0	155	20	116,250	7,750	0,067
RODILLOS VIBRATO - RIOS	RV 017	1440	83	15	96,000	5,533	0,058
	RV 019	2604	69	12	217,000	5,750	0,026
	RV 021	859,8	98	7	122,829	14,000	0,114
	RV 025	1312,2	112	20	65,610	5,600	0,085
	RV 014	6120,0	78	14	437,143	5,571	0,013
	RV 027	1281	67	13	98,538	5,154	0,052
RODILLOS DE NEUMATICOS	RNA 005	3852	47	22	175,091	2,136	0,012
	RNA 006	1482	114	16	92,625	7,125	0,077
	RNA 007	2645,0	102	12	220,417	8,500	0,039
	RNA 010	726	92	8	90,750	11,500	0,127
	RNA 011	1002	109	20	50,100	5,450	0,109
	RNA 014	2584,5	70	16	161,531	4,375	0,027
	RNA 015	2684,4	67	27	99,422	2,481	0,025

Cuadro 4.8: Tren de asfalto

4.3. Conclusión parcial

En el presente capítulo se presentaron las máquinas que pertenecen a la empresa y se las dividió según su actividad en una obra de pavimentación (equipos de movimiento de suelos y equipos del tren de asfalto). Luego se muestra el resultado de la toma de datos de las tarjetas de mantenimiento que actualmente se usan en cada equipo, dichos datos permitieron la determinación de los indicadores de mantenimiento presentados en el capítulo anterior.

Capítulo 5

Identificación de equipos según sus indicadores de mantenimiento

En el capítulo anterior se presentaron los datos correspondientes a cantidad de fallas, horas de detención por actividades de reparación y horas de funcionamiento para luego calcular los indicadores de mantenibilidad y confiabilidad, lo que sigue es responder al interrogante de cuáles son los motivos que hacen que una máquina determinada tenga esos valores de *MTBF* y de *MTTR* para luego identificar a las máquinas que más fallas tuvieron durante el periodo en cuestión, las que más horas estuvieron detenidas por tareas de mantenimiento¹ y presentar dichos valores en gráficos de barras, con el fin de poder identificar a las más demandantes. En este trabajo y con el objetivo de realizar aportes que mejoren el desempeño del taller, siempre se eligió el equipo que más horas estuvo detenido por tareas de mantenimiento y a continuación se buscaron las fallas más demandantes en términos de “horas para repararlas”, es decir, en primera instancia se busca obtener una mejora en la mantenibilidad de los equipos.

Realizado esto, las fallas se agruparon en 5 categorías distintas, a saber:

- Fallas mecánicas.
- Fallas estructurales.
- Fallas hidráulicas.
- Fallas eléctricas
- Fallas de caucho

La elección de estas categorías se debe a que las fallas más comunes en el taller son de ese tipo y es más fácil agruparlas.

A continuación, se presentan el número de fallas para el periodo en estudio de cada máquina y las demoras por actividades de mantenimiento, se realiza la división descrita en el párrafo anterior y se muestran cuáles son los equipos que más fallas tuvieron y que más tiempo estuvieron detenidos por actividades de mantenimiento.

¹Esta información es extraída de las tarjetas de mantenimiento y se puede observar en los cuadros 4.7 y 4.8.

5.1. Cargadoras frontales

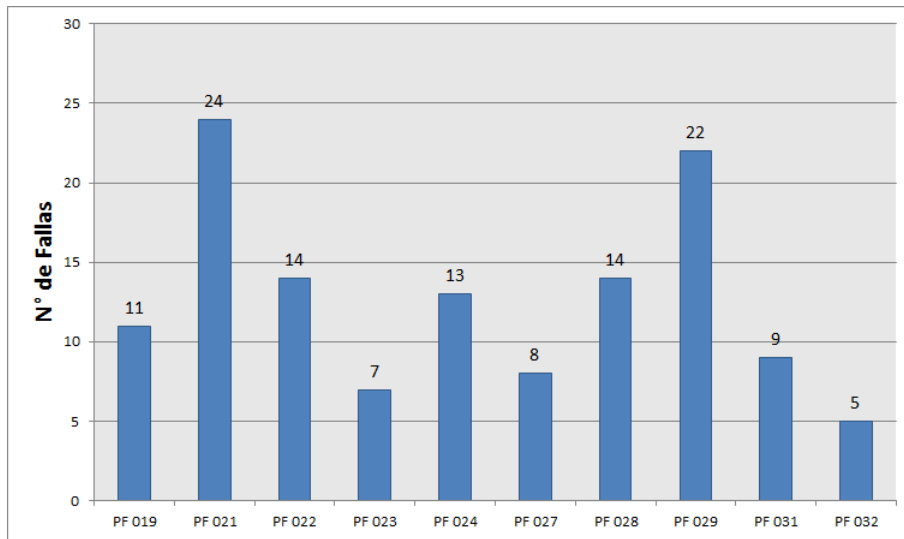


Figura 5.1: Fallas cargadoras frontales

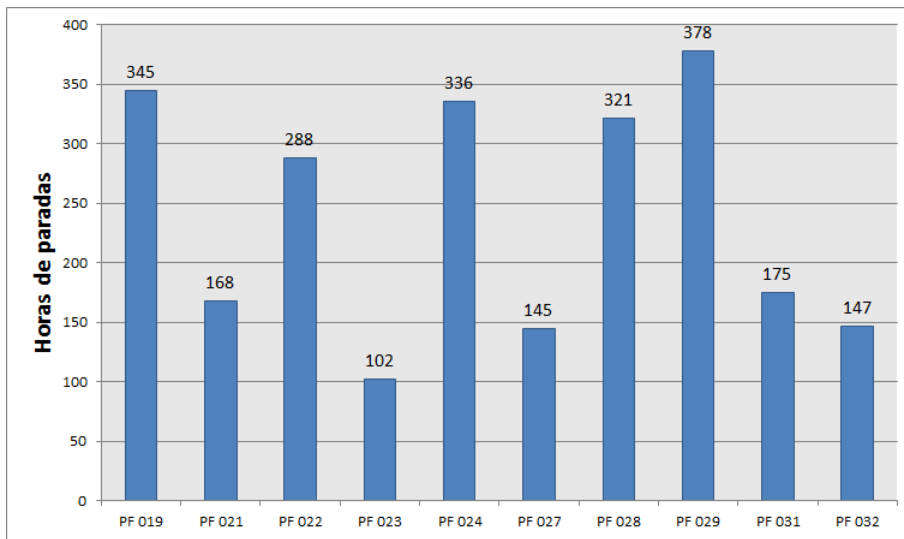


Figura 5.2: Tiempo de intervenciones cargadoras frontales

En el primer gráfico se observa que la cargadora frontal PF 21 fue la que más veces necesitó una intervención de mantenimiento en el periodo considerado, es la menos confiable debido a la cantidad de fallas que tuvo, pero en el segundo gráfico puede observarse que la cargadora frontal más demandante en horas es la PF 29, es el que más tiempo necesitó para reparaciones y por este motivo se realizará un análisis por tipo de fallas según la clasificación propuesta al inicio de este apartado. Se muestran la cantidad de fallas durante el periodo considerado y la cantidad de horas invertidas en reparaciones para este equipo:

Cargador frontal PF 29					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Caucho	Total
Cantidad de fallas					
9	7	2	1	3	22
Demora					
132	90	24	8	124	378

Cuadro 5.1: Cantidad de fallas y horas de detención PF 29

A continuación se realiza un diagrama de Pareto para visualizar los rubros que generan más fallas:

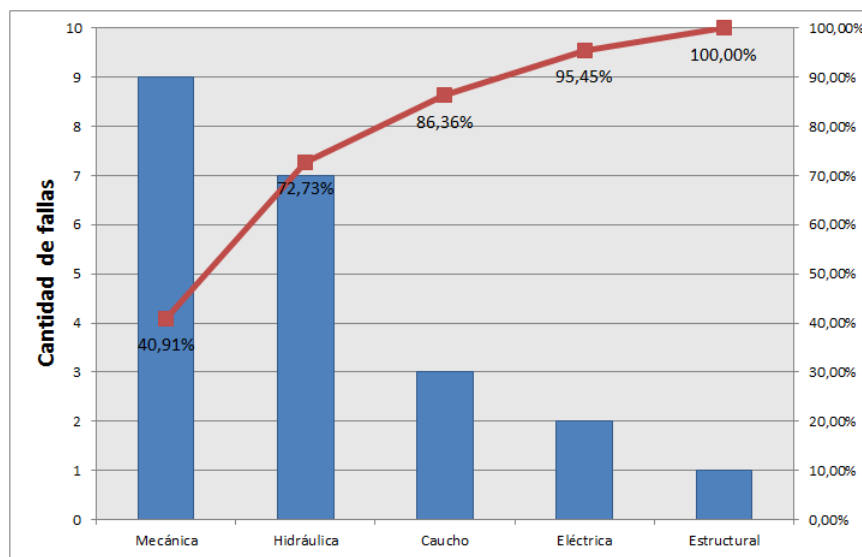


Figura 5.3: Pareto de fallas

Se puede observar que para la cargadora frontal PF29, las fallas de tipo mecánica e hidráulica representan el 72,73 % del total de fallas para este equipo. Realizando el mismo procedimiento para la cantidad de horas, se obtiene:

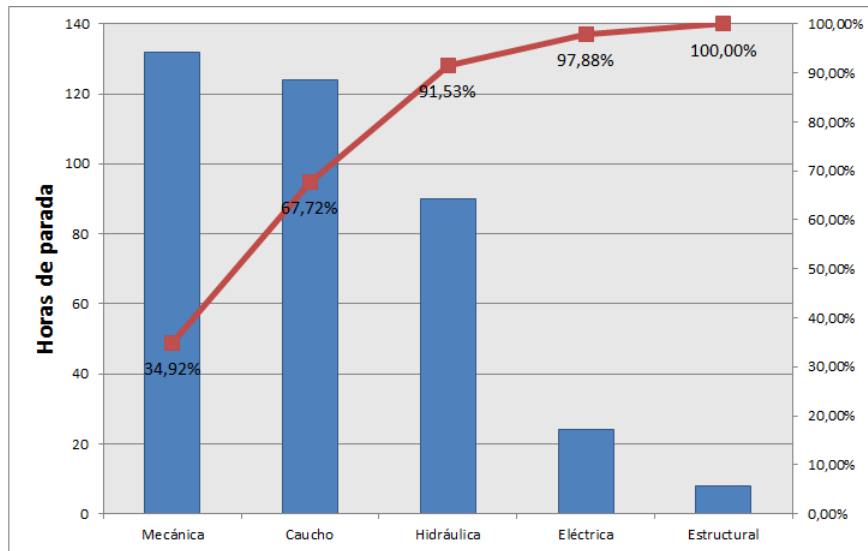


Figura 5.4: Pareto de horas

De donde puede observarse que en la PF 29 casi el 68% de las demoras son ocasionadas por fallas de tipo mecánico y relacionadas con las cubiertas. También puede observarse como factor común que la parte mecánica afecta negativamente a la confiabilidad de la cargadora frontal PF 29 en un 40,91% y a la disponibilidad en un 34,92%. Las fallas más comunes que afectan a las 5 categorías evaluadas se muestran en el siguiente diagrama de Ishikawa o de espina de pescado:

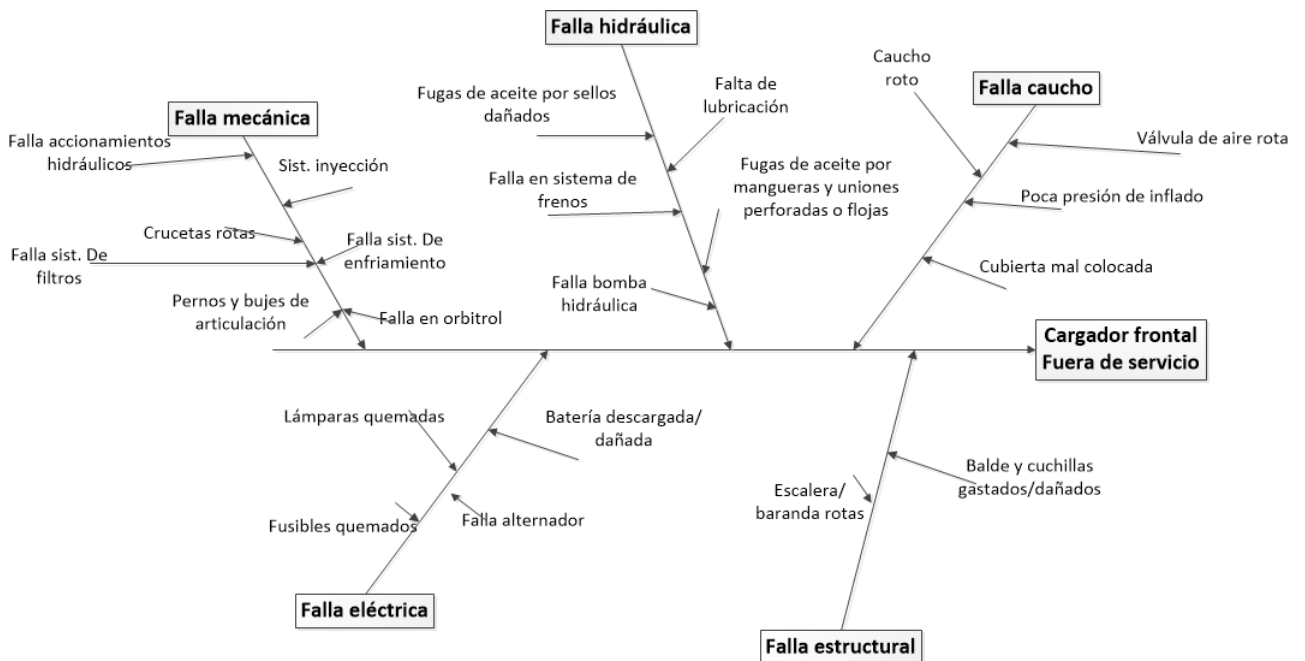


Figura 5.5: Diagrama de Ishikawa para PF

Donde pueden observarse cuales son las fallas que comúnmente impactan a cada una de las 5 categorías propuestas.

5.1.1. Síntesis cargador frontal PF 29

En términos de confiabilidad, el cargador frontal PF 29 resultó ser el segundo en peores condiciones pero en términos de mantenibilidad es el peor. Es decir, de todos los cargadores frontales, el PF 29 es el que requiere de más tiempo para su reparación. Según el Pareto de horas, el 67,72 % de los tiempos de reparaciones corresponde a problemas mecánicos y de caucho. Los problemas que introducen las mayores demoras dentro de estas dos categorías y los tiempos promedio para reparar son:

Fallas			
Mecánicas	Tiempo promedio	Caucho	Tiempo promedio
Pernos y bujes de articulación	30 hs.	Recapado de cubiertas	20 hs
Accionamientos hidráulicos	24 hs.	Caucho roto	8 hs

Figura 5.6: Causas principales de demoras en PF 29

5.2. Excavadoras

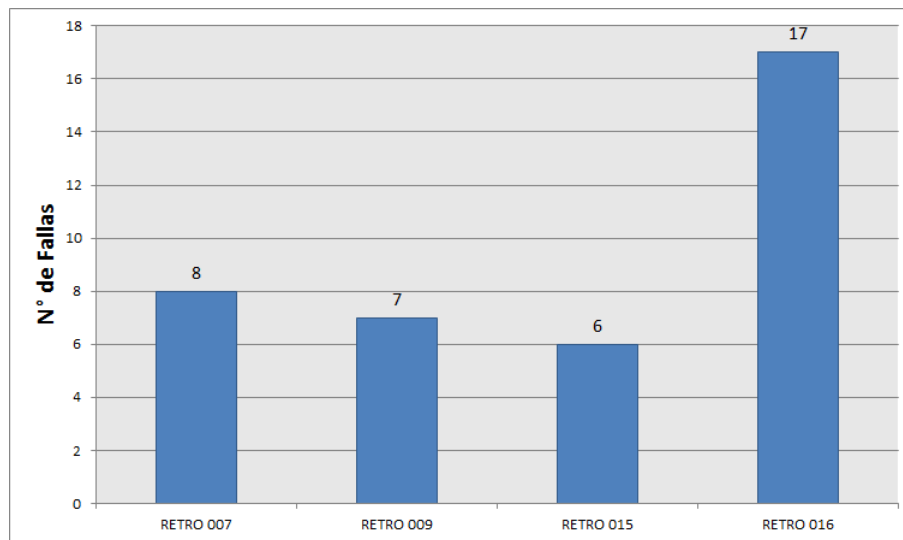


Figura 5.7: Fallas excavadora

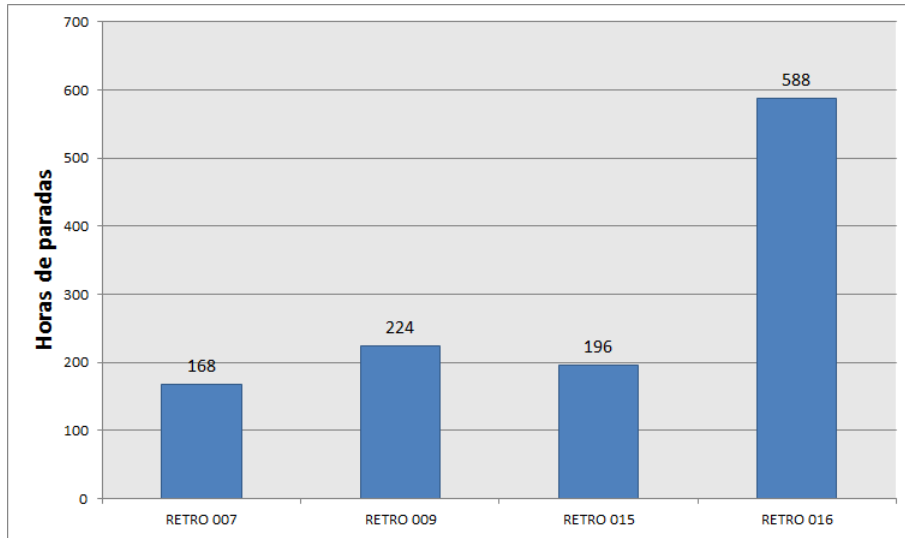


Figura 5.8: Tiempo de intervenciones excavadora

En el caso de las excavadoras puede observarse que coinciden el equipo con más fallas y que más horas estuvo parado. Es la RETRO 016 y según las tarjetas de mantenimiento, las fallas que generaron esas paradas fueron del siguiente tipo:

Excavadora RETRO 016					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Caucho	Total
Cantidad de fallas					
5	7	3	2	0	17
Demora					
241	197	42	108	0	588

Cuadro 5.2: Cantidad de fallas y horas de detención RETRO 16

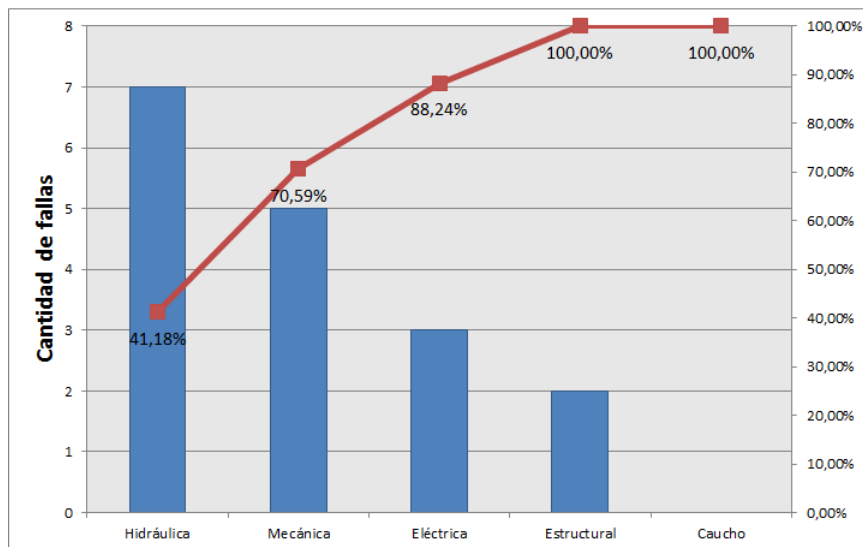


Figura 5.9: Pareto de fallas

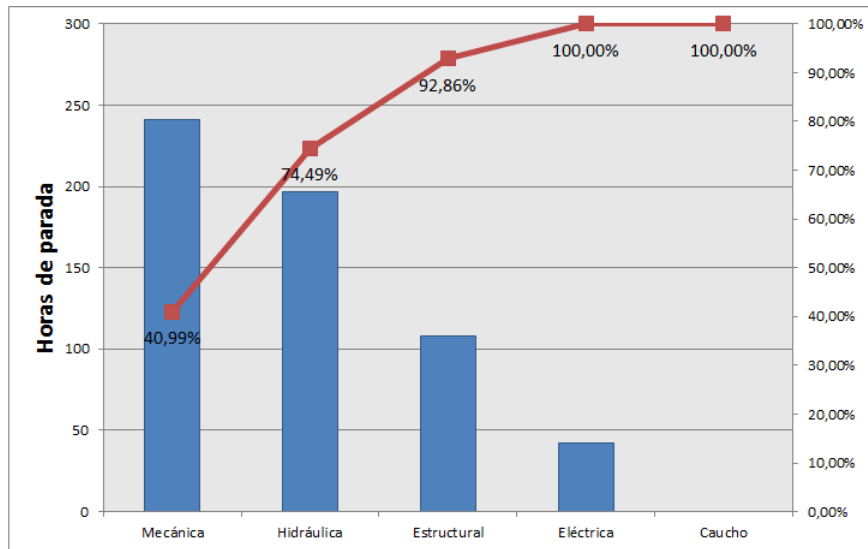


Figura 5.10: Pareto de horas

De los diagramas de Pareto anteriores puede observarse que el 70,59% de las fallas es generado por problemas de tipo hidráulico y mecánico y que en cuanto a las demoras para repararlas también son estos dos tipos de fallas los más demandantes pero las fallas mecánicas generaron más horas de máquina parada a pesar de ser menos frecuentes. Con respecto a las fallas relacionadas al caucho, en este caso se dejaron de lado ya que estas excavadoras se desplazan sobre tren rodante de orugas y las fallas relacionadas al tren rodante se considerarán como fallas estructurales.

Las fallas más comunes que presentan las excavadoras de la empresa se muestran en el siguiente diagrama de Ishikawa:

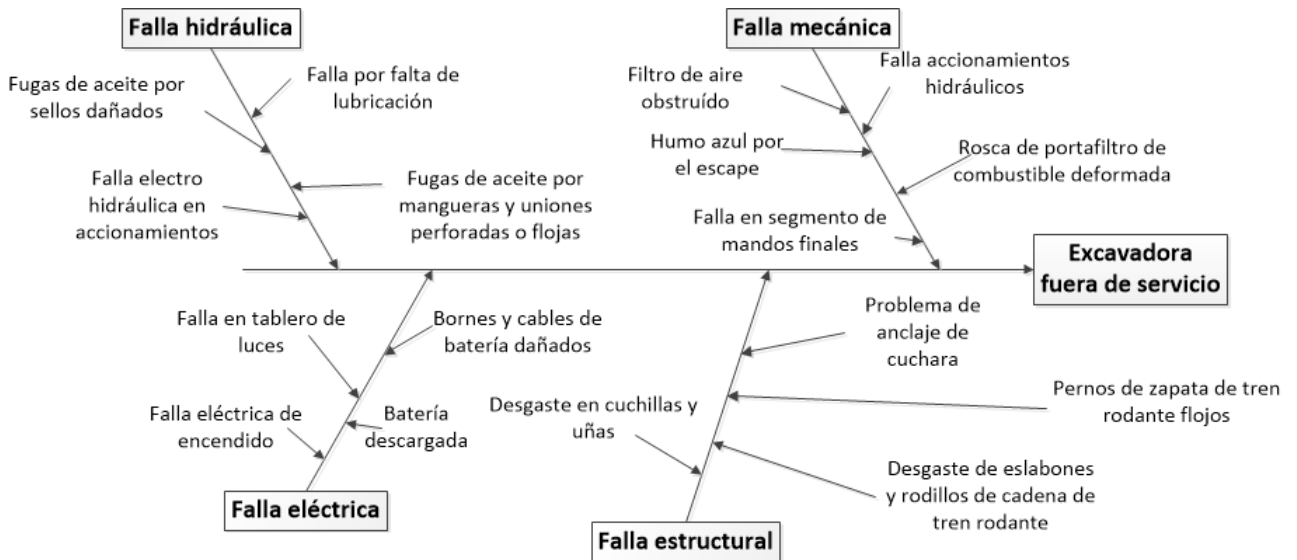


Figura 5.11: Diagrama de Ishikawa para Excavadora

Para este tipo de máquina coinciden el equipo que más fallas tuvo y el que más horas de intervención demandó.

5.2.1. Síntesis excavadora RETRO 16

La RETRO 16 es la excavadora con peores valores de confiabilidad y mantenibilidad. De las 588 horas que el equipo estuvo en reparaciones, el 70,59% de las mismas se debió a fallas de tipo mecánicas e hidráulicas. Dentro de estos dos rubros las fallas que más horas de reparación generaron son:

Fallas			
Mecánicas	Tiempo promedio	Hidráulica	Tiempo promedio
Accionamientos hidráulicos	60 hs	Fugas por mangueras y uniones	50 hs
Deformación de roscas y vínculos de portafiltras	35 hs	Fallas por falta de lubricación	30 hs

Figura 5.12: Causas principales de demoras RETRO 16

5.3. Motoniveladoras

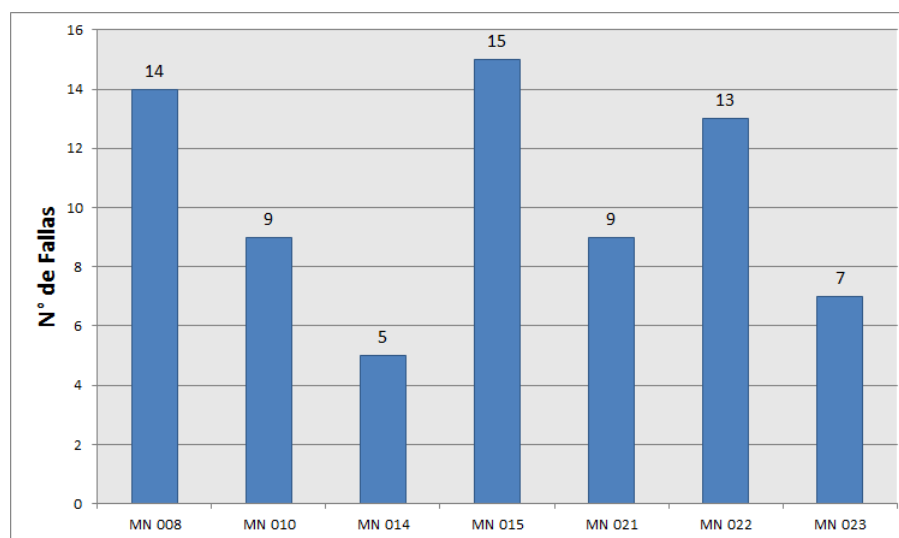


Figura 5.13: Fallas motoniveladora

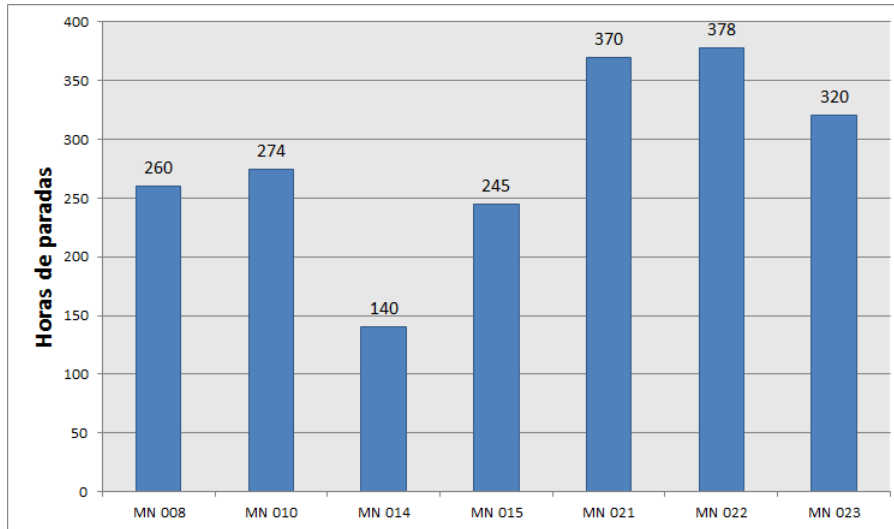


Figura 5.14: Tiempo de intervenciones motoniveladora

La motoniveladora que más fallas tuvo en el periodo considerado es la MN 015 y la que más horas estuvo detenida es la motoniveladora identificada con el código MN 022. Nuevamente se puede observar que la máquina que más intervenciones requirió no siempre es la más demandante en términos de horas para su reparación. Al analizar las tarjetas de mantenimiento correspondientes a la motoniveladora MN 022 se pueden clasificar sus fallas de la siguiente manera:

Motoniveladora MN 022					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Caucho	Total
Cantidad de fallas					
4	5	1	0	3	13
Demora					
154	201	8	0	15	378

Cuadro 5.3: Cantidad de fallas y horas de detención MN 22

Los diagramas de Pareto obtenidos son:

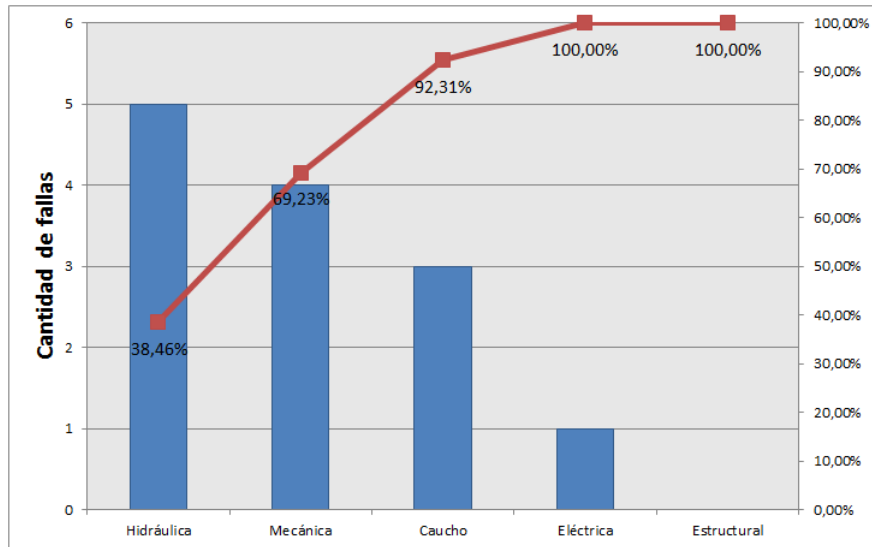


Figura 5.15: Pareto de fallas

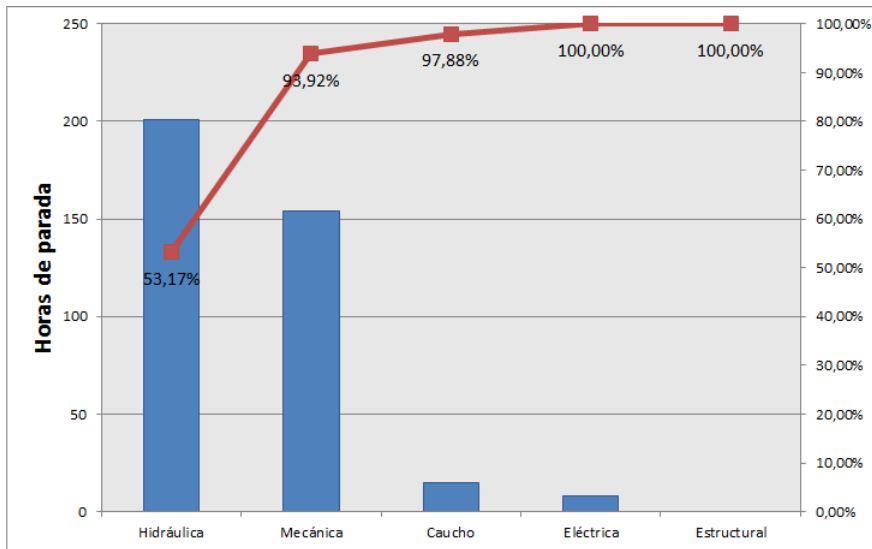


Figura 5.16: Pareto de horas

En el caso de esta motoniveladora se observa que hay coincidencia entre los tipos de fallas que más se repiten y los tipos de falla que más horas requieren para su reparación. El 69,23 % de las fallas son de tipo hidráulico o mecánico y el 93,92 % de las horas requeridas para la reparación de esta motoniveladora también se invirtieron en reparar fallas mecánicas o hidráulicas. En este caso, las fallas más comunes fueron también las más demandantes. Las fallas más comunes observadas en las tarjetas de mantenimiento de las motoniveladoras son:

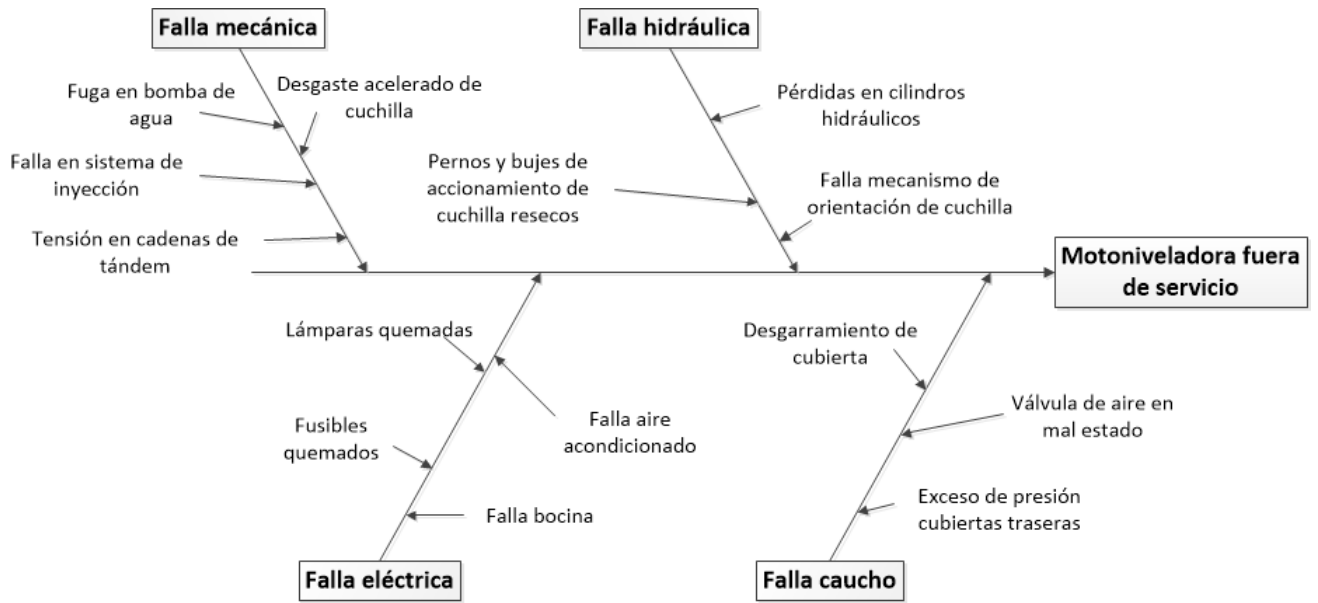


Figura 5.17: Diagrama de Ishikawa para Motoniveladora

Se destaca el caso de la MN 015 que si bien es el equipo que más fallas tuvo, es el segundo equipo con menos horas de intervención por reparaciones como puede observarse en las figuras 6.11 y 6.12, lo que indica que la MN 015 sufrió varias fallas pero cuyas reparaciones no generaron mayores demoras.

5.3.1. Síntesis motoniveladora MN22

Dentro de los dos rubros que demandaron más tiempo para su reparación, las fallas que más horas generaron son las siguientes:

Fallas			
Mecánicas	Tiempo promedio	Hidráulica	Tiempo promedio
Fuga bomba de agua	40 hs	Mecanismo de orientación de cuchilla	65 hs
Desgaste acelerado de cuchilla	35 hs	Pernos y bujes de accionamiento de cuchilla resecos	40 hs

Figura 5.18: Causas principales de demoras MN 22

5.4. Rodillos vibratorios

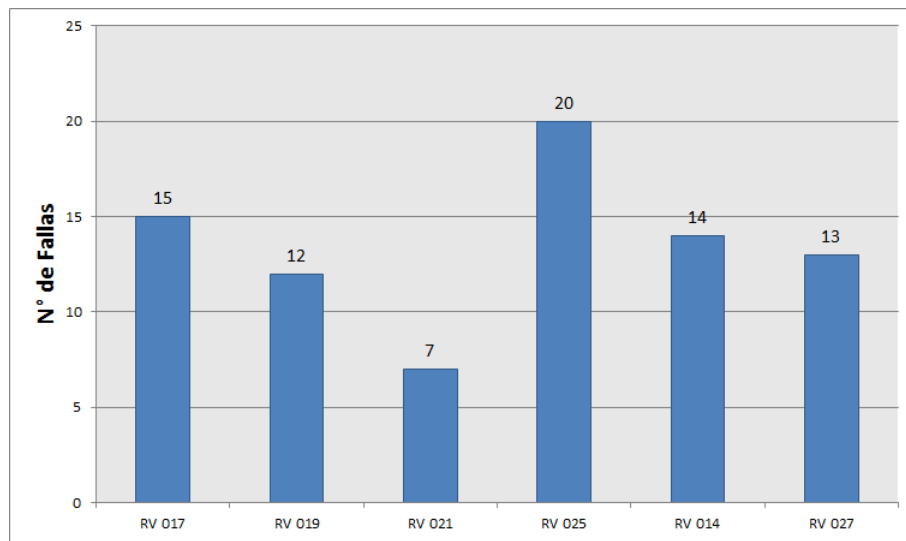


Figura 5.19: Fallas rodillo vibratorio

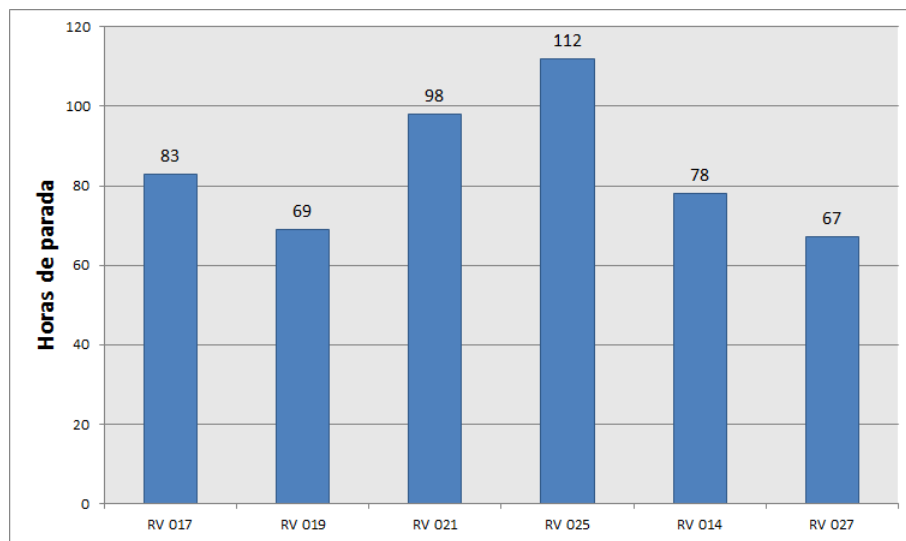


Figura 5.20: Tiempo de intervenciones rodillo vibratorio

Donde puede observarse que el rodillo vibratorio RV 025 es el que más falló y el que más tiempo estuvo detenido por reparaciones. Las fallas encontradas para este rodillo en las tarjetas de mantenimiento son:

Rodillo Vibratorio RV 025					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Rodaje	Total
Cantidad de fallas					
9	5	2	3	1	20
Demora					
35	47	8	15	7	112

Cuadro 5.4: Cantidad de fallas y horas de detención RV 25

Los diagramas de Pareto obtenidos son:

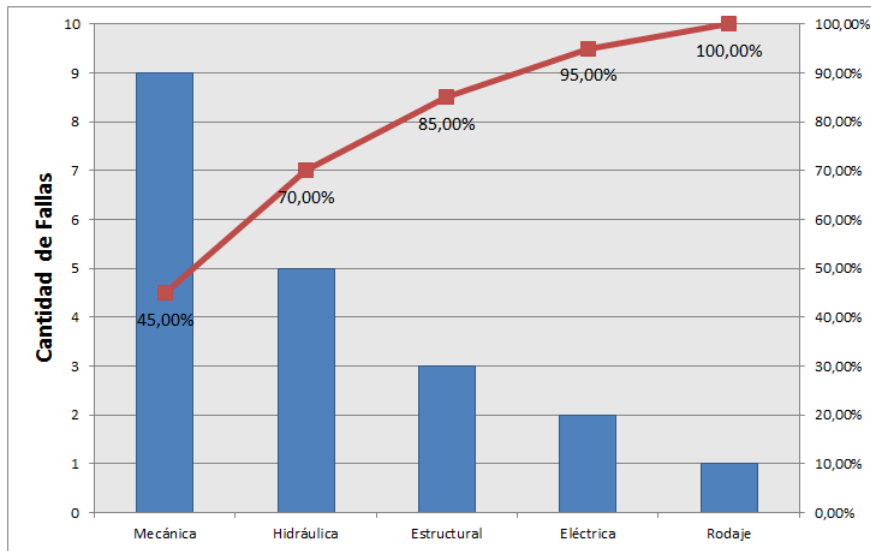


Figura 5.21: Pareto de fallas

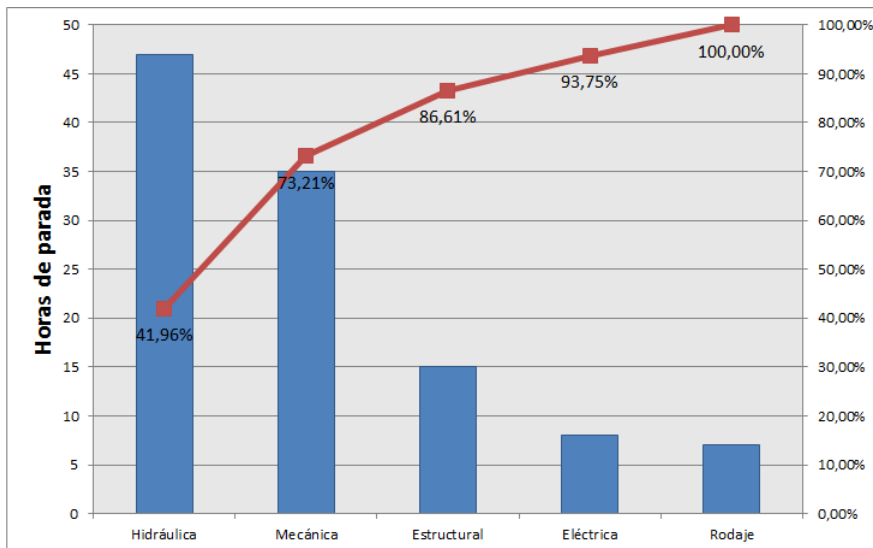


Figura 5.22: Pareto de horas

Donde puede observarse que el 85 % de las fallas para este rodillo corresponde a fallas mecánicas, hidráulicas y estructurales y en el caso de las horas que la máquina

estuvo detenida, se observa que las fallas de tipo hidráulico son menos comunes que las de tipo mecánico, pero las primeras generaron mayor cantidad de horas de máquina parada.

En las tarjetas de mantenimiento se puede observar que algunas de las fallas que afectan al parque de rodillos vibratorios son las siguientes:

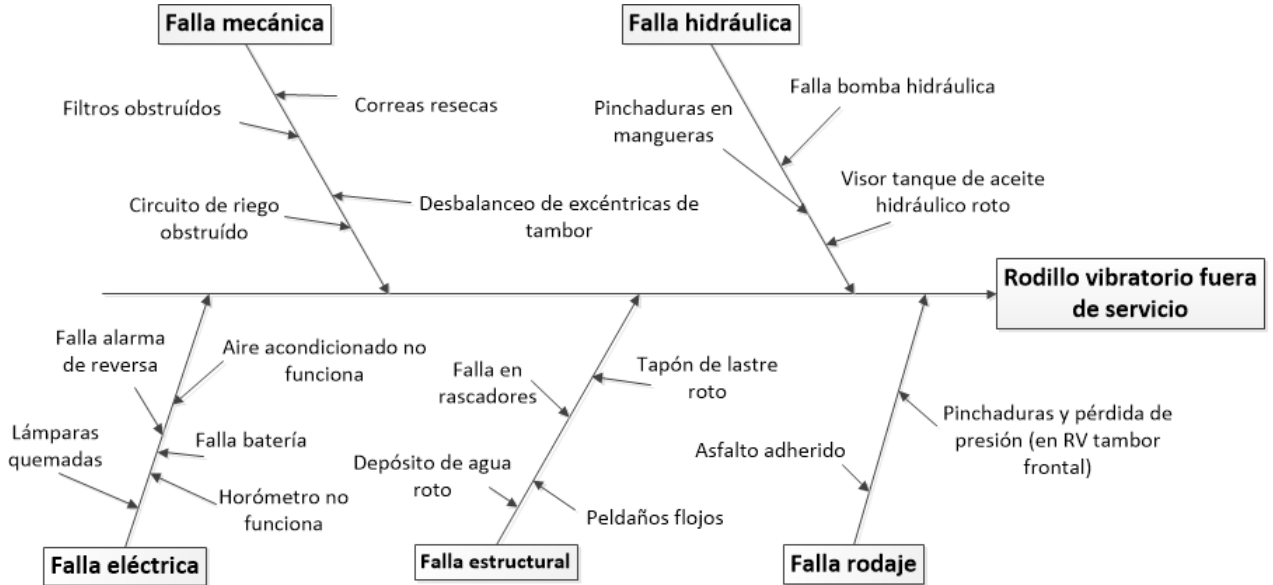


Figura 5.23: Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio

Al igual que en el caso de las excavadoras, coinciden el equipo que más fallas tuvo y el que más horas de intervención requirió, como puede verse en las figuras 6.16 y 6.17.

5.4.1. Síntesis rodillo vibratorio RV 25

Dentro de los rubros de fallas mecánicas y del circuito hidráulico, las fallas que generaron mas tiempo para su reparación son las que se observan en la figura 3.24. Las dos fallas consignadas de tipo mecánico son un parámetro de calidad del pavimento asfáltico. Un desbalanceo en las excéntricas del tambor impedirá que el mismo vibre a la frecuencia correcta y la obstrucción del circuito regador de agua de los tambores impedirá una superficie lisa de los mismos.

Fallas			
Hidráulicas	Tiempo promedio	Mecánicas	Tiempo promedio
Falla bomba de aceite hidráulico	25 hs	Desbalanceo excéntricas del tambor	15 hs
Pérdidas de aceite por mangueras	10 hs	Circuito de riego de agua obstruido	10 hs

Figura 5.24: Causas principales de demoras RV 25

5.5. Rodillos de neumáticos

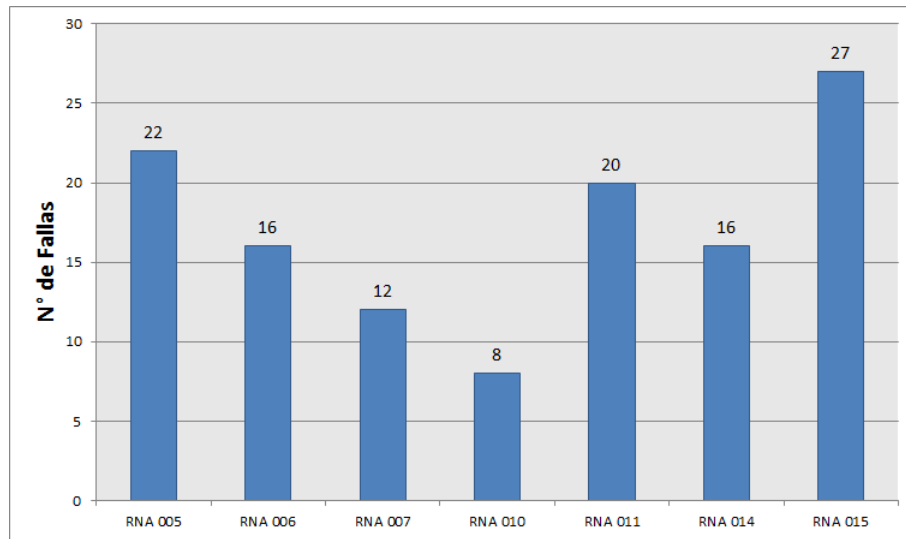


Figura 5.25: Fallas rodillo de neumáticos

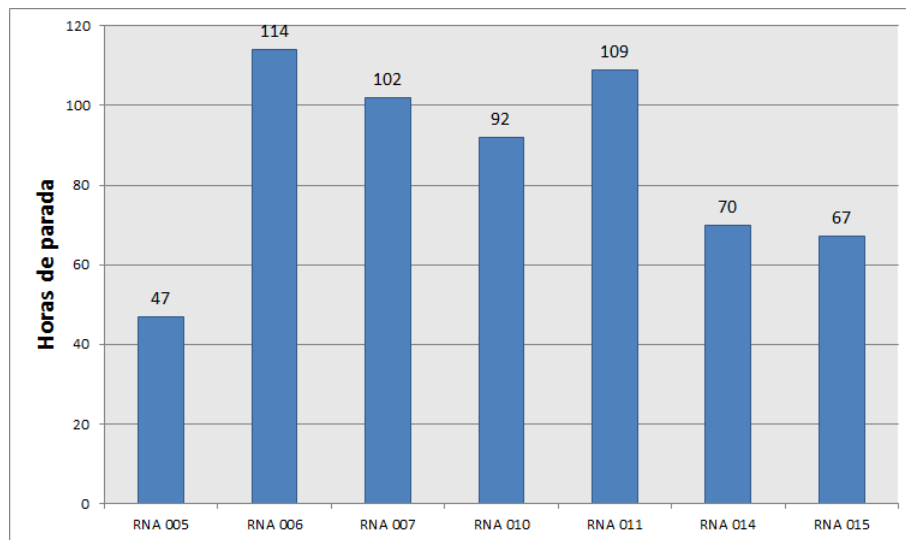


Figura 5.26: Tiempo de intervenciones rodillo de neumáticos

Donde puede observarse que el RNA 015 es el que más fallas tuvo en el periodo considerado y según las tarjetas de mantenimiento estuvo parado durante 67 horas por reparaciones. El rodillo de neumáticos que más horas estuvo detenido por tareas de mantenimiento es el RNA 006, con 114 horas de detención generadas por 16 intervenciones, según las tarjetas de mantenimiento. Con el mismo criterio anterior, para elegir el equipo al que se le analizarán las fallas se elegirá el que más tiempo estuvo detenido.

Rodillo de Neumáticos RNA 006					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Caucho	Total
Cantidad de fallas					
3	4	1	2	6	16
Demora					
25	23	13	26	27	114

Cuadro 5.5: Cantidad de fallas y horas de detención RNA 6

Los diagramas de Pareto obtenidos son:

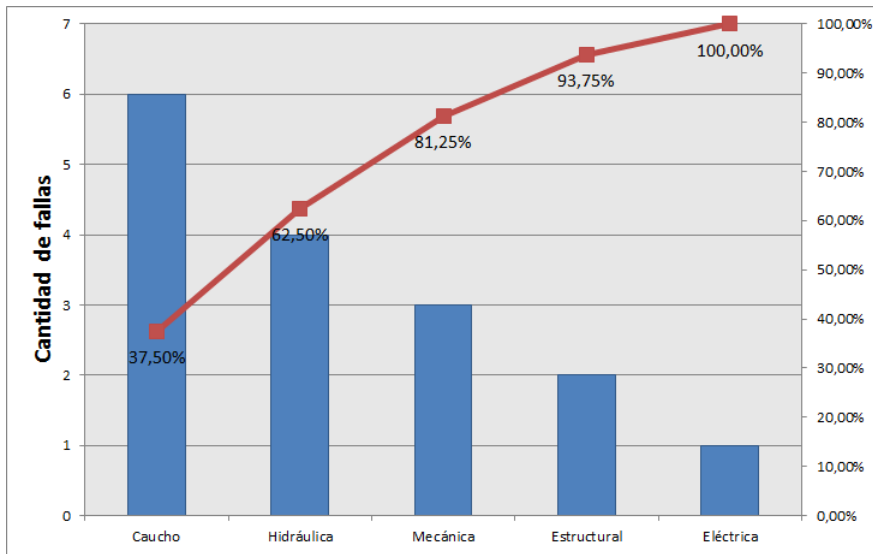


Figura 5.27: Pareto de fallas

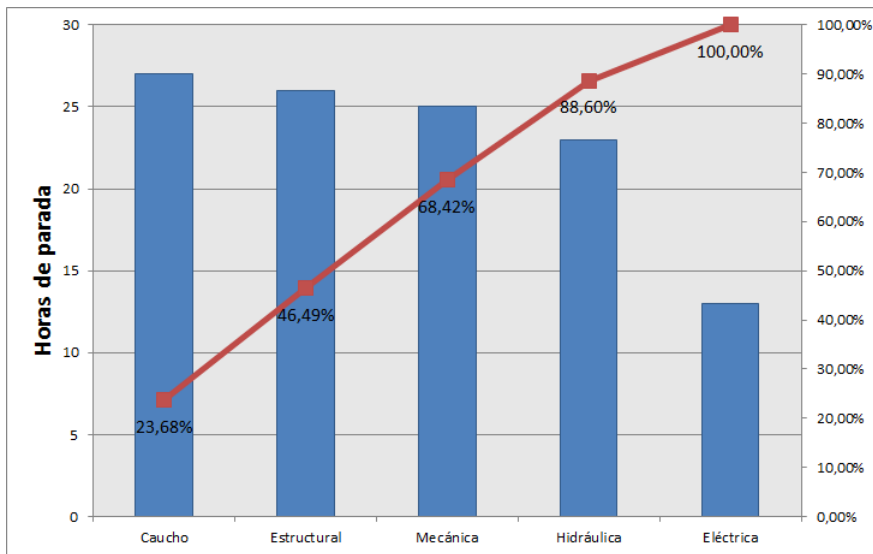


Figura 5.28: Pareto de horas

En este caso se observa que este rodillo está más alejado de la relación 80-20 esperada en un diagrama de Pareto. El 81,25 % de las fallas se reparten en los

rubros “Caucho, hidráulica” y “mecánica” y el 88,6% de los tiempos de demora se reparten en los 4 rubros que se muestran en el gráfico.

Por primera vez se observa que las fallas relacionadas a las cubiertas de la máquina adquieren la misma o más relevancia que las fallas del tipo mecánica o hidráulica. Esto se debe a que en esta máquina, las herramientas de trabajo son justamente sus neumáticos, que trabajan en contacto permanente con la mezcla asfáltica caliente.

Otro aspecto que se vuelve importante para esta máquina en particular son las fallas del tipo estructural. Se ubican en el segundo lugar según las horas que se requirieron para la reparación de fallas de este tipo. El diagrama de Ishikawa con las fallas halladas para los rodillos de neumáticos es el siguiente:

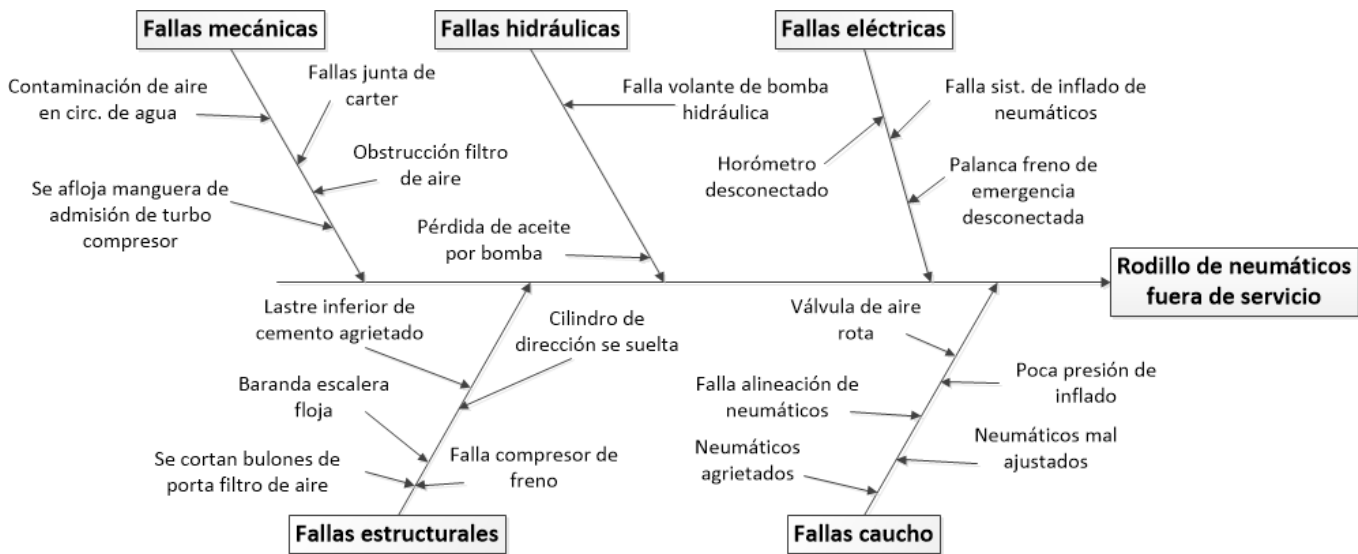


Figura 5.29: Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio

Es para destacar la cantidad de fallas correspondientes a la categoría “Caucho” para los rodillos de neumáticos ya que como se mencionó en el párrafo anterior, las ruedas son el elemento principal de trabajo de esta máquina y el buen estado de las mismas es importante para la calidad del pavimento.

5.5.1. Síntesis rodillo de neumáticos RNA 6

Para el RNA 6 se observa que las horas de reparación de la mayoría de las fallas se encuentran distribuidas de un modo bastante uniforme en 4 rubros, siendo las más importantes las fallas del rubro caucho y las del rubro estructural. Los neumáticos de este tipo de rodillos trabajan en contacto permanente con el asfalto a temperaturas elevadas y un mal estado de los mismos influye en la calidad del pavimento asfáltico, existiendo la posibilidad de dejar zonas sin compactación efectiva o una variación de la superficie de contacto de los mismos con el pavimento a compactar.

Fallas			
Caucho	Tiempo promedio	Estructurales	Tiempo promedio
Válvula de aire rota	15 hs	Cilindro de dirección se suelta	10 hs
Desalineamiento de neumáticos	10 hs	Bulones de portafiltro de aire se cortan	10 hs

Figura 5.30: Causas principales de demoras RNA 6

5.6. Terminadoras asfálticas

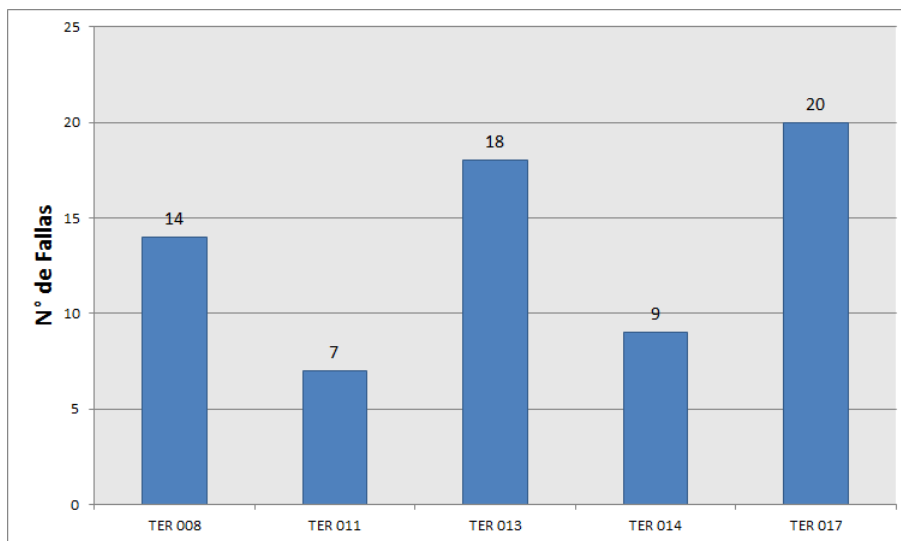


Figura 5.31: Fallas terminadora

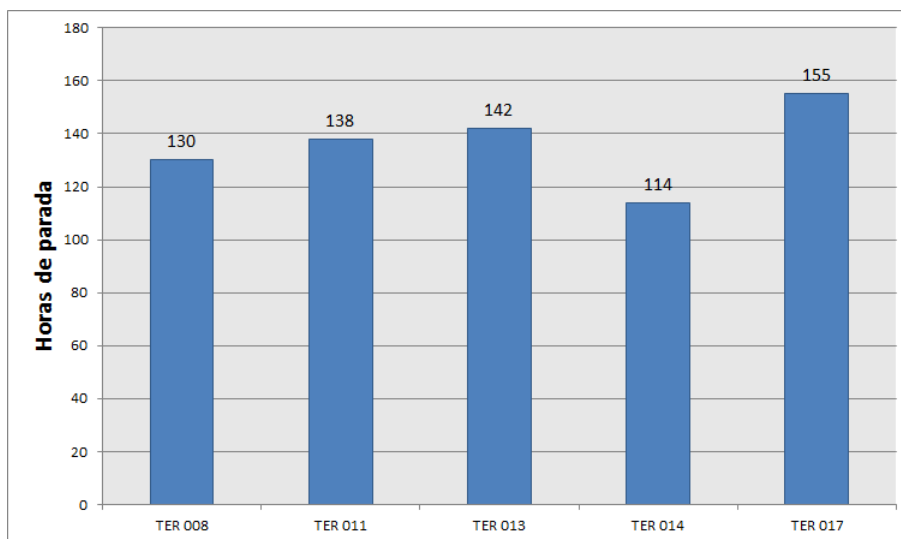


Figura 5.32: Tiempo de intervenciones terminadora

Se observa que la TER 017 es la que más fallas tuvo en el periodo considerado y la que más tiempo estuvo detenida para intervenir en las fallas mencionadas. De

acuerdo a la información en las tarjetas de mantenimiento, nuevamente se hace la división de las fallas:

Terminadora TER 017					
Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Estructural	Caucho	Total
Cantidad de fallas					
7	4	4	5	0	20
Demora					
71	23	18	43	0	155

Cuadro 5.6: Cantidad de fallas y horas de detención TER 17

Los diagramas de Pareto obtenidos son:

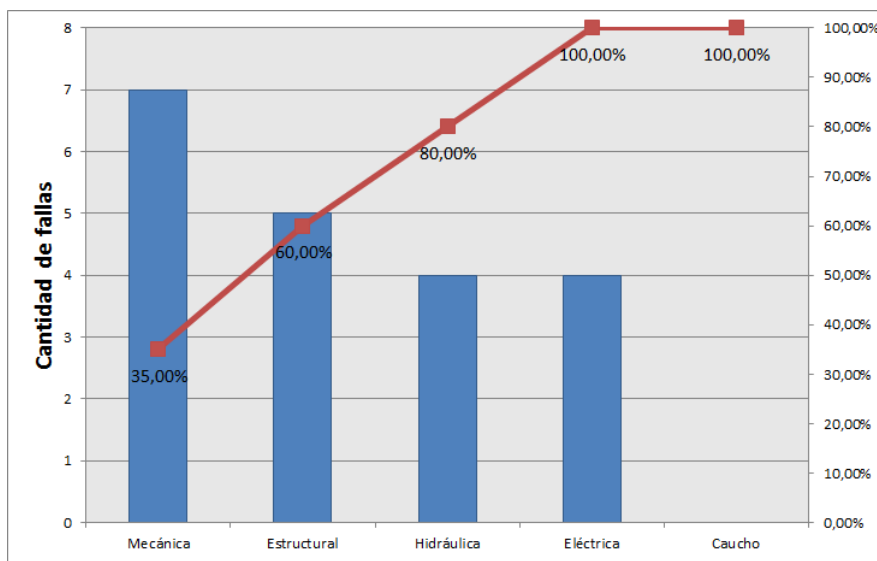


Figura 5.33: Pareto de fallas

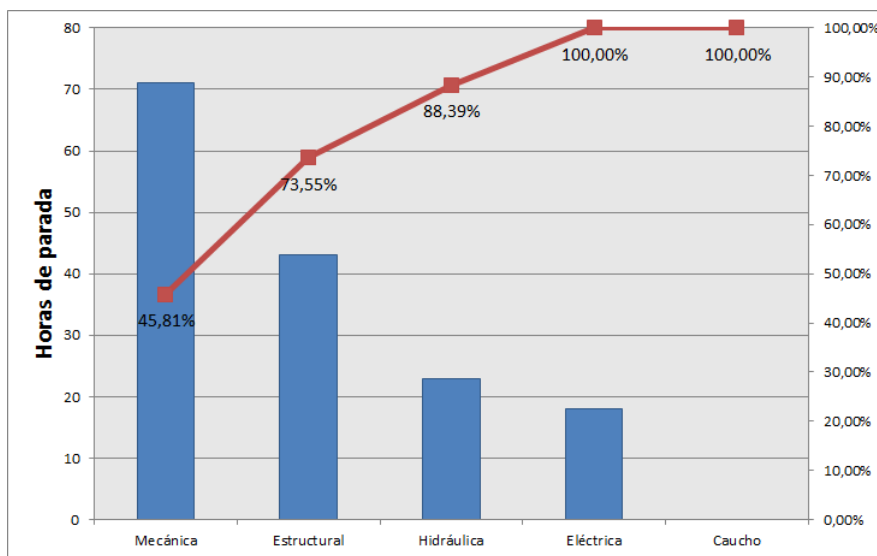


Figura 5.34: Pareto de horas

Donde se observa que el 80% de las fallas se agrupan en 3 rubros (mecánica, estructural e hidráulica) y que el 73,55% de la demoras se deben a fallas de tipo mecánico y estructural. Las fallas encontradas son:

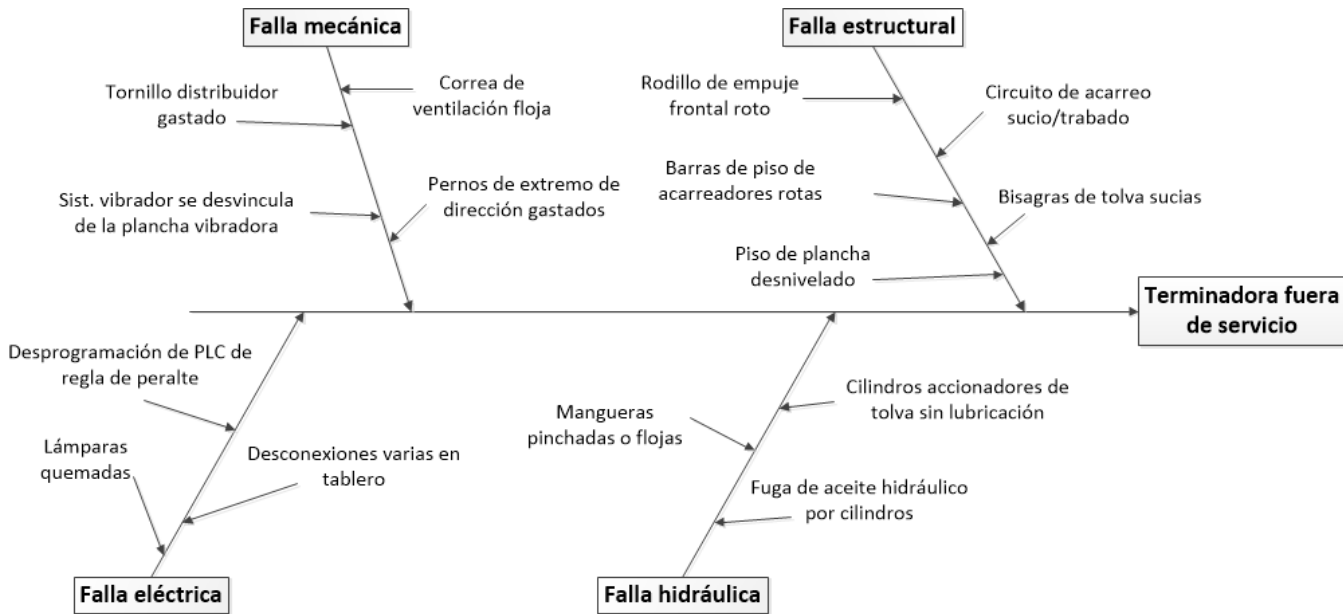


Figura 5.35: Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio

Se observa que las fallas que más horas de intervención generaron corresponden a las categorías Mecánica y Estructural y que dentro de la segunda categoría mencionada, hay fallas que tienen que ver con falta de limpieza y de mantenimiento preventivo.

5.6.1. Síntesis terminadora asfáltica TER 17

Las dos fallas de la categoría fallas mecánicas tienen que ver con la calidad del pavimento asfáltico. El tornillo sinfín encargado de distribuir el asfalto lateralmente sufre desgaste localizado en la zona de intersección con el circuito de acarreo, este desgaste genera una distribución no homogénea del asfalto y para su reparación es necesario un trabajo de herrería sobre las cazoletas de la zona central o una rotación de las mismas.

Fallas			
Mecánicas	Tiempo promedio	Estructurales	Tiempo promedio
Tornillo sinfín desgastado	35 hs	Circuito de acarreo trabado	20 hs
Sistema vibrador de plancha se desvincula	25 hs	Rodillo de empuje frontal roto	10 hs

Figura 5.36: Causas principales de demoras TER 17

5.7. Relación Mantenibilidad - Confiabilidad

Para obtener los indicadores de confiabilidad y de mantenibilidad se necesitan datos relacionados a los tiempos de funcionamiento y cantidad de paradas de las máquinas para un periodo determinado, la obtención de los mismos se realizó mediante la inspección de las tarjetas de mantenimiento de los últimos 3 años (periodo 2011/2013), mediante conversaciones con personal del taller y la inspección de documentos relativos a intervenciones tercerizadas.

Para cada máquina, en el apartado “trabajo realizado” de la tarjeta de mantenimiento se puede observar la fecha en que la máquina estuvo parada y la fecha en que la misma volvió a trabajar, siempre y cuando el operario deje constancia de ello en la tarjeta.

Los valores de los indicadores obtenidos según los datos consignados en las tarjetas de mantenimiento disponibles en el taller se muestran en los cuadros 4.7 y 4.8. Los valores de α obtenidos para cada máquina se grafican a continuación:

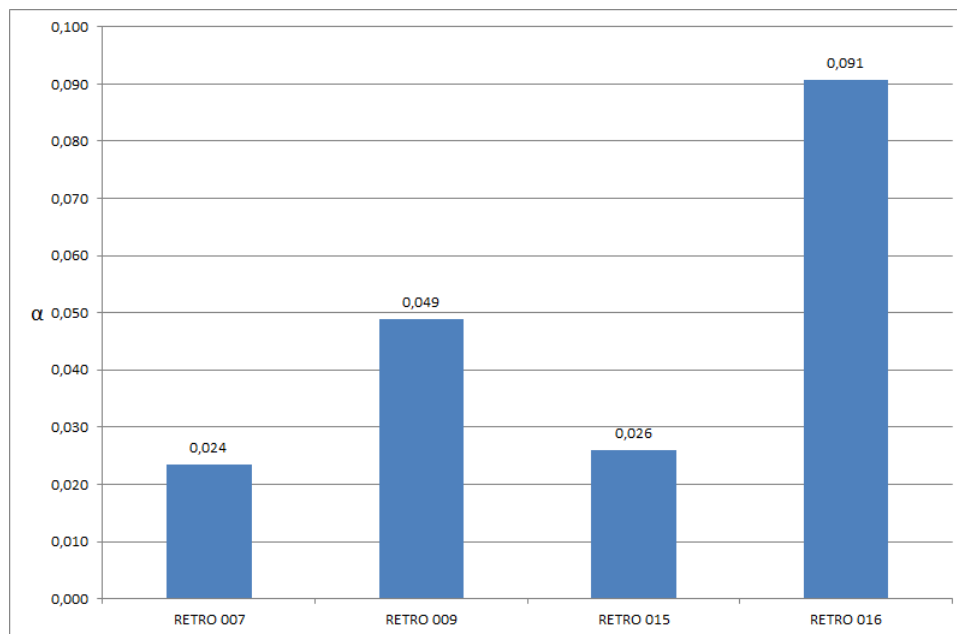


Figura 5.37: Excavadoras

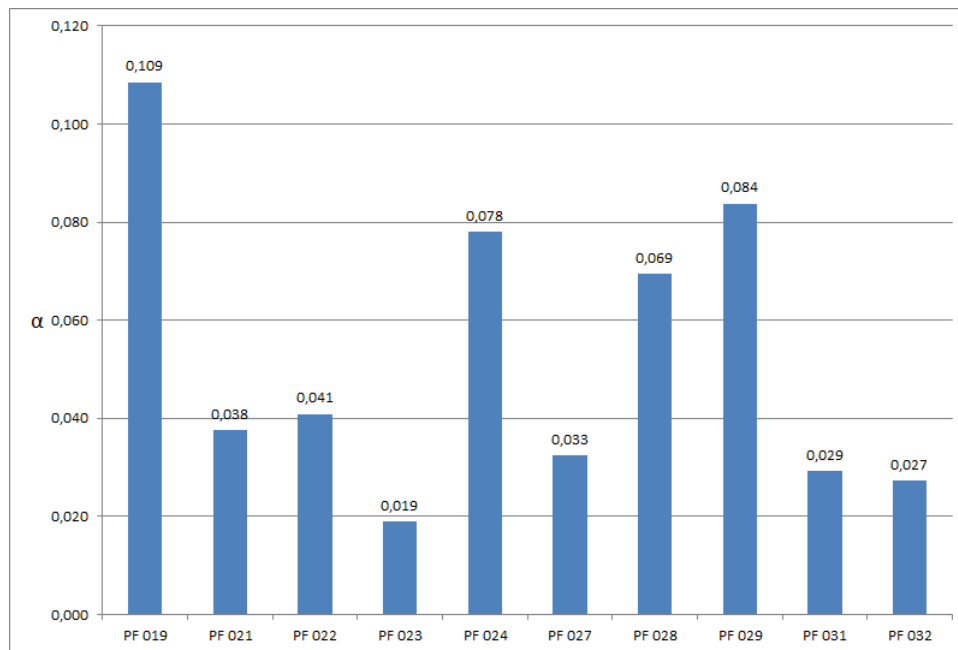


Figura 5.38: Cargadoras frontales

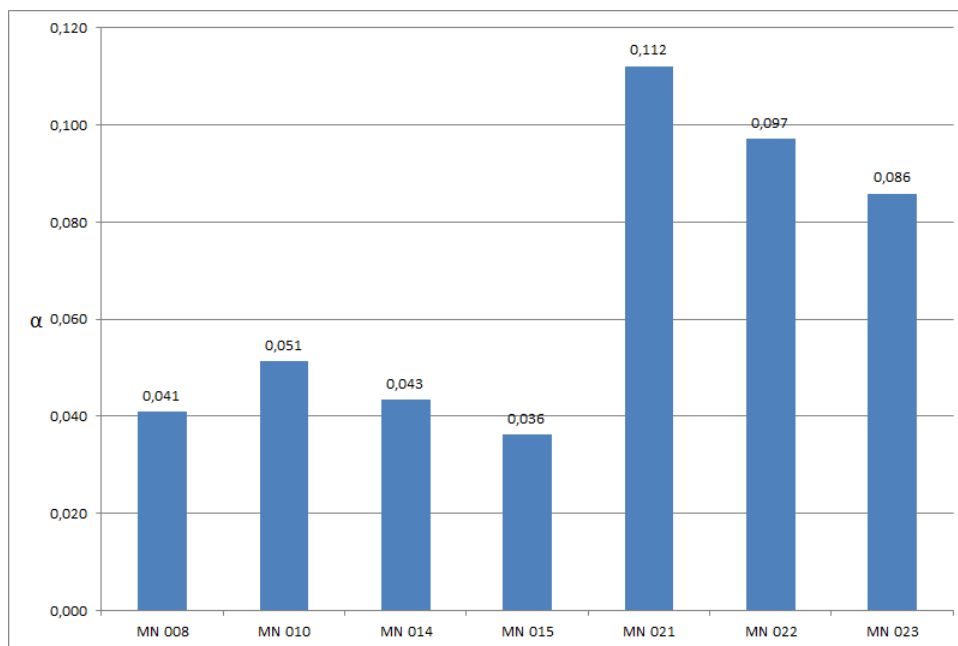


Figura 5.39: Motoniveladoras

Donde se puede observar que la cargadora frontal PF 019, la excavadora la RETRO 016, y la motoniveladora MN 021 tienen valores altos de α , lo que indica que dichas máquinas fallan muy seguido o sus reparaciones llevan mucho tiempo y habrá que analizarlas para ver cuáles son los motivos que hacen que las máquinas fallen tan seguido, que sus reparaciones lleven tanto tiempo o bien ambas cosas.

Los valores de α obtenidos para cada máquina se grafican a continuación:

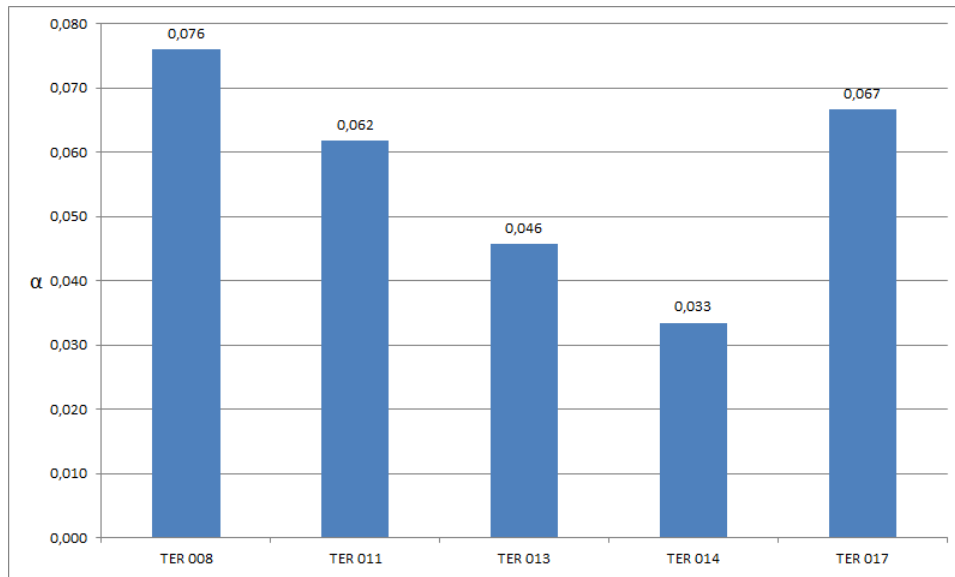


Figura 5.40: Terminadoras asfálticas

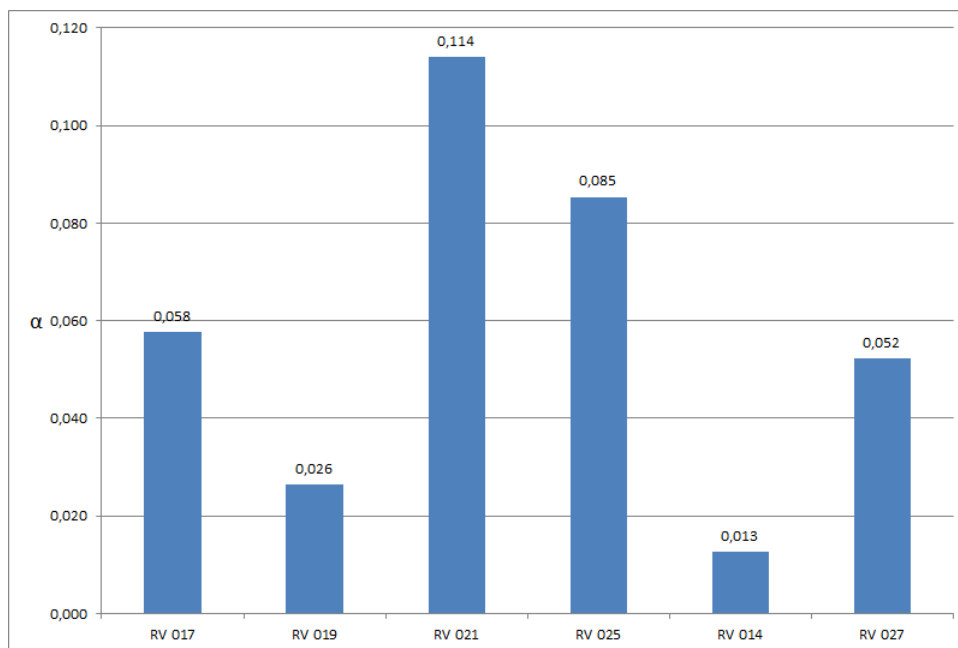


Figura 5.41: Rodillos vibratorios

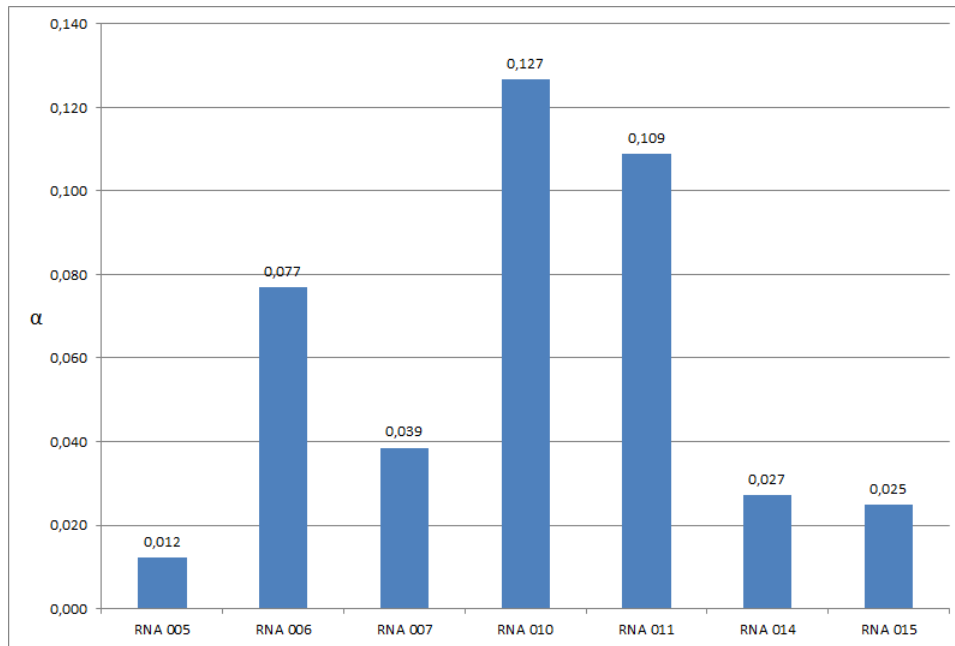


Figura 5.42: Rodillos de neumáticos

De donde se observa que los equipos TER 08, RV 021, y RNA 010 tienen altos valores de α y hacia esas máquinas deben orientarse los esfuerzos. Realizado esto, si se deseara se podrían empezar a seleccionar estas máquinas de manera individual para identificarlas y empezar a tomar las primeras medidas de seguimiento para las mismas. Por ejemplo la cargadora frontal con mayor puntuación es la PF 019, con un $\alpha = 0,086$. La misma es una Caterpillar 950 adquirida por la empresa en el año 1998. Esto nos permite comparar el estado de una máquina con respecto a otra.

El siguiente paso es determinar el motivo por el cual los equipos tienen esos valores de α . En el ejemplo anterior se observa que la cargadora frontal PF 019 tiene un valor de α igual a 0,086 y resulta conveniente determinar si las causas que hacen que la PF 019 tenga dicho valor se deben a problemas de mantenibilidad o de confiabilidad. Por este motivo se propone un método de categorización de los equipos en 4 categorías distintas según sus valores de MTBF y MTTR como se muestra a continuación.

5.8. Aplicación al parque de maquinaria elegido

5.8.1. Máquinas de movimiento de suelos

Debido a que el tiempo de trabajo mensual esperado para este tipo de máquinas es similar, los MTBF* y MTTR* serán los mismos para las excavadoras, motoniveladoras y cargadoras frontales. Los valores de referencia para estas máquinas se elegirán como se explicó más arriba: se elegirá el tiempo promedio de trabajo por mes para este tipo de máquinas (valor esperado en condiciones óptimas) y la cantidad de paradas y duración de cada parada se tomará de las tarjetas de mantenimiento como un valor promedio. Cabe destacar que la franja laboral para las máquinas de movimiento de suelo es menos susceptible a sufrir contratiempos climáticos o de tránsito.

$$T_i = 200 \frac{Hs}{Mes}$$

$$t_i = 8,71 \frac{Hs}{Mes}$$

$$n = 0,36 \frac{Paradas}{Mes}$$

Estos valores se obtuvieron de hacer el promedio de las t_i (313,875 horas en 3 años) dividido 36 meses, $313,875/36 = 8,71$ hs/mes y lo mismo para las paradas (n) De esta forma se obtiene:

$$MTBF^* = \frac{T_i}{n} = \frac{200}{0,36} = 555,5Hs.$$

$$MTTR^* = \frac{t_i}{n} = \frac{8,71}{0,36} = 24,19Hs.$$

De acuerdo a estos valores ya quedan establecidas las condiciones para establecer la situación en la que se encuentra cada máquina de acuerdo al gráfico propuesto:

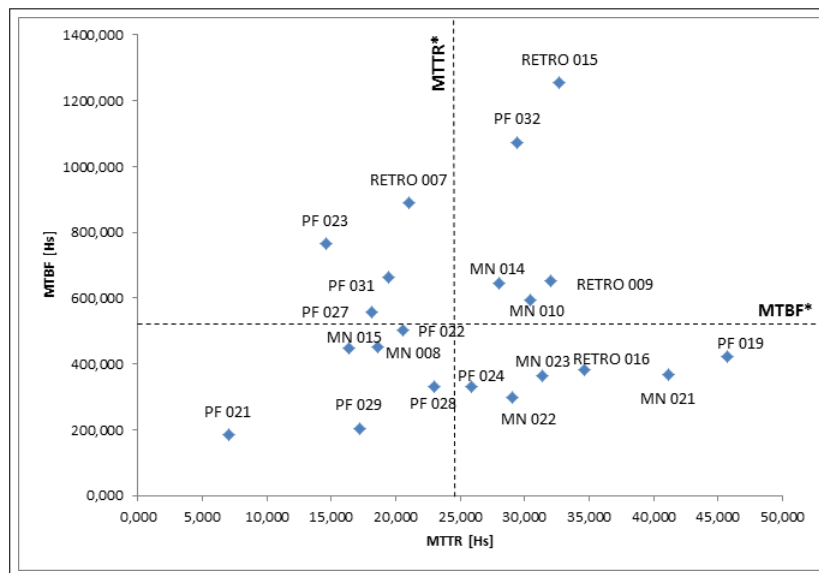


Figura 5.43: Categorización equipos mov. de suelos

De donde puede observarse lo siguiente:

- Las máquinas en la situación 1 son: RETRO 007, PF 023, PF 031, PF 027.
- Las máquinas en la situación 2 son: RETRO 015, RETRO 009, PF 032, MN 014, MN 010.
- Las máquinas en la situación 3 son: PF 021, PF 022, PF 028, PF 029, MN 008, MN 015.
- Las máquinas en la situación 4 son: PF 019, PF 024, RETRO 016, MN 021, MN 022, MN 023.

Es decir, la mayoría de los equipos de movimiento de suelo se ubican en las situaciones 3 y 4, sólo 4 de ellos se ubican en la situación 1, que es la ideal.

5.8.2. Rodillos compactadores

El tiempo de trabajo promedio esperado para rodillos compactadores (de tambor liso vibratorio y de neumáticos) es de 150 horas por mes y de las tarjetas de mantenimiento se obtiene que la cantidad de fallas promedio en un mes es $15,53/36 = 0,43$ fallas por mes con una duración promedio para reparar cada falla de $85,23/36 = 2,36$ horas por mes.

Entonces:

$$T_i = 150 \frac{Hs}{Mes}$$

$$t_i = 2,36 \frac{Hs}{Mes}$$

$$n = 0,43 \frac{Paradas}{Mes}$$

o 1 parada cada 2 meses.

$$MTBF^* = \frac{T_i}{n} = \frac{150}{0,43} = 348,84 Hs.$$

$$MTTR^* = \frac{t_i}{n} = \frac{2,36}{0,43} = 5,485 Hs.$$

El gráfico obtenido para las máquinas de compactación es:

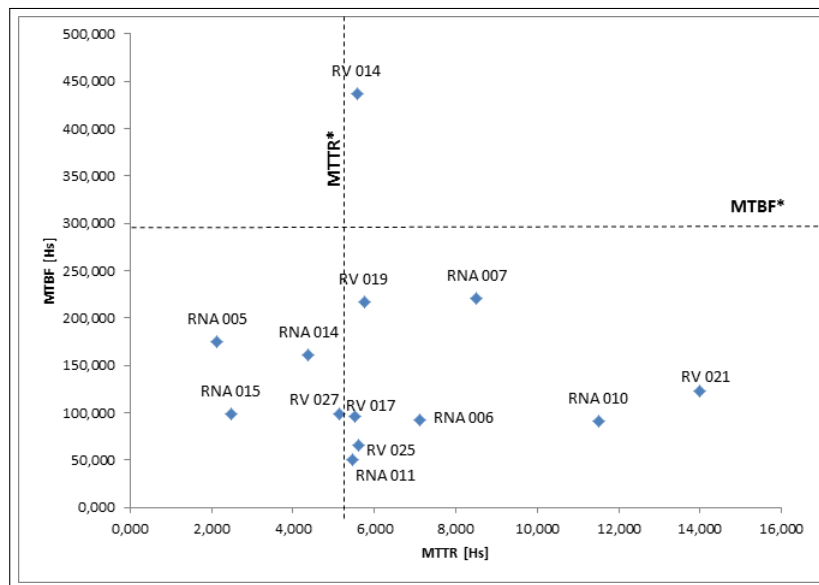


Figura 5.44: Categorización rodillos compactadores

Para el caso de los rodillos compactadores se observa que el cuadro es más restrictivo debido a los altos valores de $MTBF^*$ y $MTTR^*$ que se obtiene para estas máquinas, ya que las mismas deberán superar valores de frontera mayores para ubicarse en situaciones favorables. Al igual que en el caso anterior se observa la situación en la que se encuentra cada máquina según se describió más arriba para el gráfico de manera genérica.

5.8.3. Terminadoras asfálticas

Los datos son:

$$T_i = 120 \frac{Hs}{Mes}$$

$$t_i = 3,77 \frac{Hs}{Mes}$$

$$n = 0,37 \frac{Paradas}{Mes}$$

Entonces

$$MTBF^* = \frac{T_i}{n} = \frac{120}{0,37} = 324,32Hs.$$

$$MTTR^* = \frac{t_i}{n} = \frac{3,77}{0,37} = 10,19Hs.$$

El gráfico para la situación de las terminadoras asfálticas es:

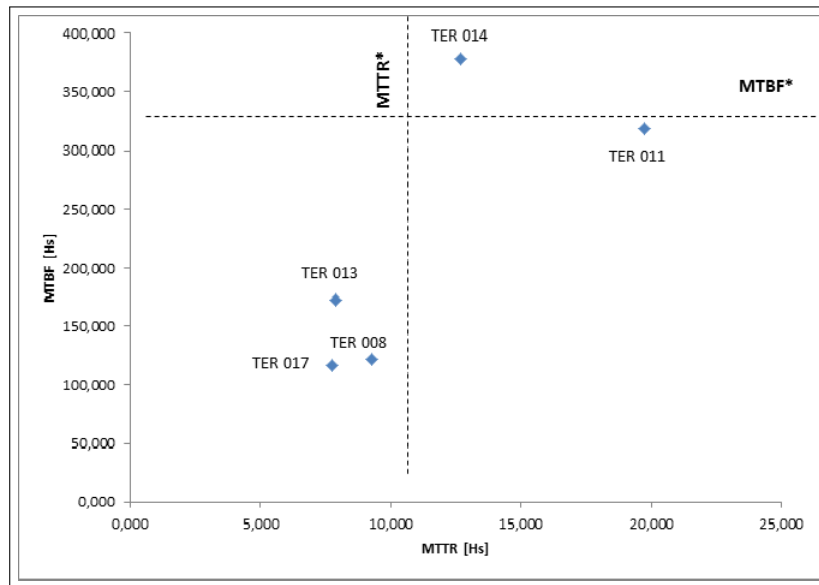


Figura 5.45: Categorización terminadoras asfálticas

Para el caso de las terminadoras asfálticas también se observa que el gráfico es más restrictivo debido a los valores de $MTBF^*$ y $MTTR^*$.

5.9. Resumen de datos

		SITUACIÓN			
		1	2	3	4
MÁQUINAS	Movimiento de suelos	RETRO 007	RETRO 015	PF 021	PF 019
		PF 023	RETRO 009	PF 022	PF 024
		PF 027	PF 032	PF 028	RETRO 016
		PF 031	MN 014	PF 029	MN 021
			MN 010	MN 008	MN 022
	Compactación			MN 15	MN 023
			RV 014	RNA 005	RV 017
				RNA 014	RV 019
				RNA 015	RV 021
				RNA 027	RV 025
					RNA 006
					RNA 007
					RNA 010
	Terminadoras asfálticas				RNA 011
			TER 014	TER 008	TER 011
				TER 013	
				TER 017	

Cuadro 5.7: Resumen de datos

De los datos obtenidos se puede observar que:

- Los equipos en la situación 1, que es la óptima, son todos equipos de movimiento de suelo.
- Comparando la situación 2 (problemas de mantenibilidad) con la situación 3 (problemas de confiabilidad) se puede observar que 7 equipos se encuentran en la situación 2 y 13 equipos en la situación 3, lo que muestra que los MTTR de los equipos, en general están por debajo del MTTR* (crítico) y es una señal de que en el taller no hay mayores problemas a la hora de realizar una intervención, ya que los tiempos empleados para esta actividad cuantificados mediante el MTTR suelen ser menores al MTTR*, sin considerar la situación 4. El principal problema se encuentra en la situación 3, donde la confiabilidad medida mediante el MTBF es baja. Se puede observar que si bien los equipos en las situaciones 2 y 3 fallan mucho, estas fallas suelen repararse rápido.
- La mayoría de los equipos se encuentran en la situación 4, que es la menos favorable.

5.10. Conclusión parcial

En este capítulo se mostró la situación actual del parque de maquinaria vial que está a cargo del taller central de mantenimiento de la empresa. La inspección de la documentación relativa a las intervenciones de mantenimiento de cada máquina permitió obtener los indicadores mostrados con respecto a las mismas, la cantidad y tipo de fallas que tuvieron durante el periodo de estudio y la cantidad de horas que estuvieron detenidas por intervenciones para resolver las mismas, y realizar los diagramas de Pareto para identificar qué tipos de falla son las que más se repiten y las que más tiempo demoran, obteniendo así una herramienta para decidir hacia dónde dirigir los esfuerzos con el fin de mejorar el desempeño del taller y poniendo

en evidencia cuales son los equipos con problemas de confiabilidad, mantenibilidad o ambos.

La información obtenida también permite estimar la disponibilidad de las máquinas. Si durante algún periodo se decidiera alcanzar un determinado nivel de disponibilidad de maquinaria, con estos datos se puede apreciar la situación actual para comprender por qué no se tienen los niveles de disponibilidad requeridos. La aplicación de los diagramas de Pareto se realizó en todos los casos para la máquina que más tiempo estuvo detenida y permitió visualizar a qué tipo de fallas corresponde el mayor número de intervenciones sobre la máquina y las horas de detención.

Para el apartado de categorización, los diagramas de dispersión obtenidos permiten el planteo de objetivos con respecto a cada equipo, es evidente que el objetivo de posicionar a todos los equipos en la categoría 1 resulta ambicioso, pero con la categorización planteada se pueden establecer objetivos parciales para mejorar los indicadores de cada equipo y así lograr mejoras graduales que permitan que los equipos se acerquen paulatinamente a los valores de frontera hasta ubicarse en una nueva categoría. Ahora bien, para lograr mejoras graduales que impacten positivamente en sus indicadores de confiabilidad y mantenibilidad, primero se se deben conocer dos aspectos relevantes:

- Los tipos de fallas que más se repiten.
- Los tipos de fallas cuyas reparaciones demandan más tiempo.

Resolviendo los problemas de mantenibilidad para los equipos en situación 2 y de confiabilidad para los equipos en situación 3, se espera que los mismos puedan mejorar sus indicadores MTBF y MTTR de tal manera que, mediante la identificación y solución de dichos problemas, estos equipos puedan mejorar sus indicadores para estar más próximos a una situación mejor, para tal fin se realiza un análisis por tipo de fallas para estas máquinas que se clasifican en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y de caucho con el objetivo de tener un panorama más amplio de las fallas que generan los inconvenientes y que, en última instancia son las que dan origen a la categoría de cada máquina.

Capítulo 6

Análisis M.B.R.

Con el objetivo de analizar los paros de producción causados por fallas de equipos, se elegirá un equipo representativo para aplicar el análisis M.B.R. y generar un aporte que permita reducir el tiempo de parada del equipo por una falla en particular y que pueda ser aplicado al resto del parque de maquinaria.

6.1. Análisis de paros largos

El método M.B.R. o (Major Breakdown Report) permite analizar los paros de producción debidos a fallas en los equipos que por su duración generan pérdidas de producción. Es un método orientado a resolver problemas de mantenibilidad de los equipos, es decir, fallas que son poco frecuentes pero cuya ocurrencia genera tiempos de parada considerables.

6.2. El equipo y la falla

Dentro del parque de máquinas analizado en el presente trabajo, hay algunos cuyas fallas, en comparación con otros equipos, tienen mayor incidencia en la calidad superficial del pavimento asfáltico. Por este motivo se analizarán los rodillos vibratorios de la empresa.

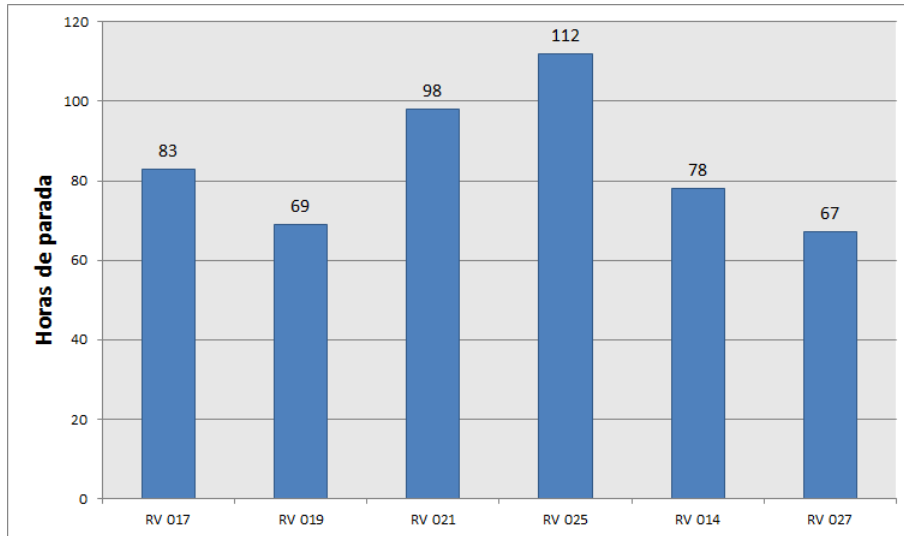


Figura 6.1: Tiempo de intervenciones rodillo vibratorio

Como se vio en el capítulo anterior y en el gráfico de arriba, el rodillo vibratorio que más horas de reparación tuvo en el periodo considerado es el RV 25. El mismo es un rodillo doble tambor modelo 2005 marca Caterpillar CB 534. Es necesario ver como se agrupan las horas de parada según el tipo de falla.

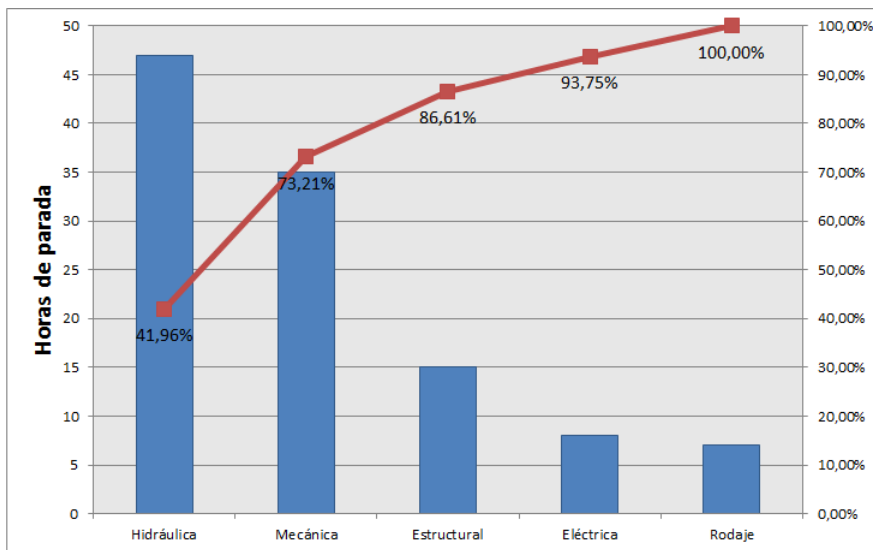


Figura 6.2: Pareto de horas

Como se observa, el 73,24% de las horas de parada se debe a fallas hidráulicas y mecánicas. Por tener un mayor vínculo con la calidad del pavimento se eligen las fallas mecánicas, encontrándose que los desperfectos mecánicos que más horas de detención generaron tienen que ver con el circuito de riego de los tambores del rodillo vibratorio.

6.2.1. Informe de paros largos

INFORME DE PAROS LARGOS (MAJOR BREAKDOWN REPORT)

Resp. Prod:	Resp. Mto:	Servicio:
Taller central	25/08/2013	

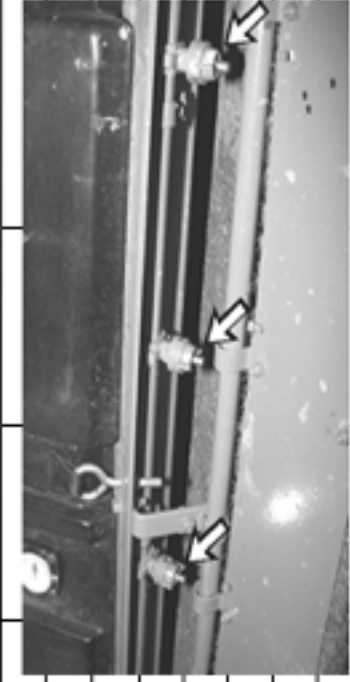
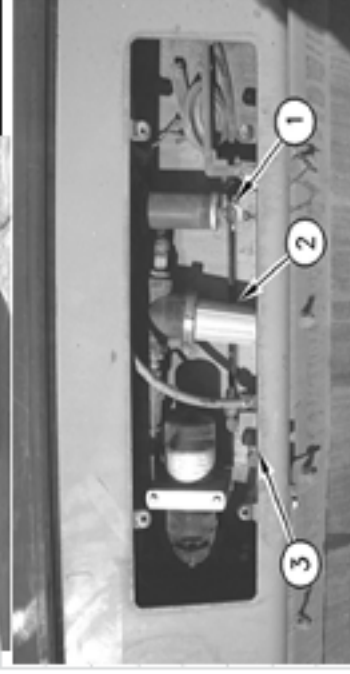
Depto.	Fecha del paro
Tren de asfalto	1 hs
Unidad/sector	Paro de linea
Rodillo vibratorio RV25	3 hs
Equipo	Paro del equipo
Circuito de riego de tambores	2 hs
Parte	Tiempo de reparación
Obstrucción de boquillas de riego	Responsables presentes
1	

RESUMEN DEL PARO

Evento	Desde	Hasta	Minutos	Tareas realizadas
Rodillo vibratorio deja huellas por fragmentos de asfalto adheridos al tambor	11:00	11:20	20	Se observa mucho asfalto adherido al tambor, se detiene el rodillo y se limpian los tambores,
	11:20	11:35	15	Inspecciones varias. Nivel de agua OK, agua sucia, bomba de agua OK, filtro de agua obstruido, boquillas de riego están obstruidas.
	11:40	12:10	30	Desmontaje y limpieza de boquillas. Obstrucción con tierra proveniente del tanque de agua.
	12:10	13:00	50	Limpieza del tanque y recarga con agua limpia, limpieza y colocación de filtro, drenaje de mangueras. Colocación de boquillas de riego y verificación de funcionamiento resultando OK.

DETALLE DE LA FALLA

ACCIONES CORRECTIVAS REALIZADAS
1) Inspección y limpieza de tambores de rodillo eliminando rugosidades.
2) Limpieza de circuito de riego, incluyendo tanque de agua, boquillas, mangueras y filtro.
3) Colocación de boquillas y filtro. Se da aviso de no usar agua de fuentes cercanas al obrador (arroyos)



Se observa que la causa raíz de la falla es la obstrucción del circuito de riego por el uso de agua sucia de las cercanías de los obradores. El siguiente paso es determinar las actividades de carácter autónomo que pueden realizar los operarios con el fin de prevenir esta y otras fallas o remediarlas si llegasen a ocurrir.

6.3. Actividades de mantenimiento autónomo

Las actividades de mantenimiento autónomo referidas a la falla determinada mediante el análisis M.B.R. y referidas a otras fallas que generan paradas del equipo se presentan a continuación, como hojas estándar de mantenimiento autónomo y luego se presentan las lecciones de un punto referidas a las actividades que los operarios deben realizar.

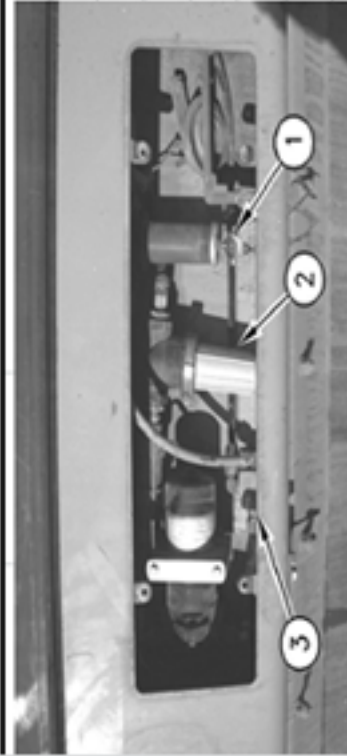
6.3.1. Hojas estándar de mantenimiento autónomo y lecciones de un punto

Las actividades de mantenimiento autónomo pueden abarcar desde la limpieza e inspección del equipo hasta actividades de lubricación y reemplazo de consumibles. Se presentan a continuación las hojas estándar de mantenimiento autónomo para las actividades de inspección y mantenimiento que estarán a cargo del operario del rodillo vibratorio. Nuevamente las actividades se eligieron priorizando la prevención de fallas que puedan impactar en la calidad superficial del pavimento asfáltico, es por ello que también se hace hincapié en los elementos de filtración ya que, por ejemplo, una falla en la bomba del circuito hidráulico podría dejar sin tracción al rodillo que quedaría estacionado sobre la mezcla asfáltica caliente, dejando una huella que luego se deberá reparar.

HOJA ESTANDAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

EQUIPO: Rodillo Vibratorio doble tambor		UBICACIÓN:	Ficha N°
MARCA: Caterpillar CB-534			
Pinza pico de loro - Trapo - Balde - Espátula			
Herramientas a preparar			
Medidas de seguridad		Motor apagado y frío - Freno de parking colocado - Remover filtros lentamente para liberar presión	

Indicaciones gráficas

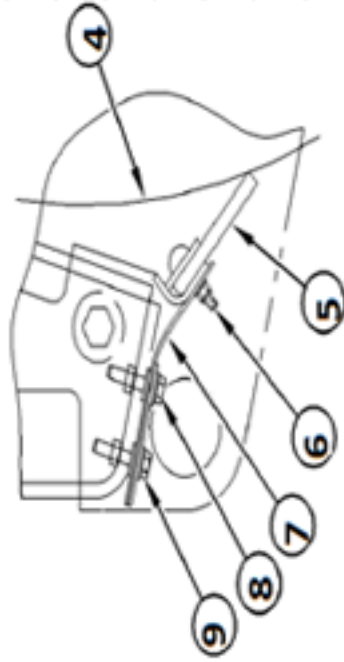


Ref.	Descripción de la parte	Tareas a realizar	Método de trabajo	Herramientas a utilizar	Frecuencia realización
1	Sistema regador	Drenar agua de tanque de agua abriendo válvula (1)	Manual	-	Diaria
2		Drenar agua del filtro de agua y del vaso del filtro	Manual	Pico de loro	Diaria
3		Drenar la bomba de agua abriendo la válvula (3)	Manual	-	Diaria
4	Tambores frontal y trasero	Verificar nivel de desgaste y estado de ajuste de rascadores.	Visual	-	Semanal
5		Verificar funcionamiento orientación de boquillas de riego.	Visual	-	Semanal
6		Limpiar tambores y controlar que no tengan rugosidades adheridas	Manual	Espátula	Diaria
7	Filtro de aceite hidráulico	Reemplazar filtro de aceite hidráulico. Descartar adecuadamente el anterior	Manual	Pico de loro - Trapo - Balde	Mensual

HOJA ESTANDAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

EQUIPO: Rodillo Vibratorio doble tambor		UBICACIÓN:	Ficha N°
MARCA: Caterpillar CB-534			
Grasa multipropósito - Grasera - Trapo - Compresor - Cepillo de acero - Llave inglesa			
Motor apagado y frío - Freno de parking colocado - Tambor frío			
Medidas de seguridad			

Indicaciones gráficas



Ref.	Descripción de la parte	Tareas a realizar	Método de trabajo	Herramientas a utilizar	Frecuencia realización
1	Rodamientos de articulación central	Lubricar pasadores de dirección superior (1) e inferior(2)	Manual	Grasa multipropósito NGLI2 - Grasera - Trapo	Bimestral
2					
3	Filtro de aire primario	Limpiar y soplear con aire comprimido	Manual	Compresor de aire	Semanal
4	Rascadores de tambor	Verificar distancia al tambor	Visual	-	Semanal
5		Revisar rascador y eliminar toda la suciedad que pueda tener	Visual - Manual	Cepillo de acero	Semanal
6		Verificar ajuste de bulón de rascador	Manual	Llave inglesa	Semanal
7		Verificar que los resortes no estén descomprimidos	Visual	-	Semanal
8		Ajustar los bulones 8 y 9 a un torque máximo de 54 N.m	Manual	Llave inglesa	Semanal
9					

LECCIÓN PUNTUAL DE TRABAJO

Tema Básico Mejora Falla Preparó:

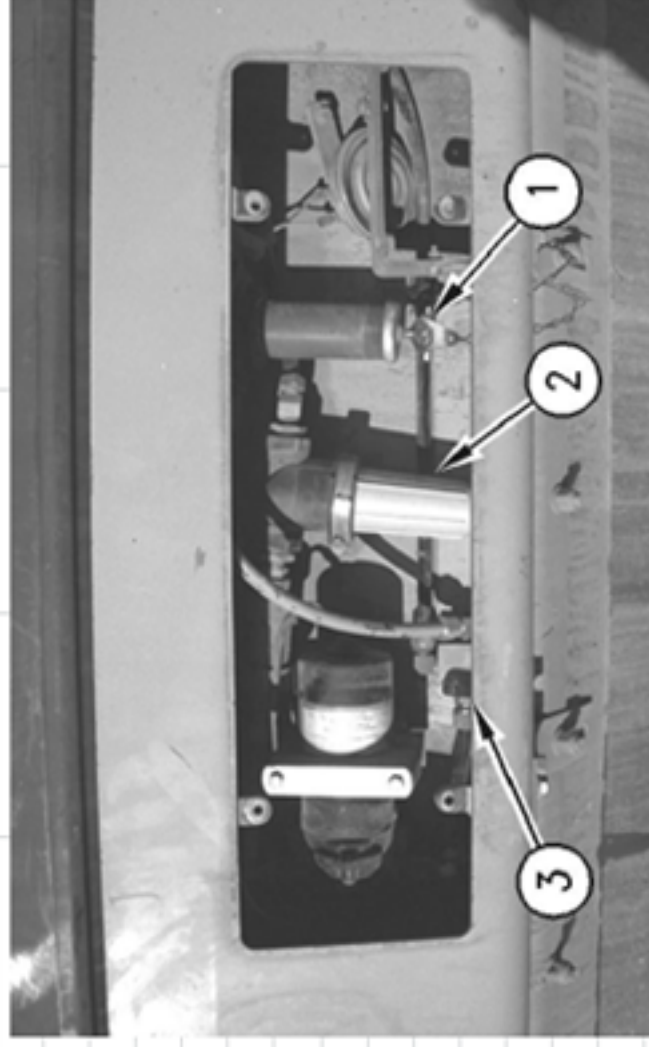
Fecha:

Aprobó:

Tema: *Drenaje circuito de riego*

El circuito de riego debe estar limpio y sin obstrucciones ya que si los tambores no están húmedos al compactar se les puede adherir la mezcla asfáltica hasta consolidar una rugosidad importante en el tambor que dejará huellas.

Con el equipo detenido y con el freno parking colocado se debe abrir la válvula de drenaje (1) para vaciar el tanque de agua, quitar el vaso del filtro y el filtro de agua (2) para liberar el agua contenida y abrir la válvula de drenaje (3) de la bomba de agua. Llenar el tanque con agua LIMPIA de una fuente segura para evitar sedimentos en el tanque y obstrucciones en el circuito.



Registro de formación

Fecha

Formador

Asistente

Fecha

Formador

Asistente

LECCIÓN PUNTUAL DE TRABAJO

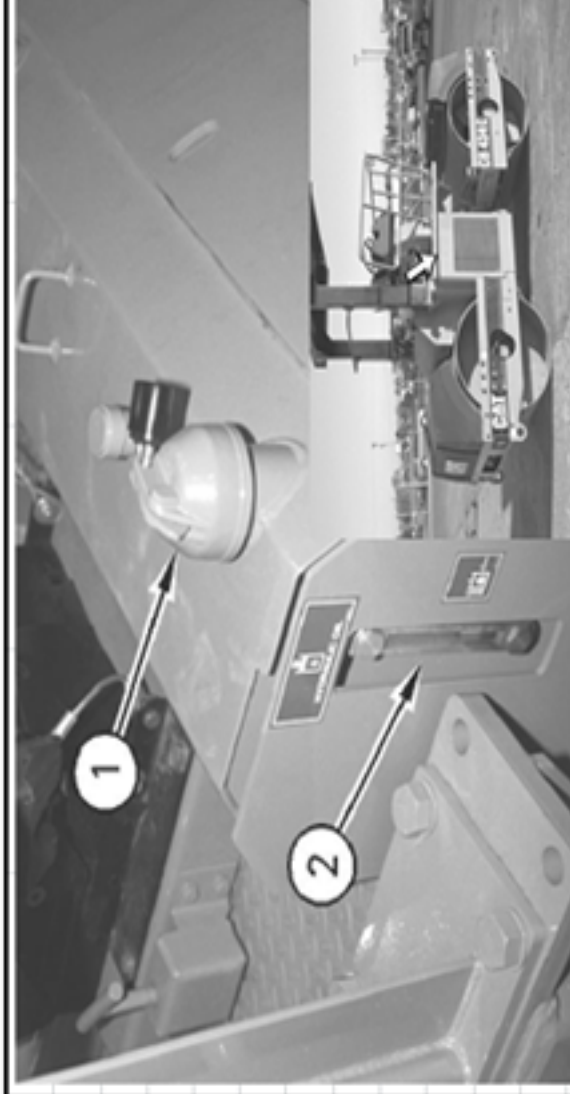
Tema Básico Mejora Falla Preparó:

Fecha: Aprobó:

Tema: *Reemplazo de filtro de aceite hidráulico*

Preparar baldes y contenedores adecuados para juntar allí el aceite hidráulico viejo que pueda salir del filtro. Evitar derrames. Realizar el cambio en ambiente libre de polvo para proteger los nuevos filtros y aceites. **TRABAJAR SIEMPRE CON MOTOR APAGADO, FRIO Y FRENO PARKING COLOCADO.**

Remover lentamente el tapón de la boca de llenado (1) del depósito de aceite hidráulico para liberar cualquier presión remanente en el sistema. Abrir la compuerta del lado derecho y al medio del rodillo. Quitar el filtro viejo y desecharlo adecuadamente. Limpiar la base portafiltro y aplicar una fina capa de aceite al sello del nuevo filtro. Instalar el nuevo filtro. Cuando el sello toca la base dar un ajuste extra de 3/4 de vuelta. Encender el motor y esperar a que el aceite hidráulico gane temperatura. Mantener el aceite al nivel de la marca indicada en el visor (2). Agregar aceite si es necesario. Cerrar compuerta.



Registro de formación

Fecha
Formador
Asistente

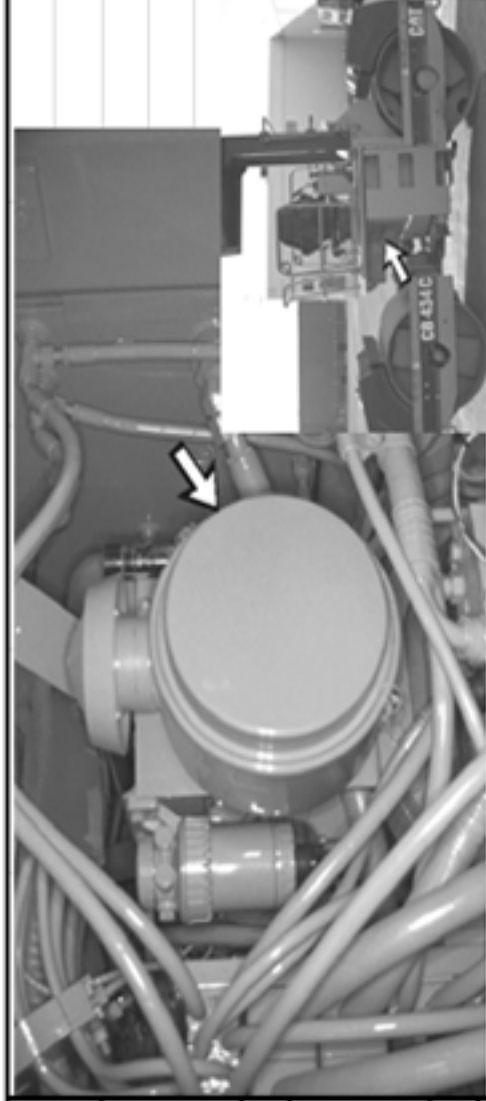
Fecha
Formador
Asistente

LECCIÓN PUNTUAL DE TRABAJO

Tema	Básico <input checked="" type="checkbox"/> Mejora <input type="checkbox"/> Falla <input type="checkbox"/>	Preparó:	Fecha:	Aprobó:
------	---	----------	--------	---------

Tema: *Cambio de filtro de aire del motor*

<p>El filtro de aire del motor debe cambiarse cuando el piston amarillo en el indicador del filtro se acerca a la zona roja o cuando los gases de escape son mas oscuros de lo normal.</p> <p>El contenedor del filtro de aire se ubica detrás de la puerta de acceso del lado izquierdo..Aflojar los clamps, quitar la capa y sacar el filtro primario.</p> <p>Cubrir el orificio de entrada de aire y limpiar el interior del contenedor del filtro. Liberar el orificio de admisión de aire y colocar el nuevo filtro.</p> <p>Colocar el filtro primario y la tapa de la carcasa del filtro.</p> <p>Para reiniciar el elemento indicador del filtro de aire, presionar el botón que está arriba del indicador.</p>	
---	--



Registro de formación	Fecha	Fecha	Fecha
	Formador	Formador	Formador
	Asistente	Asistente	Asistente

6.4. Repuestos

Dentro de los casos analizados en las hojas estándar de mantenimiento autónomo, el único elemento consumible que debe ser renovado a intervalos fijos es el filtro de aceite hidráulico. El mismo tiene una frecuencia de recambio mensual o de 200 horas. Esto no quiere decir que este elemento sea el único repuesto a considerar para realizar planificaciones, pero se lo considera como ejemplo a los fines de obtener un lote óptimo de pedido.

La empresa cuenta con 3 rodillos vibratorios que utilizan el mismo filtro de aceite hidráulico, a saber:

Código interno	Marca	Modelo	Fecha adq.
RV 17	Caterpillar	CB 214 C	1999
RV 25	Caterpillar	CD 533	2005
RV 27	Caterpillar	CB 534 D	2010

Figura 6.3: Rodillos vibratorios Caterpillar

El repuesto original es el Filtro de aceite hidráulico Caterpillar SH 54510. Considerando que cada rodillo necesita 1 filtro por mes y suponiendo un escenario donde los 3 rodillos deban estar trabajando, para un año serán necesarios 36 filtros de aceite hidráulico.

El lote óptimo de pedido se obtiene a partir de los siguientes parámetros:

- C_u : Es el costo unitario del repuesto. En este caso es \$350.
- C_a : Es el costo de realizar un pedido, el costo de adquisición. Incluye gastos de tipo administrativo, para este caso se lo estima en \$150.
- D : Es la demanda anual del artículo. Con base en el escenario de 3 rodillos trabajando simultáneamente descrito en el párrafo anterior, este valor es de 36 piezas por año.
- Es la carga financiera por tener el artículo inmovilizado en el almacén. Se da el valor de 30 % anual.

La expresión para el lote de pedido que minimiza los costos por pedido es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_a \cdot D}{C_u \cdot i}} \quad (6.1)$$

Reemplazando los valores consignados se obtiene que el lote óptimo de pedido es de 12 filtros por año. Considerando que el tiempo de entrega de los mismos es de 5 días hábiles, el momento de realizar un nuevo pedido será bastante flexible. Puede decirse que el punto de reórden para este repuesto será cuando haya 2 en stock.

6.5. Conclusión parcial

A modo de ejemplo se presentó la aplicación del método M.B.R. y la confección de guías de mantenimiento autónomo en base a lo obtenido a través de dicho método. Esto sirve de guía para aplicar al resto del parque de maquinaria, identificar las causas de los paros largos y proponer medidas de prevención. Luego se realizó el cálculo del lote óptimo de pedido para un elemento en particular, punto de reorden y el intervalo de realización de dichos pedidos, nuevamente con fines orientativos tomando como ejemplo el filtro de aceite hidráulico del rodillo vibratorio analizado.

Capítulo 7

Herramientas de gestión de mantenimiento. Técnicas de análisis de averías. Aplicaciones

En el capítulo anterior se realizó un análisis M.B.R. para analizar los paros largos de producción y generar documentos de automantenimiento. En el presente capítulo se proponen dos herramientas nuevas para el tratamiento de fallas: el análisis P.M. y un análisis de fallas que incluye el impacto de las fallas según varios aspectos considerados por personal del taller central.

La aplicación de las herramientas de mantenimiento en la industria manufacturera ha demostrado ser beneficiosa para la gestión de las tareas relacionadas a ésta área. En el caso de la maquinaria de construcción, debido a aspectos algunas veces flexibles en cuanto a plazos, el mantenimiento de las mismas suele pasar a un segundo plano y el funcionamiento ordenado de esta área rara vez es un objetivo a cumplir.

Con la aplicación de las herramientas de mantenimiento se espera obtener buenos resultados en cuanto al análisis de las fallas y la mejora de la mantenibilidad de los equipos.

7.1. Análisis de fallas

Se realiza una variación en el formato original del AMFE en el sentido de que el resultado no es un índice de prioridad de riesgo según la gravedad, detectabilidad y probabilidad de ocurrencia de cada falla, sino que se realiza la valoración de las mismas según aspectos relacionados a la confiabilidad (Frecuencia de la falla) y a la mantenibilidad (apoyo logístico requerido, acciones tercerizadas). Considerando esto, mediante conversaciones con el jefe del taller se proponen otros criterios a ser calificados para obtener un valor de criticidad que permita la valoración de la falla. A cada uno de estos criterios se le asignó un “peso” para representar la importancia de la falla según 4 aspectos distintos:

1. Impacto en proceso: Con este criterio se busca cuantificar la forma en que la falla de una determinada máquina afecta a otro grupo de máquinas que se encuentran desarrollando una tarea en conjunto. En algunos casos, ante la falla la máquina podrá seguir trabajando sin una reducción de sus funciones o

la misma podrá ser reemplazada por otro equipo. En otros casos la falla de la máquina imposibilitará el trabajo de otros equipos. Por ejemplo una cargadora frontal que esté cargando un camión para transporte de suelo y tierra y cuya falla la saque de servicio, afectará al camión volcador. Este deberá esperar a otra máquina o a la reparación de la que falló para continuar con su actividad.

2. Impacto en seguridad: Se busca cuantificar la medida en que la seguridad de instalaciones, equipos y personal podría verse comprometida ante una eventual falla. La valoración de este aspecto va desde 0 (No hay impacto en seguridad) hasta 4 (Pérdida de capacidad de maniobra de la máquina). La valoración de este aspecto podría ser mayor, ya que todo fenómeno que comprometa la integridad del personal debe ser considerado como crítico, por más que dicho fenómeno tenga poca probabilidad de ocurrencia o no sea muy grave. Sin embargo, una valoración excesiva de este aspecto podría hacer que el resto de los aspectos relativos al mantenimiento pasen a un segundo plano y que se sobrevalore una falla, desviando así el objetivo principal del presente trabajo que está relacionado a mejoras en las tareas de mantenimiento.
3. Mantenibilidad: Habiendo definido el concepto de mantenibilidad en capítulos anteriores, con este criterio se busca evaluar la complejidad de la tarea de mantenimiento requerida para remediar la falla. Se consideraron aspectos como la posibilidad de reparación en obra, acción requerida, apoyo logístico necesario y disponibilidad de repuesto, entre otros.
4. Frecuencia: Para la frecuencia de las fallas se estableció un rango que busca ser lo suficientemente abarcativo. Desde 1 falla cada 2000 horas (o 1 falla por año) hasta 1 falla cada 50 horas (o 1 falla por semana).

A los fines de aplicar otra herramienta de mantenimiento para conseguir mejoras en la confiabilidad de los equipos, se presenta el Análisis PM. Esta herramienta fue concebida para alcanzar el nivel de cero defectos a través de la eliminación de fallas crónicas que otras herramientas no alcanzan a detectar. Es decir, busca reducir a cero la frecuencia de las fallas mencionadas.

7.2. Análisis PM

Una vez realizados los análisis de fallas, a las de mayor categorización se les realizara un análisis P-M:

1. Para entender como falla un sistema y obtener una descripción de dicha falla en términos físicos.
2. Ver el vínculo de la falla con las variables del proceso (5M).
3. Realizar propuestas de mejora.

El método se presenta y se aplica en el apartado 7.6.

7.3. Lecciones de un punto

Se tomará el concepto de “Lecciones de un punto” definido en la filosofía T.P.M. para generar indicaciones claras de las actividades diarias de inspección y mantenimiento a realizar sobre cada máquina. El formato para las Lecciones de un Punto se eligió para que sea lo más simple posible y que brinde el espacio necesario para poner las indicaciones de las actividades. En este caso no se presentan con un registro de formación ya que será documentación que quedará guardada en los equipos.

7.4. Aplicaciones

7.5. Análisis de fallas

Se realiza un análisis de falla donde se analizan algunos componentes de los equipos, se describe su modo de falla y se ve el impacto que el mismo tiene en 4 criterios, a saber:

- Impacto en mantenibilidad: Con este criterio se estudian los requerimientos para solucionar la falla en cuestión, desde disponibilidad de herramientas hasta el apoyo logístico.
- Frecuencia: Es una categoría relacionada a la confiabilidad de los equipos y abarca un rango que va desde fallas de muy baja frecuencia hasta fallas muy frecuentes.
- Impacto en proceso: Debido a que la mayoría de las máquinas en estudio suelen trabajar juntas y se necesitan mutuamente (sobre todo en el tren de asfalto), en esta categoría se estudia como la falla afecta al resto de las máquinas.
- Impacto en seguridad: Se estudia como la falla impacta en la capacidad de maniobra de la máquina.

Las fallas para cada equipo se presentan en dos planillas que vienen a continuación, donde se evalúa el impacto de las fallas en cada uno de los criterios mencionados, asignando una puntuación que va de 0 a 4 según se muestra en el siguiente cuadro:

Valores	Impacto en:			
	Proceso	Seguridad	Mantenibilidad	Frecuencia
0	No hay impacto	No hay impacto	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	1 falla cada 2000 horas.
1	La maq.puede seguir trabajando y atender la falla más adelante, con baja probabilidad de afectar la calidad del pavimento	Probable incidente menor.	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1 falla cada 1000 horas.
2	Maq.fuera de servicio sin afectar a otras máquinas con posible impacto leve en la calidad del pavimento	Probable incidente con daño a máquinas/instalaciones.	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	1 falla cada 500 horas.
3	Maq.fuera de servicio y se puede reemplazar con otra, impactando moderadamente en la calidad del pavimento	Pérdida de capacidad de maniobra y frenado o desprendimientos.	Acción tercerizada. Se necesita trailer para mover la máquina	1 falla cada 200 horas.
4	Maq.fuera de servicio afecta a otros equipos con gran probabilidad de afectar la calidad	Probable accidente con daño a personal.	Traslado al taller con pieza no disponible y con demora para recibirla (No disponible, importación.) Se requiere camión y carretón playo para movilizar	1 falla cada 50 horas.

Cuadro 7.1: Valores según el impacto de la falla

La puntuación asignada a cada falla según los criterios, se multiplica por el peso de los mismos y luego se suman todas las puntuaciones para obtener un valor de criticidad para cada tipo de máquina que permitirá realizar comparaciones entre las mismas. Para la determinación de los pesos de cada criterio se aplicó el método de determinación de pesos utilizado comúnmente en el método de Decisión Multicriterio Discreta denominado Ponderación Lineal, que consiste en obtener, para cada alternativa, la ponderación global por simple suma de las contribuciones obtenidas en cada criterio (Carignano et al, 2007).

7.5.1. Propuesta para determinación de los pesos o ponderaciones relativas de cada criterio

Habiendo determinado los criterios para evaluar la criticidad de cada equipo a través del impacto que tienen las fallas en dichos criterios, se deben determinar los *pesos* o ponderación relativa que se le asignarán a los mismos para determinar numéricamente la importancia relativa que cada criterio tiene con respecto a otro. Esta tarea puede realizarse mediante estimaciones personales basadas en la opinión del autor; de esta forma y dado que como se mencionó anteriormente en este trabajo

se priorizan las fallas relacionadas a la mantenibilidad, se podría asignar un valor numérico elevado para este criterio y resaltar así la importancia relativa del mismo con respecto a los otros tres criterios de evaluación, obteniendo así valores altos para los criterios que son de interés para el autor pero con un alto grado de subjetividad debido a la forma en que se eligieron los pesos para ponderar a los mismos.

Por este motivo, la metodología elegida para determinar los pesos de los criterios es la siguiente:

- Realizar una reunión con el personal del taller central y mostrarles los equipos a los cuales se les realizará el análisis de fallas.
- Solicitarle al personal que evalúen las fallas a la luz de cada uno de los criterios propuestos y que expresen la importancia que le asignan a cada una de las fallas según su impacto en los criterios propuestos, manifestando dicha importancia a través de una escala que va de 1 a 10, donde 1 representa *poco impacto de la falla en el criterio considerado* y 10 representa *gran impacto de la falla en el criterio considerado*. El valor obtenido será P_i
- Normalizar los P_i para obtener los pesos w_i de la siguiente forma:

$$w_i = \frac{P_i}{\sum P_i} \quad (7.1)$$

- Los resultados obtenidos de la ecuación 7.1 serán los pesos de cada criterio como se muestra en la parte superior de las planillas de análisis de fallas que se muestran más adelante.

7.5.2. Determinación de los pesos

La importancia asignada por el personal del taller central a cada criterio de evaluación a partir de la ecuación 7.1 es la siguiente:

	Mantenibilidad	Frecuencia	Impacto en proceso	Impacto en seguridad
Puntuación asignada	8	8	6	3
w_i	0,32	0,32	0,24	0,12

Figura 7.1: Valores de los pesos relativos para cada criterio

Seguidamente se aplican esos valores como pesos de los criterios considerados.

7.6. Análisis de fallas: Equipos movimiento de suelos

Los valores según el impacto de la falla en cada criterio son los mismos que para el tren de asfalto, con la diferencia que en este caso no se considera el impacto de la falla en la calidad del pavimento debido a la poca relación existente entre ambos aspectos:

Equipo	Componente	Modo de falla	Mantenibilidad	Frecuencia	Impacto en proceso	Impacto en seguridad	Puntos	Criticidad				
			0,32	0,32	0,24	0,12						
Motoniveladora	Mangueras de circuito hidráulico	Se perforan	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido	1	1 falla cada 1000 horas	2	Se puede seguir trabajando y atender falla más adelante	1	No hay impacto	0	1,2	3,54
		Se aflojan		0	1 falla cada 2000 horas	0	No hay impacto	0	No hay impacto	0	0	
	Bateria	Se descarga	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	0	1 falla cada 2000 horas	0	No hay impacto	0	No hay impacto	0	0	
		Bornes dañados		2	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	No hay impacto	0	1,44	
	Cuchilla	Desgaste acelerado	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	No hay impacto	0	1,44	
Freno parking	No bloquea la máquina	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 2000 horas aprox.	0	No hay impacto	0	Probable accidente con daño a personal.	4	0,9		
Cargadora frontal	Pernos y buje de articulación	Se aflojan generando juego	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	Probable incidente menor.	1	1,25	10,725
	Anclajes de balde	Fisuras	Acción tercerizada. Se necesita trailer para mover la máquina	3	1 falla cada 2000 horas aprox.	0	Maq. Fuera de servicio afectando a otras máquinas	3	Pérdida de capacidad de maniobra y frenado o desprendimientos.	3	2,025	
	Empaquetaduras y guías de cilindro basculante	Se gastan y se queman generando pérdida de presión	Traslado al taller con pieza no disponible y con demora para recibirla (No disponible, importación.) Se requiere camión y carretón playo para movilizar	4	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq. fuera de servicio y se puede reemplazar con otra	3	Probable incidente con daño a máquinas/instalaciones.	2	2,25	
	Válvula de aire	Pierde aire	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	0	1 falla cada 500 horas aprox.	2	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	No hay impacto	0	1,1	
	Cubiertas	Desprendimiento de capas	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 500 horas aprox.	2	Maq. Fuera de servicio con probabilidad de demora	3	No hay impacto	0	2,65	
	Sellos de cilindros	Tienen fugas	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 200 horas aprox.	3	Se puede seguir trabajando y atender falla más adelante	1	No hay impacto	0	1,45	
Excavadora	Caja de cambios	No gira por motor sobrecargado o caja gastada	Acción tercerizada. Se necesita trailer para mover la máquina	3	1 falla cada 2000 horas aprox.	0	Maq. Fuera de servicio afectando a otras máquinas	4	No hay impacto	0	1,28	7,14
	O-ring de junta flotante de cilindro	Se deforma	Requiere traslado al taller	2	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio con probabilidad de demora	3	No hay impacto	0	1,68	
	Pernos de zapata de tren rodante	Se aflojan	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 500 horas aprox.	2	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	No hay impacto	0	1,4	
	Eslabones y rodillos de cadena de tren rodante	Se desgastan por exceso de tensión de cadena	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio sin afectar a otras máquinas	2	No hay impacto	0	1,1	
	Alternador	No gira	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 1000 horas aprox.	1	Maq. Fuera de servicio con probabilidad de demora	3	No hay impacto	0	1,68	

7.7. Análisis de fallas: Equipos tren de asfalto

A continuación se presentan los equipos del tren de asfalto, donde en la categoría *Impacto en el proceso* también se considera el impacto en la calidad del pavimento asfáltico.

Equipo	Componente	Modo de falla	Mantenibilidad		Frecuencia		Impacto en proceso		Impacto en seguridad		Puntos	Criticidad
			0,32		0,32		0,24		0,12			
Rodillo vibratorio	Circuito de riego de agua	Se obstruye	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 1000 horas.	1	Maq.fuera de servicio, afecta a otros equipos con gran probabilidad de afectar la calidad	4	No hay impacto	0	1,92	7,48
	Excéntricas de tambor	Se desbalancea	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	0	1 falla cada 500 horas.	2	La maq. puede seguir trabajando y atender la falla más adelante, con baja probabilidad de afectar la calidad	1	No hay impacto	0	0,88	
	Bomba de circuito hidráulico	Se bloquea	Traslado al taller con pieza no disponible y con demora para recibirla. Se requiere camión y carretón playo	4	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq.fuera de servicio, afecta a otros equipos con probabilidad de afectar la calidad	4	Probable incidente menor	1	2,36	
	Alarma de reversa	Se desconecta de circ. eléctrico	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	0	1 falla cada 500 horas.	2	No hay impacto	0	Probable incidente con daño a máquinas/instalaciones	2	0,88	
	Rascadores	Se desgastan	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 500 horas.	2	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	1,44	
Rodillo de neumáticos	Sistema de inflado de neumáticos	Se desconecta de circ. eléctrico	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 1000 horas.	1	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	1,12	7,92
	Lastre inferior de cemento	Se agrieta y libera fragmentos	Acción simple de remediación en obra. Apoyo logístico requerido escaso o nulo	0	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	0,48	
	Neumáticos	Exceso/falta de presión	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 500 horas.	2	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	1,44	
		Se desalinean	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 1000 horas.	1	Maq. Fuera de servicio y se puede reemplazar con otra, impactando moderadamente en la calidad	3	No hay impacto	0	1,68	
		Válvula de inflado libera aire	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 500 horas.	2	Maq. Fuera de servicio y se puede reemplazar con otra, impactando moderadamente en la calidad	3	No hay impacto	0	2	
	Rascadores	Se desgastan	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 1000 horas.	1	La maq. puede seguir trabajando y atender la falla más adelante, con baja probabilidad de afectar la calidad	1	No hay impacto	0	1,2	
Terminadora	Cazoletas tornillo sinfín	Se desgasta	Traslado al taller con pieza no disponible y con demora para recibirla. Se requiere camión y carretón playo	4	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq.fuera de servicio, afecta a otros equipos con gran probabilidad de afectar la calidad	4	No hay impacto	0	2,24	10,48
	Circuito de acarreo	Se trava	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 1000 horas.	1	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	1,12	
	Barras de piso de acarreadores	Se desgastan/se rompen	Traslado al taller con pieza no disponible y con demora para recibirla. Se requiere camión y carretón playo	4	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq. fuera de servicio sin afectar a otras máquinas, con posible impacto leve en la calidad	2	No hay impacto	0	1,76	
	Actuadores de tolva	Se resecan	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 2000 horas.	0	La maq. puede seguir trabajando y atender la falla más adelante, con baja probabilidad de afectar la calidad	1	Probable incidente menor	1	0,68	
	PLC regla de peralte	Se desprograma	Acción simple con cambio de pieza, ajuste o lubricación en obra. Apoyo logístico requerido bajo	1	1 falla cada 1000 horas.	1	Maq.fuera de servicio, afecta a otros equipos con gran probabilidad de afectar la calidad	4	No hay impacto	0	1,6	
	Rodillo de empuje frontal	Se desvincula	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq. Fuera de servicio y se puede reemplazar con otra, impactando moderadamente en la calidad	3	Probable incidente menor	1	1,48	
	Sistema vibrador de maestra	Se desvincula	Requiere traslado al taller con pieza en stock. Se necesita remolque o trailer pequeño para mover la máquina	2	1 falla cada 2000 horas.	0	Maq.fuera de servicio, afecta a otros equipos con gran probabilidad de afectar la calidad	4	No hay impacto	0	1,6	

7.8. Propuestas de mejora para mantenibilidad

En base a lo obtenido en el apartado anterior, se eligen las fallas que tienen mayor puntuación en el criterio Mantenibilidad y se proponen variaciones en la práctica habitual de resolución de dichas fallas para mejorar el indicador de mantenibilidad. Cabe destacar que se siguen eligiendo las fallas que tienen mayor relación con la mantenibilidad de los equipos porque se decidió concentrarse en este indicador por considerar que el mismo impacta en el desempeño del taller central, pero si uno quisiera puede tomar fallas que tengan un valor grande en otro criterio, por ejemplo en el Impacto en seguridad y trabajar sobre la misma para obtener mejoras en dicho criterio.

Las propuestas realizadas se basan en la observación de los procedimientos habituales para la resolución de las fallas y en la aplicación de los conceptos para desarrollar la capacidad de mantenimiento de los equipos, tales como la simplicidad de las operaciones, la disponibilidad del equipo o el apoyo logístico requerido.

Al final se presenta un cuadro a modo de resumen donde se muestran las variaciones en los tiempos para reparar, o t_i y como estas variaciones impactan en el *MTTR* de los equipos, acercándolos o ubicándolos en otra categoría según la categorización propuesta en el capítulo 5.

7.8.1. Equipos movimiento de suelos

Falla Nº1: Cilindro hidráulico de cargadora frontal

Cargadora frontal. Cilindro hidráulico debe ser reacondicionado. Según el informe de mantenimiento, las empaquetaduras y las guías del cilindro basculante estaban gastadas y quemadas, por este motivo se generaba una pérdida de presión y un aumento de temperatura al trabajar con el balde.



Figura 7.2: Cilindro hidráulico de cargadora frontal

La reparación de estos cilindros requiere de procesos complejos y se debe contratar a un service especializado. El mismo envía un mecánico a obra para relevar el estado de la máquina y realizar el diagnóstico de la falla, mientras la máquina queda parada en obra y se envía otra cargadora desde el taller central para reemplazar a la cargadora que está fuera de servicio.

El tiempo que pasa la máquina en espera en obra hasta que llega el mecánico del service contratado puede evitarse si se envía al oficial mecánico de la empresa a realizar las pruebas hidráulicas correspondientes y, en caso de detectar problemas que requieran el desmontaje del cilindro, ordenar dicha operación en ese mismo momento para decidir si el desmontaje puede realizarse en obra o es necesario enviar la máquina al taller central. De cualquiera de las 2 formas se estaría evitando el tiempo de llegada del mecánico del service contratado, quien cuenta con su propia agenda y muchas veces posterga el trabajo.

Propuesta: Programar la intervención según los resultados de las pruebas hidráulicas del mecánico de la empresa y prescindir del mecánico tercerizado para el diagnóstico.

1. Demora: 140 horas.
2. Con mejora: 70 horas. (Considerando que el mecánico dedica el 40 % del tiempo a diagnosticar la falla y programar la intervención y se evitan demoras propias del servicio tercerizado)
3. Mejora: 50 %

Falla Nº2: Anclajes de balde de cargadora frontal



Figura 7.3: Balde de cargadora frontal

Los elementos de desgaste del balde de la cargadora (uñas y cuchillas de balde) facilitan el acceso del mismo a los reservorios de tierra, suelo, piedra, o cualquier otro material a mover. El uso del balde de la cargadora frontal con los elementos de desgaste en mal estado, acelera el deterioro del balde y el mismo puede sufrir fisuras graves debido a los malos esfuerzos que sólo llevarán a la cargadora frontal a un estado de inoperatividad.



Figura 7.4: Detalle anclajes de balde

Cuando el balde se fisura, se debe enviar a un service especializado donde mediante tintas penetrantes se ponen en evidencia las fisuras, luego se biselan y se agregan refuerzos.



Figura 7.5: Biselado

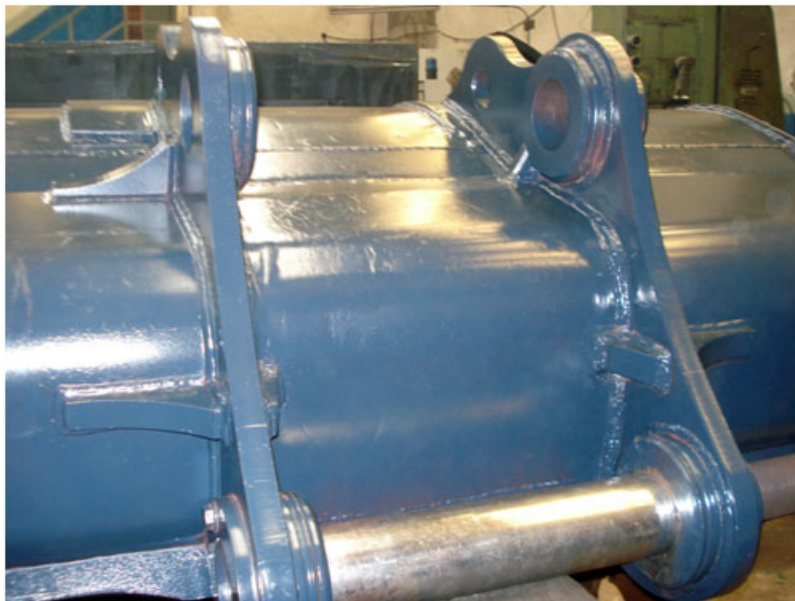


Figura 7.6: Soldadura terminada

Este trabajo suele demorar hasta 14 días ($t_i = 14$ días) desde el envío del balde al

service hasta la recepción del mismo, colocación en la cargadora frontal, vinculación y puesta a punto del circuito hidráulico y sus actuadores en el taller central. Ante la imposibilidad de reducir el ti de esta falla se proponen medidas preventivas con el objetivo de prolongar la vida útil del balde, debido a que la reparación del mismo se terceriza y no es rentable disponer de un balde suelto de “back up” ya que, a pesar de ser esta una falla cuya reparación demora mucho, es de baja frecuencia.

Propuesta: Debido a la relación directa entre el estado de los elementos de desgaste del balde y su estado estructural, se deben respetar los intervalos de cambio según el nivel de desgaste de las uñas y cuchillas del balde ya que ayuda mucho a la conservación del mismo, evitando así esta falla y el tiempo de parada de la máquina. Se debe fomentar la inspección visual de los elementos de desgaste y el conocimiento de los niveles de desgaste permitidos para tomar medidas preventivas y poder programar una intervención en caso de ser necesario.

7.8.2. Equipos tren de asfalto

Falla №3: Bloqueo de bomba hidráulica de rodillo vibratorio

Rodillo vibratorio doble tambor: Equipo bloqueado en tracción, el rodillo no puede moverse por sus propios medios. Bombas hidráulicas no giran. Cuando el equipo se queda sin tracción y la falla no puede ser reparada en obra, hay que llevar el equipo al taller central para un mejor diagnóstico. Esta tarea implica la participación de operarios, un camión y otra máquina para remolcar que deberá abandonar su tarea para mover al rodillo bloqueado.



Figura 7.7: Excavadora auxiliando a RV bloqueado. Rumbo al taller central

Las fallas que dejan sin tracción al equipo son demandantes y la más común de estas está relacionada al sistema hidráulico.

Estas fallas pueden ser muy demandantes porque además de lo expuesto arriba, algunas veces sucede que el camión no cuenta con un malacate adecuado y en obra

no hay máquinas con capacidad de remolque, así que se debe enviar otra máquina desde el taller si es que no se puede solicitar auxilio a otro lugar de las cercanías de la obra. Todo el tiempo que el rodillo estuvo parado en obra, en viaje hacia el taller y nuevamente hacia la obra luego de reparar, hacen que el t_i de esta reparación para el rodillo tenga un valor elevado.

Según las tarjetas de mantenimiento, la falla más habitual que deja sin tracción a los rodillos vibratorios y neumáticos se da en la bomba hidráulica cuando la misma por excesivo desgaste del plato y del eje del pistón permiten fuga de aceite afectando severamente al rendimiento de la bomba. Este desgaste abrasivo puede deberse al desgaste natural por el contacto deslizante en el pistón o, en caso de ser desgaste acelerado, puede deberse al lubricante contaminado.

Propuesta: Para reducir el tiempo de reparación de esta falla se propone trabajar sobre la estandarización de los elementos para mejorar la intercambiabilidad de los mismos, en este caso una bomba hidráulica. Al disponer de una bomba hidráulica que se pueda utilizar en el rodillo descompuesto, se evita el tiempo de máquina parada mientras este componente es reparado. La nueva demora corresponde a la colocación de la nueva bomba hidráulica y a las pruebas de funcionamiento necesarias. De acuerdo a las tarjetas de mantenimiento esta reparación requirió de 80 horas. Evitando la reparación mediante el reemplazo de la bomba por una del mismo tipo, el nuevo tiempo requerido estará compuesto por las tareas de colocación y las pruebas correspondientes, que suman 20 horas.

Falla №4: Bomba de circuito regador de agua de rodillo vibratorio

Rodillo vibratorio doble tambor. Falla de bomba de circuito regador de agua. Indistintamente del motivo que imposibilite al circuito de agua de mantener húmedo el tambor, cuando hay una falla de este tipo el rodillo debe sacarse de servicio para evitar daños a la superficie del pavimento. Lo que generalmente no se pone en consideración es que la mayoría de los rodillos cuentan con dos bombas de agua independientes, una para regar cada tambor pero que cada una tiene la capacidad de proveer de agua a ambas barras de riego, las delanteras y las traseras de manera simultánea, hasta que se envíe una bomba de repuesto a la obra.

Propuesta: Se debe instruir al operario sobre cómo realizar la conexión de estas bombas cuando una de ellas falla ya que la humedad del tambor del rodillo es un parámetro crítico de la calidad superficial de la carpeta asfáltica.



Figura 7.8: Fragmento de asfalto adherido a tambor de RV

Falla №5: PLC de terminadora asfáltica

Desprogramación de PLC de regla de peralte. Según las tarjetas de mantenimiento y las charlas con los operadores de terminadoras asfálticas, los PLC que controlan el movimiento de la regla que da la pendiente transversal en las curvas, suele dejar de funcionar correctamente. El mismo se extrae de la parte trasera de la terminadora y se envía a servicio técnico para su reprogramación, quedando la terminadora imposibilitada para trabajar durante aproximadamente 3 días, según las tarjetas de mantenimiento. El PLC usado es un Siemens modelo Simatic S7-200 disponible en el mercado local.

Propuesta: Se recomienda la adquisición de 1 PLC más de este tipo cada 3 terminadoras para ser usados como backup y disponer de los mismos en el taller central o en obra en caso de que la distancia al taller lo justifique.

Falla №6: Limpieza de circuito de acarreo de terminadora

Circuito de acarreo sucio debe limpiarse. Con el objetivo de mantener las partes móviles en buenas condiciones, todos los restos de mezcla asfáltica que queden en el circuito de acarreo deben ser liberados y extraídos del mismo. Esta limpieza se realiza cada vez que las terminadoras concluyen algún trabajo y regresan al taller, donde se cuenta con el solvente adecuado para la limpieza.

Propuesta: Para obras de larga duración, en cuyo horizonte sea necesaria una limpieza del sistema de acarreo, se recomienda realizar el mismo en obra, para lo cual es necesario incluir esta actividad junto con las actividades de mantenimiento preventivo a cargo del taller móvil y del lubricador. De esta forma se evita el tiempo de traslado de máquina hacia el taller.

Falla №7: Cazoletas de tornillo sinfín de terminadora

Desgaste de cazoletas de tornillo sinfín. Mientras se desgastan, el espesor y el diámetro se reducen, llegando a un punto en el cual las cazoletas (o “hélices”) deben reemplazarse.

Propuesta: Con un calibre ultrasónico se puede medir el espesor de las cazoletas del tornillo. Las nuevas tienen un espesor de 12,7 mm y cuando el espesor alcanza el valor de 3,175 mm (75 % de desgaste) las cazoletas deben reemplazarse en el taller central. Si el espesor de las cazoletas se gastó hasta aproximadamente 8,5mm, se debe tomar una decisión: Si las cazoletas fueron usadas durante 2 años, las mismas durarán otro año más con un uso similar. En cambio, si este nivel de desgaste se alcanzó en 1 año, las cazoletas deben reemplazarse para evitar alcanzar el punto de reemplazo cuando la terminadora está trabajando. Puede ser necesario alternar el reemplazo de las cazoletas centrales y las de los extremos debido a los patrones de desgaste.

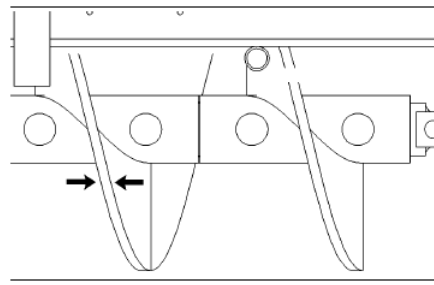


Figura 7.9: Espesor de cazoletas de tornillo sin fin

7.8.3. Resumen y conclusión parcial

Mediante las modificaciones propuestas para las intervenciones se logra reducir la duración de las mismas y obtener así una mejora en el MTTR de manera tal de mejorar los indicadores de MTTR de los equipos. Se presenta un resumen de las propuestas realizadas y la cantidad de horas de intervenciones que se evitan:

Máquina	N° falla	Duración	Mejora	Nueva duración	Δt [Hs]
PF 029	1	140 hs	Pruebas o diagnóstico realizados por mecánico de la empresa y luego solicitar servicio	70 hs	70
	2	100 hs	Contar con balde de backup	8 hs	92
RV 025	3	80 hs	Desarrollar estandarización del elemento, contar con bomba de back up, mejorar apoyo logístico.	20 hs	60
	4	20 hs	Capacitar a operarios sobre el uso de una sola bomba para regar simultáneamente ambos tambores.	2 hs	18
TER 017	5	30 hs	Disponer de PLC de backup	4 hs	26
	6	10 hs.	Programar la limpieza en obra cuando la máquina no esté trabajando para evitar el acumulación de asfalto.	2 hs	8
	7	20 hs	Programar el reemplazo mediante mediciones y según los valores expresados en la descripción.	8 hs	12
RNA 006	Obstrucción boquillas	20 hs	Incluir en las actividades de rutina la limpieza de boquillas de riego según L.U.P	4	16
	Ver PM	20 hs	Inspección en taller, incluir repuesto en obra.	4	16
MN 022	Escarificadores	80	Aumentar disponibilidad en el pañol.	8	72
	Ver PM	30	Confeccionar de antemano en herrería los elementos de desgaste para añadir a la cuchilla junto con la bulonería necesaria.	16	14

Cuadro 7.2: Resumen de fallas y duración

Las mejoras obtenidas son:

	Ti [Hs]	ti [Hs]	n	MTTR*	MTTR	Δt [Hs]	ti nuevo [Hs]	MTTR nuevo
PF 029	4513	378	22	24,19	17,182	162	216	9,8
RV 025	1312,2	112	20	5,48	5,6	78	34	1,7
TER 017	2325	155	20	10,18	7,75	46	109	5,5
RNA 006	1482	114	16	5,48	7,125	32	82	5,1
MN 022	3891	378	13	24,19	29,077	86	292	22,5

Cuadro 7.3: Mejoras

El valor Δt de cada equipo se obtiene de sumar todos los tiempos ahorrados que se muestran en la primer tabla, el valor de t_i (tiempos de reparación) nuevo se obtiene de restar el Δt al t_i original y el valor de MTTR de obtiene de dividir el nuevo t_i entre la cantidad de intervenciones (n).

Para el caso de la PF 029 y TER 017, en el capítulo anterior se determinó que eran las maquinas que más horas de reparación habían requerido durante el periodo en estudio, pero luego se observa que sus valores de MTTR no son inferiores al valor de frontera MTTR* pero aun así se las considera como máquinas con problemas de mantenibilidad. El motivo por el cual sus valores de MTTR no superan al valor de frontera es la cantidad de fallas que tuvieron. Si bien fueron las máquinas que más horas estuvieron detenidas por reparación, también sufrieron fallas con mucha frecuencia, lo que se traduce en un MTTR bajo.

A continuación y como se mencionó en el apartado 7.2, se presenta el análisis PM.

7.9. Análisis PM

El análisis PM es una técnica que permite analizar las fallas de los equipos a partir de conocer bien el fenómeno físico involucrado en el mecanismo de interés y como este interactúa con las variables del proceso, o sea, con las 5M. Es una herramienta orientada a la resolución de problemas que se repiten con frecuencia y que son de rápida solución.

Debido a que por la naturaleza de los equipos viales el nivel de cero defectos es rara vez un objetivo a cumplir en el sector de la construcción, en este trabajo se toma la parte procedimental del método para obtener las siguientes bondades del mismo:

- Proponer mejoras a las fallas que empeoran el indicador de confiabilidad.
- Obtener descripciones de las fallas.
- Ver la relación de la falla con las variables del proceso¹.
- Obtener las condiciones óptimas y realizar propuestas de mejora.

Shirose (1995) postula que el análisis PM clarifica el mecanismo de ocurrencia de una falla y las condiciones que deben ser controladas para prevenirla. Si bien Shirose propone al análisis PM como una herramienta para eliminar las pérdidas crónicas²,

¹Las 5M: método, mano de obra, medios tecnológicos, materiales y medio ambiente

²El análisis PM es el recurso utilizado para atacar las últimas fallas que no se pueden eliminar a través de las técnicas convencionales, es decir, busca eliminar las últimas fallas remanentes para lograr el objetivo de “cero defectos”

en este trabajo se utilizará la parte procedimental de dicha herramienta, es decir, los 8 pasos de aplicación que se mostraran a continuación.

El objetivo esperado de la aplicación de esta herramienta es obtener buenas descripciones de las fallas para obtener propuestas de mejora que permitan optimizar la confiabilidad de las máquinas en estudio. El análisis PM puede ser usado en combinación con otras herramientas de análisis, tales como el diagrama de causa y efecto y el árbol de causas.

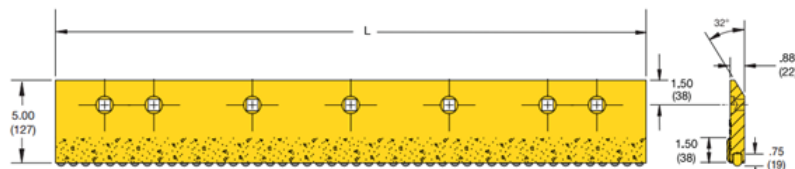
Los pasos a seguir para aplicar el análisis PM se describen brevemente a continuación:

1. Expresar claramente cuál es el fenómeno que se produce (preguntarse “porqué”).
2. Analizar los principios físicos que intervienen en el problema, o sea, realizar un análisis físico.
3. Establecer las condiciones que generan el fenómeno.
4. Determinar la incidencia de las variables del proceso (5M).
5. Determinar cuáles son las condiciones óptimas o estándar.
6. Determinar la capacidad de los métodos de medición.
7. Establecer diferencias entre las condiciones encontradas y las condiciones óptimas.
8. Implementar un plan de mejoramiento.

A continuación se realizan los análisis PM para algunos equipos:

7.9.1. Motoniveladora – Variación geométrica acelerada de la la hoja vertedera/cuchilla

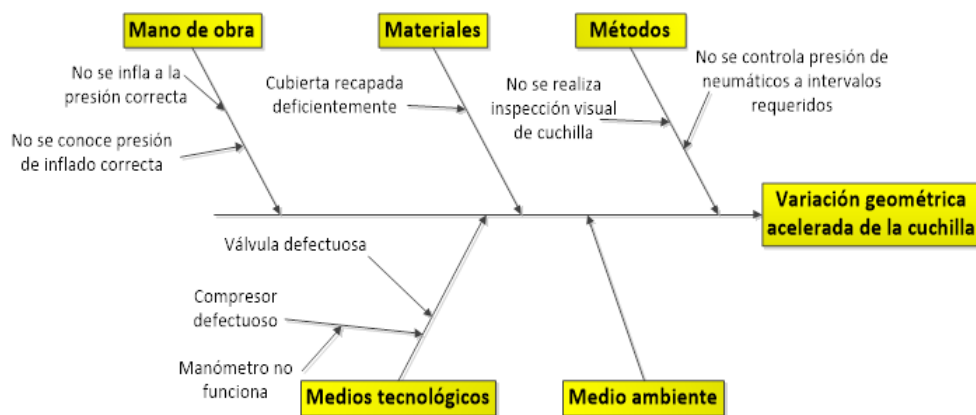
1) **Descripción del problema:** La hoja vertedera de la motoniveladora (código interno) alcanza el nivel de desgaste crítico en menos tiempo que el normal. La cuchilla nueva alcanza los 550mm de altura en 80 hs de trabajo aproximadamente (Las medidas estándar de la hoja vertedera de la MN de este caso son longitud = 3.5 m, altura = 610mm, espesor = 22mm)



2) **Principio físico interviniente:** Distancia entre cuchilla y piso no es la correcta. La cuchilla sufre una variación geométrica anormal debido a procesos erosivos acelerados que se generan por transitar con la hoja vertedera en contacto con el suelo.

3) **Condiciones que generan el fenómeno:** Poca presión de inflado en los neumáticos. La cuchilla desciende y está más tiempo en contacto con el terreno cuando la máquina hace desplazamientos no productivos.

4) **Vínculo con las variables del proceso:** Para este caso, se utiliza el “Diagrama de causa y efecto” o diagrama de Ishikawa:



Se consideraron todas las causas posibles y se descartaron las que no tuvieron mayor influencia en la falla. Se decidió que los motivos determinantes relacionados a las variables del proceso son los siguientes:

1. Mano de obra: No se conoce la presión de inflado correcta. Este aspecto se considera importante ya que si no se conoce la presión de inflado correcta, tampoco se realizará el control de presión de los neumáticos y no se podrá observar la condición.
2. Medios tecnológicos: La válvula de aire en mal estado favorece el desinflado de las cubiertas.

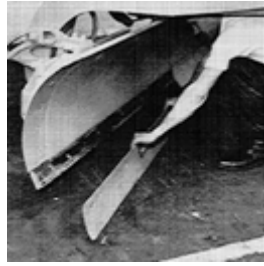


Figura 7.10: Cuchilla y elemento de desgaste de motoniveladora

5) Determinar condiciones óptimas:

Presión de inflado para neumáticos delanteros y traseros [kPa]		
	Mínima	Máxima
Radiales	241	310
Convencionales	200	285

Figura 7.11: Presiones de inflado

6) Determinar capacidad de métodos de medición: Manómetro de compresor en taller: no es utilizado por desconocimiento de presión de inflado.

7) Establecer diferencias: Cuando la presión es menor a 150 kPa se considera crítico.

8) Plan de mejoramiento: Controlar manómetro de compresor en taller y asegurarse de obtener buenas lecturas. Controlar presión a la salida del taller y en obra cada 100 horas o 2 semanas. Controlar el ángulo de contacto de la hoja de la motoniveladora con el suelo para que ésta esté siempre en contacto con el material a mover. Realizar inspección visual diaria de hoja vertedera y de neumáticos.

7.9.2. Rodillo de neumáticos: Compactación con ahuellamiento

1) **Descripción del problema:** Ahuellamiento del asfalto luego de la primer compactación vibratoria en rodillo de neumáticos en etapas intermedias de la obra (no se da al inicio).

2) **Principio físico interviniente:**

1. Poca presión: deformación en neumáticos que genera superficie de contacto cóncava.
2. Mucha presión: deformación lateral de los neumáticos acompañada de superficie de contacto convexa.

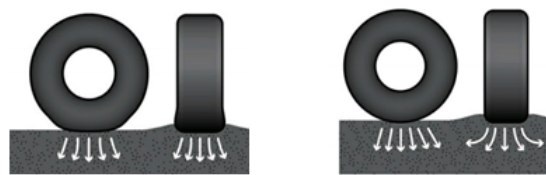


Figura 7.12: Superficie de contacto de neumáticos

3) **Condiciones que generan el fenómeno:** La condición que favorece la ocurrencia del fenómeno descrito en el paso 2 es el uso de una presión de inflado de neumáticos no adecuada.

4) **Vínculo con las variables del proceso:** En ambos casos (exceso y defecto de presión) el problema es una presión incorrecta. Se la puede vincular con la mano de obra por malas mediciones o malos procesos de inflado o con el dispositivo de inflado automático de la máquina que podría funcionar mal.

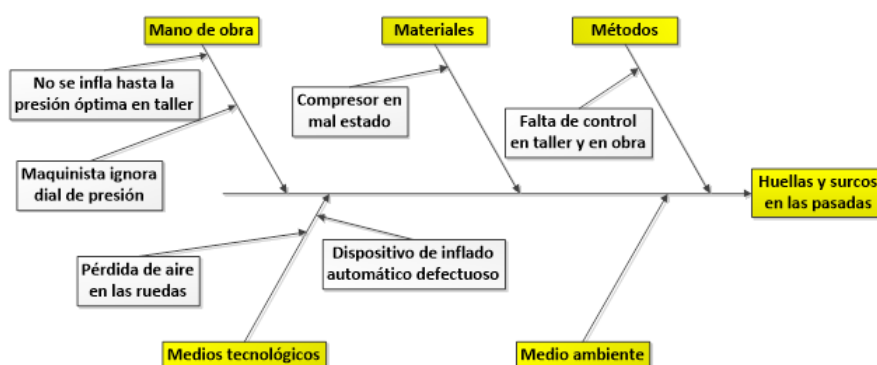


Figura 7.13: Vínculos con las variables del proceso

1. Mano de obra: Dial de manómetro de compresor ilegible, compresor en mal estado. Se infla a presiones incorrectas.

2. Dispositivo de inflado automático: El sensor envía lecturas erróneas al display de la cabina por haberse desconectado de una de las ruedas.

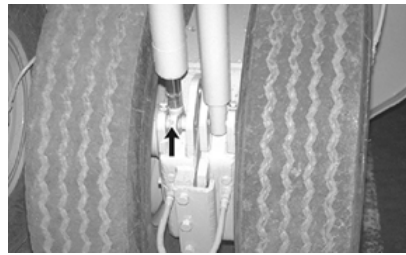


Figura 7.14: Sensor

5) Determinar condiciones óptimas: La presión de inflado de los neumáticos deberá estar entre 275 kPa y 350 kPa.

Con la intención de realizar un aporte desde el área de mantenimiento al área operativa, se deja como aporte la relación entre la presión de inflado de los neumáticos con la superficie de contacto y con la carga efectiva:

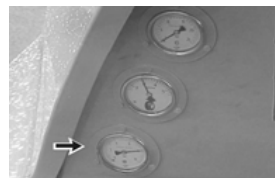


Figura 7.15: Indicador de presión en cabina

SUPERFICIE DE CONTACTO (cm ²)						
Rodillo de Neumáticos		Carga en una rueda (Kg)				
		1300	1500	2000	2500	3000
Inflado de los neumáticos (bar)	3	409	442	531	605	668
	4	385	416	495	570	642
	5	358	390	464	537	600
	6	334	364	434	507	560
	7	311	345	425	496	541
	8	292	328	399	463	512

Figura 7.16: Superficie efectiva de contacto de las ruedas

CARGA EFECTIVA (Kg/cm2)						
Rodillo de Neumáticos		Carga en una rueda (Kg)				
		1300	1500	2000	2500	3000
Inflado de los neumáticos (bar)	3	3,18	3,39	3,77	4,13	4,36
	4	3,38	3,61	4,04	4,39	4,67
	5	3,63	3,85	4,31	4,66	5
	6	3,89	4,12	4,61	4,93	5,36
	7	4,18	4,35	4,71	5,04	5,55
	8	4,45	4,57	5,01	5,4	5,86

Figura 7.17: Carga efectiva

6) Determinar capacidad de los métodos de medición:

1. Manómetro de compresor de taller: verificar uso según presiones indicadas.
2. Sensor de presión de dispositivo de inflado: verificar funcionamiento.

7) Establecer diferencias: Cuando $P < 245$ kPa se observan huellas y cuando $P > 450$ kPa se observa reducción de superficie de contacto de la banda de rodadura central y deformación lateral.

8) Plan de mejoramiento:

1. Para el compresor del taller: Controlar periódicamente y dar aviso en caso de anomalía.
2. Para el dispositivo de inflado automático: Cada 100 hs de funcionamiento o 2 semanas controlar presión en el display de cabina y con manómetro externo en frío y en caliente para observar desviaciones.

7.9.3. Rodillo vibratorio: Compactación con ahuellamiento

1) **Descripción del problema:** Huella en carpeta asfáltica a intervalos regulares.

2) **Principio físico interviniente:** Rugosidad superficial del tambor incorrecta.

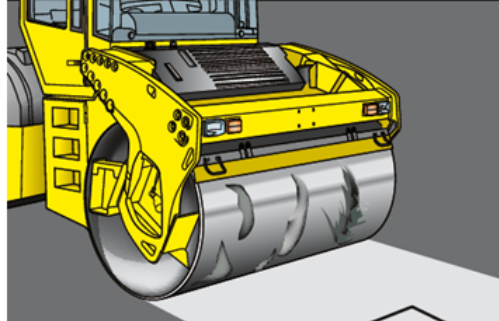


Figura 7.18: Tambor de rodillo vibratorio con asfalto adherido

3) **Condiciones que generan el fenómeno:** Fragmentos de asfalto endurecido se adhieren a la superficie del tambor, imprimiendo una huella en cada giro debido a:

- Nivel de desgaste de los rascadores muy elevado.
- Sistema de riego de agua del tambor no funciona.

4) **Vínculo con las variables del proceso:** Se realiza un diagrama de Ishikawa:

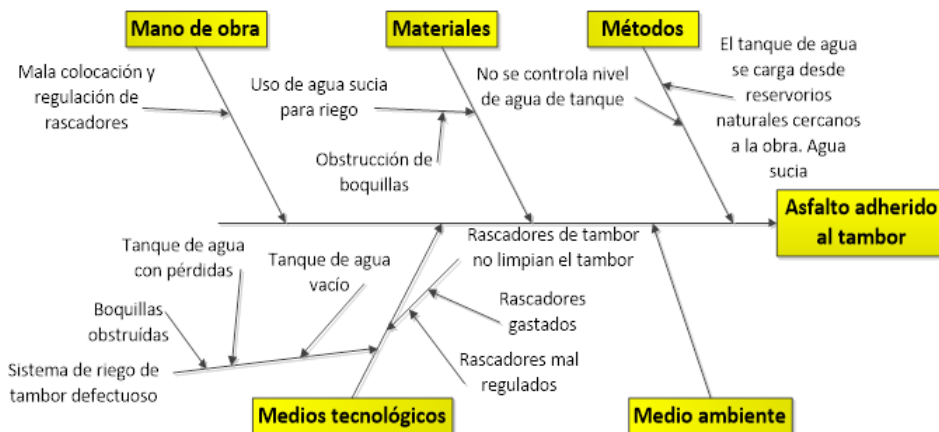


Figura 7.19: Vínculo con las variables del proceso

Dejando de lado los aspectos relacionados a la calidad de la mezcla, el asfalto se adhiere al tambor debido a que el mismo se encuentra seco. El sistema de riego influye cuando el mismo está obstruido o se usa agua sucia. Este último aspecto es común en obra cuando se encuentra algún reservorio cercano, como un río o un arroyo. La suciedad que se introduce puede obstruir el circuito de riego.

5) Determinar condiciones óptimas: Los rascadores deben estar lo más próximos posibles al tambor pero sin llegar a tocarlo. El tanque de agua debe limpiarse cuando el rodillo llega al taller y se debe indicar el uso de agua en condiciones para proteger el circuito de riego y evitar la obstrucción de las boquillas.

6) Determinar capacidad de métodos de medición: Inspección visual en rascadores delanteros y traseros, internos y externos.

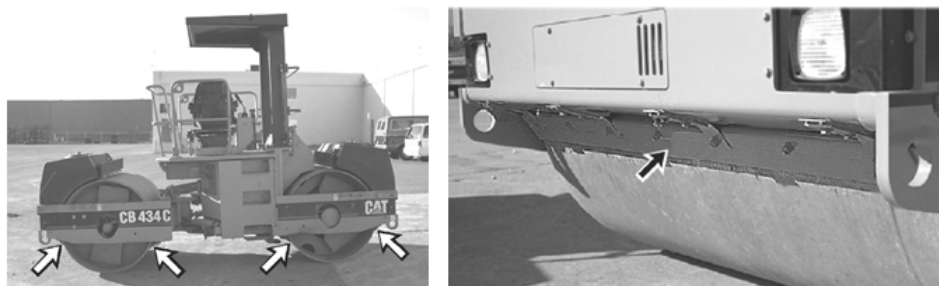


Figura 7.20: Ubicación de rascadores de tambor delanteros y traseros

Inspección visual de tambores mientras trabaja. Instruir a auxiliares de terminadora asfáltica y a maquinista de rodillo de neumáticos para dicha tarea.

7) Establecer diferencias:

8) Plan de mejoramiento:

-Controlar nivel de desgaste de los rascadores a la salida del taller y en obra cada 200 horas o mensualmente. Informar a conductor de rodillo de neumáticos (en caso que haya uno en obra trabajando en paralelo) para que inspeccione la carpeta asfáltica en busca de huellas localizadas.

- Controlar que el rascador siempre esté levemente sobre el tambor pero sin llegar a tocarlo. Cuando no se está trabajando sobre asfalto los mismos deben elevarse para evitar desgaste acelerado.

-Controlar funcionamiento de boquillas de riego y usar agua limpia. Ya que los rodillos cuentan con 2 bombas de agua, una para cada tambor, generalmente cuando una de las bombas falla no se intenta realizar las conexiones necesarias para regar ambos tambores con una sola bomba. Instruir a los maquinistas sobre la posibilidad de usar una bomba para ambos tambores.

7.9.4. Rodillo vibratorio: Desprendimientos de asfalto

1) **Descripción del problema:** Desprendimientos de asfalto (Raveling). Pérdida progresiva de material de pavimento desde la superficie hacia abajo



Figura 7.21: Desprendimientos de asfalto

2) **Principio físico interviniente:** Falta de cohesión entre las partículas superficiales de la carpeta.

3) **Condiciones que generan el fenómeno:**

- Esparcido irregular del riego de liga.
 - Penetración insuficiente del riego de imprimación.
 - Compactación defectuosa. La tasa de compactación obtenida no es la correcta. Mal proceso de compactación debido al uso de frecuencias de vibración bajas.
- Dado que los camiones regadores no integran el parque de máquinas de estudio en este trabajo, se considerará la condición generada por el rodillo vibratorio.

4) **Vínculo con las variables del proceso:**

1. Medios tecnológicos: Frecuencia de vibración del rodillo vibratorio es incorrecta debido al desplazamiento de las excéntricas del rodillo con respecto al eje del tambor.
2. Mano de obra: Lo anterior se debe a que los operarios no colocan la palanca que regula el giro de dichas excéntricas en posición neutra cuando tratan de cambiar de dirección entre pasadas sucesivas. Las excéntricas giran a alta velocidad y no resisten un cambio brusco de sentido por esta mala práctica. El operador no se percata porque no tiene un tacómetro funcional en la cabina/tablero. La espera en posición neutra debe ser de unos 10 segundos antes de pasar la palanca a la posición contraria.

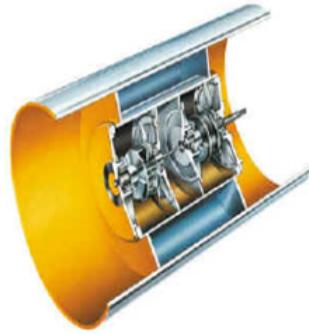


Figura 7.22: Excéntricas de tambor de rodillo vibratorio

5) Determinar condiciones óptimas: El rodillo debe ser capaz de vibrar a una frecuencia entre 40 y 50 Hz para obtener una tasa de compactación del 97,3% dependiendo de la cantidad de pasadas.

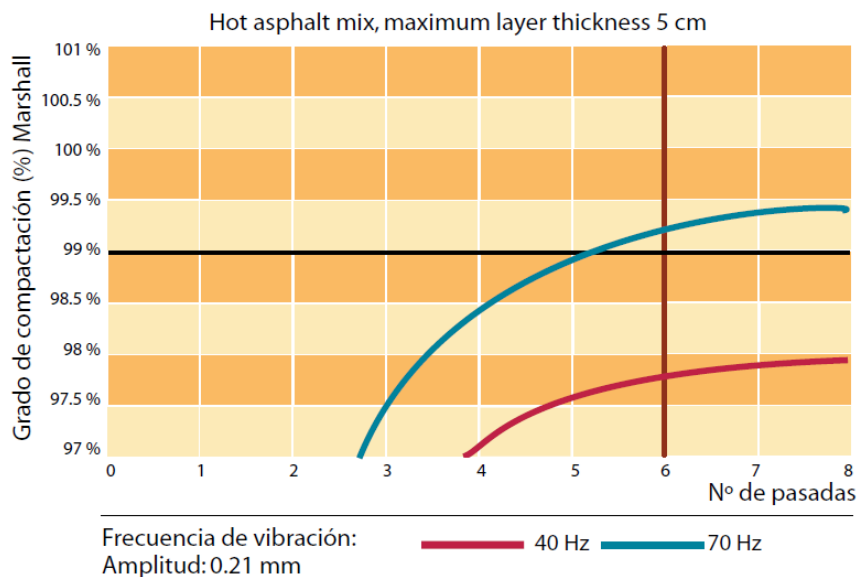


Figura 7.23: Grado de compactación como función de la frecuencia de vibración (Dynapac: Conceptos sobre compactación)

6) Determinar capacidad de métodos de medición: En obra y en taller contar con tacómetros de lapicero y de placa circular. Proponer a jefes de obra que apliquen mayor control a los lotes de prueba y a la toma de muestras para observar la compactación.

7) Establecer diferencias:

8) Plan de mejoramiento: Implementar plan de capacitación de operadores de rodillos vibratorios. Dar aviso de colocar la palanca de las excéntricas en neutro al cambiar el sentido del rodillo luego de una pasada. Proveerlos con los tacómetros adecuados para que puedan controlar si la frecuencia de vibración obtenida es la indicada en el selector. La espera en posición neutra debe ser de unos diez segundos antes de pasar la palanca a la dirección contraria.

7.10. Lecciones de un punto

Una lección de un punto es una herramienta para transmitir conocimientos y habilidades, casos de problemas y casos de mejoras sobre un equipo en particular con el objetivo de elevar los conocimientos en un corto periodo de tiempo, tener los conocimientos “a mano” para ser utilizados cuando se necesiten y aumentar el compromiso del operario con el equipo.

Reyes Aguilar (2007) plantea que cuando los miembros del equipo toman conciencia de las habilidades que poseen, pueden reconocer de cuales carecen. En estas habilidades faltantes se les da capacitación específica con una duración de no más de 10 minutos, a esto se le denomina “lecciones de un punto”.

Se considera que al generar lecciones de un punto para cada uno de los 6 equipos e informar a los maquinistas sobre este nuevo documento, será beneficioso para el taller central ya que se consignarán los aspectos principales del uso diario de la máquina y se indicará la forma de realizar dichas intervenciones diarias. Debido a que no siempre es el mismo maquinista quien opera un determinado equipo, con las L.U.P. será más probable que un nuevo maquinista encuentre información suficiente de manera rápida a bordo de la máquina cuando se presente un inconveniente.

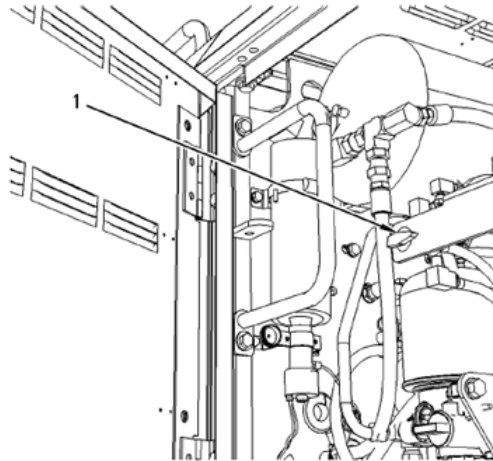
Las actividades de las lecciones de un punto se eligieron siguiendo el criterio de escoger intervenciones que ayuden a evitar el desgaste acelerado de componentes y que ayuden a mantener las condiciones de la máquina que tienen relación con la calidad del asfalto. Se las divide en 3 grupos según la naturaleza de la actividad, a saber:

- **Acción básica:** Acciones básicas de limpieza, ajuste, lubricación o de naturaleza similar con el fin de generar las condiciones óptimas de funcionamiento de los distintos componentes.
- **Control:** Acciones de chequeo de niveles de fluidos, niveles de desgaste y revisión de elementos varios.
- **Problema:** Acciones para resolución de problemas simples.

En este trabajo las lecciones de un punto se aplicarán para favorecer las actividades de mantenimiento autónomo, eligiendo para ello las actividades de mantenimiento que, según lo observado en el taller central, son de importancia para la conservación del equipo y que son realizables por los operarios. Todas son actividades de carácter preventivo.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción básica	Equipo
Drenar humedad y sedimentos del tanque de aire		MN 015

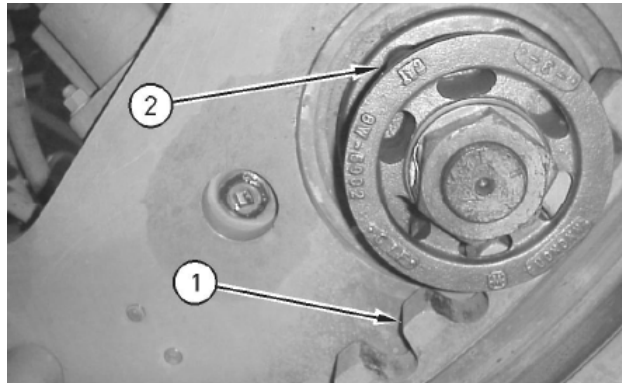
1. Abrir la puerta de acceso para dar servicio a la válvula de drenaje.



2. Los tanques de aire están ubicados en el compartimento trasero de la máquina detrás del lado izquierdo del motor. Girar la válvula de drenaje (1) a la posición de las 3:00 para drenar un tanque de aire. Girar la válvula (1) a la posición de las 9:00 para drenar el otro tanque de aire. Cerrar la válvula de drenaje.
3. Controlar estado de ajuste de mangueras y abrazaderas.
4. Cerrar la puerta.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción básica	Equipo
Lubricar dientes del piñón de mando circular		MN 015

Los dientes del piñón de mando circular están ubicados debajo de la tapa del mando circular.

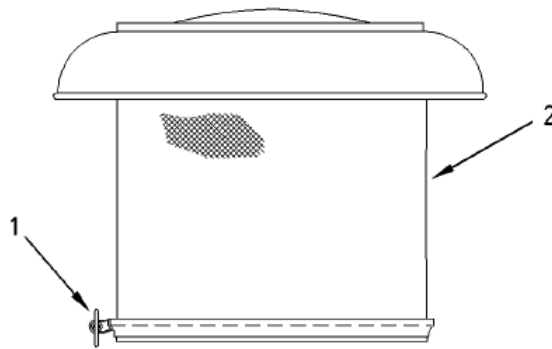


1. Limpiar la suciedad y el lubricante viejo del círculo de la cuchilla (1) y de los dientes del piñón (2).
2. Usar grasa CAT 183 – 3424 (5% disulfuro de molibdeno) para lubricar el círculo de la cuchilla (1).
3. Usar grasa CAT 183 – 3424 (5% disulfuro de molibdeno) para lubricar los dientes del piñón de mando circular.
4. Descartar adecuadamente los elementos de limpieza utilizados.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Limpiar prefiltro de aire del motor	básica	MN 015

NOTA: Realizar la tarea sólo con el motor detenido. Podrían producirse daños severos al motor.

1. Liberar el clamp (1) en la base del pre filtro de aire del motor (2).

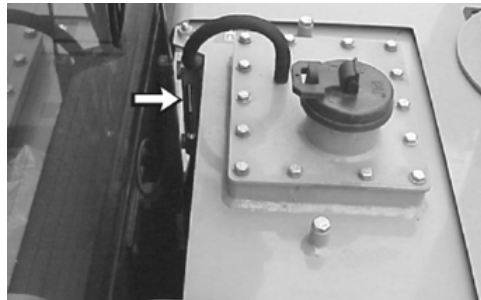


2. Remover el cartucho e inspeccionar las aberturas buscando suciedad y partículas grandes. Limpiar los tubos de ser necesario.
3. Limpiar el pre filtro (2) usando un compresor de aire desde el centro hacia afuera del cartucho, sopletear todo el cartucho hasta que deje de salir polvo. En caso de no disponer de un compresor, limpiar con agua tibia y limpia.
4. Instalar el pre filtro de aire del motor controlando su correcto montaje. Ajustar el clamp (1).

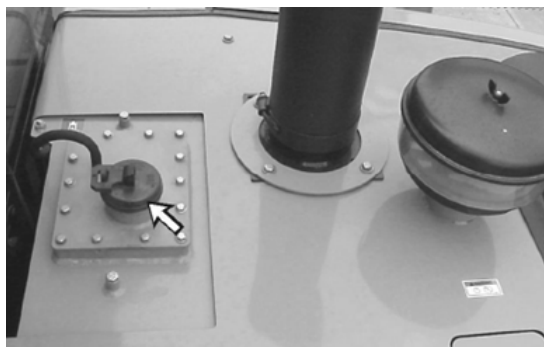
LECCIÓN DE UN PUNTO	Control	Equipo
Chequear nivel de aceite hidráulico		PF23

NOTA: Realice esta actividad con la máquina estacionada sobre una superficie nivelada.

1. Con el motor detenido, acceder a la parte superior del mismo. Mantener siempre el nivel de aceite hidráulico entre las marcas superior e inferior de la mirilla. Agregar en caso de ser necesario.



2. El tapón del tanque de llenado hidráulico está en la parte superior del compartimento del motor. Remover el tapón y agregar aceite hidráulico en caso de ser necesario.

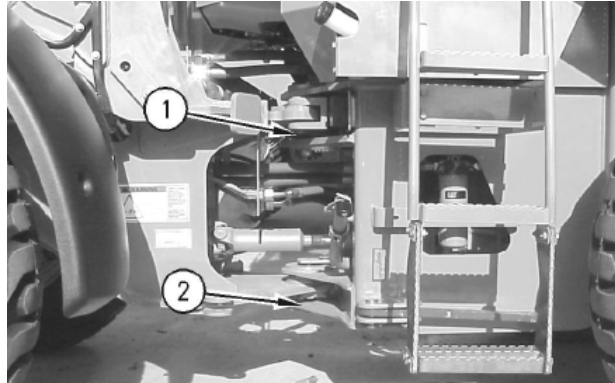


3. Limpiar y colocar correctamente el tapón del tanque de llenado.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Lubricar rodamientos de articulación	básica	PF23

NOTA: Limpiar las graseras y los puntos de engrase antes de lubricar.

1. Limpiar y aplicar lubricante en el punto de engrase de la parte superior del pivot del rodamiento.
2. Limpiar y aplicar lubricante en el punto de engrase de la parte inferior del pivot del rodamiento.

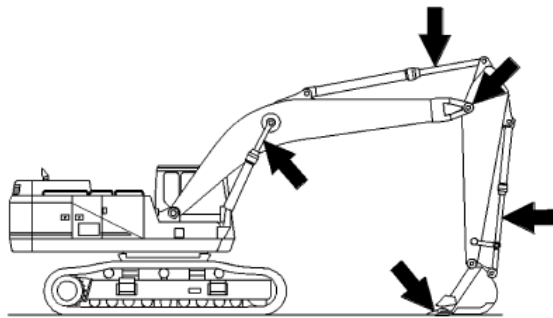


LECCIÓN DE UN PUNTO	Control	Equipo
Recorrida de inspección		RETRO 7

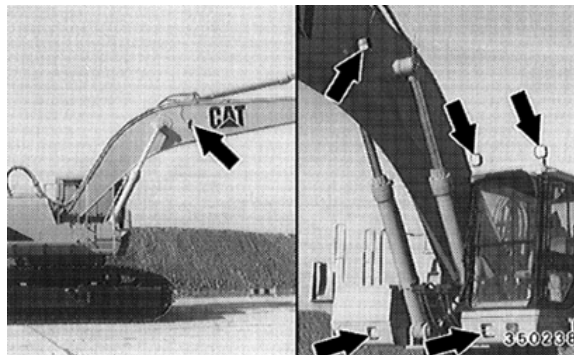
NOTA: La grasa y aceite acumulados en la máquina implican un riesgo de incendio. Remover estos restos limpiando con un paño o con agua a alta presión como mínimo cada 500 horas o cuando se observen cantidades significativas.

NOTA: Siempre inspeccionar buscando pérdidas de fluidos. Si se encuentra alguna, encontrar la fuente e intentar corregirla, en caso de no poder corregirla informar al taller central. Mientras haya pérdidas aumentar la frecuencia de chequeo de niveles de fluidos.

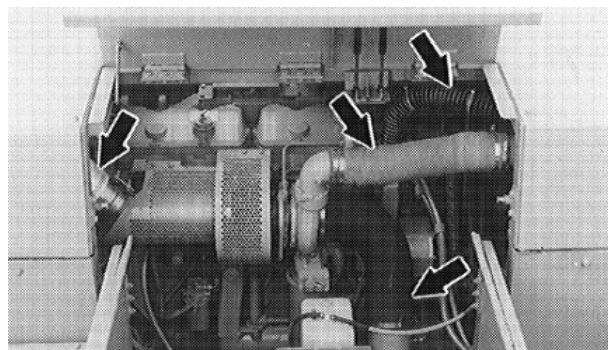
1. Revisar los implementos de los cilindros, vínculos y balde buscando daños estructurales o desgaste excesivo. Informar resultados cuando los haya.



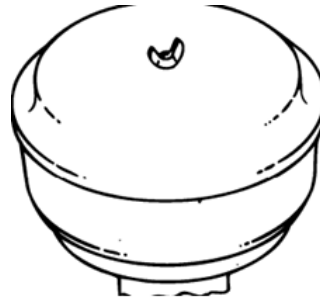
2. Revisar las luces y buscar bulbos y lentes rotos o quemados. Reemplazar inmediatamente en caso de encontrar alguno.



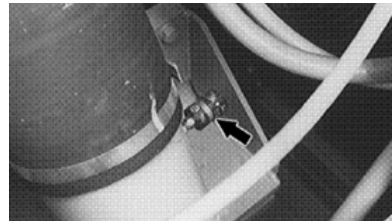
3. Revisar y remover los residuos y suciedad que se acumulan en el compartimento del motor. Revisar el sistema de refrigeración y buscar pérdidas, mangueras sueltas o flojas y suciedad acumulada.



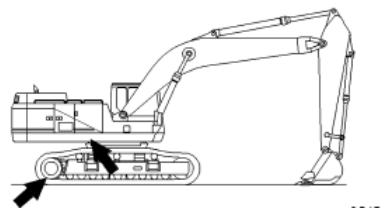
4. Revisar todas las cintas de sujeción del motor buscando las que estén desgastadas, quebradas o con bordes deshilachados. Reemplazar las que lo requieran.
5. Revisar el pre filtro de aire del motor y limpiar con aire comprimido.



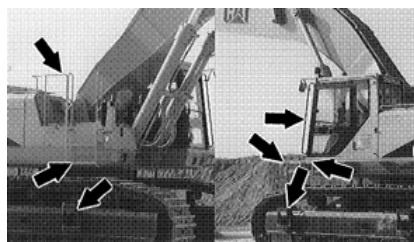
6. Revisar el indicador de limitación del filtro de aire principal del motor. Si el indicador está en la zona roja, desmontar y limpiar o reemplazar de ser necesario.



7. Revisar el sistema hidráulico y buscar pérdidas. Controlar el tanque, las juntas de los vástagos de los cilindros, mangueras, tubos, conexiones y juntas. Corregir cualquier pérdida. Inspeccionar y reparar pérdidas en los mandos finales.



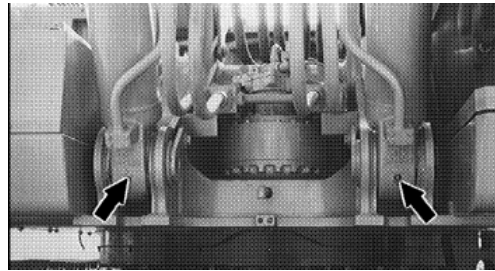
8. Revisar estribos, peldaños, agarraderas y barandas. Controlar ajuste de los bulones de sujeción. Revisar el compartimento del operario, mantenerlo limpio y con las condiciones de visibilidad adecuadas (vidrios, ventanas y espejos retrovisores).



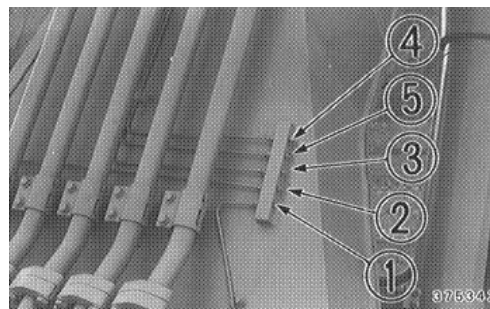
LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Lubricar vínculo de excavadora	básica	RETRO 7

NOTA: El sistema de lubricación automático lubricará los pernos de fijación del vínculo y los cojinetes de rotación a un intervalo óptimo. Controlar el funcionamiento del sistema usando el tacto para ver si los vástagos de los cilindros están lubricados.

1. Limpiar todos accesorios antes de aplicar el lubricante. Aplicar lubricante a través de los puntos ubicados en la base de cada cilindro del boom (pluma).



2. Los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 están ubicados en la base del boom. Para lubricar los rodamientos inferiores del boom, aplicar lubricante en los puntos (1) y (2). Para lubricar el vástago del cilindro aplicar lubricante en los puntos (3) y (4). Para lubricar la cabeza del stick del cilindro aplicar lubricante en el punto (5).

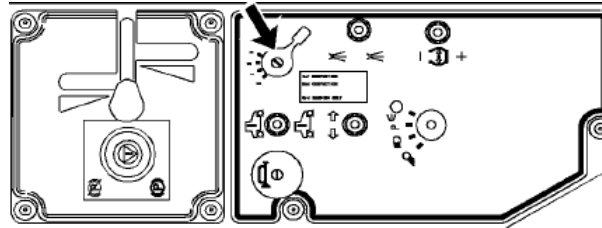


NOTA: Para una correcta lubricación de los rodamientos inferiores del boom y del vástago del cilindro, aplicar el lubricante primero cuando el boom está elevado y luego volver a aplicar con el balde apoyado en el suelo a una presión ligeramente baja.

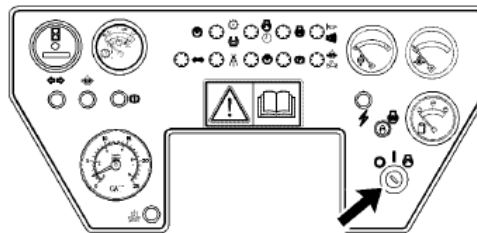
LECCIÓN DE UN PUNTO		Equipo
Controlar interruptor de arranque en punto muerto	Control	RNA 5

NOTA: La máquina debe dar un avance brusco hacia adelante si el interruptor de arranque esta desajustado. Asegurarse que no haya personal o equipamiento en el área al realizar este chequeo.

1. Colocar el switch de control de transmisión en una marcha.



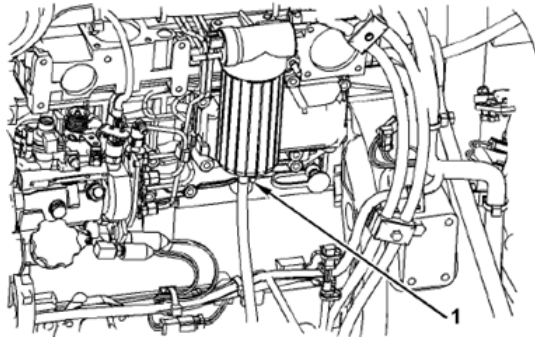
2. Mantener el interruptor de arranque en la posición START.



3. Si el motor arranca, entonces el interruptor de arranque en punto muerto necesita un ajuste. No operar la máquina hasta que la reparación del mismo se realice. Informar inmediatamente al taller central.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Drenar separador de agua del sistema de combustible	básica	RNA 5

1. Abrir el compartimento del motor.
2. El separador de agua está ubicado en el compartimento del motor en la parte trasera del mismo.



3. Abrir la válvula de drenaje (1) que está ubicada en la parte inferior del elemento separador. Dejar que el agua y los sedimentos se drenen hacia un contenedor apropiado.
4. Cerrar la válvula de drenaje (1).
5. Si luego del procedimiento el motor no arranca o se observa una pérdida de potencia, cambiar el filtro de combustible.
6. Cerrar el compartimento del motor.

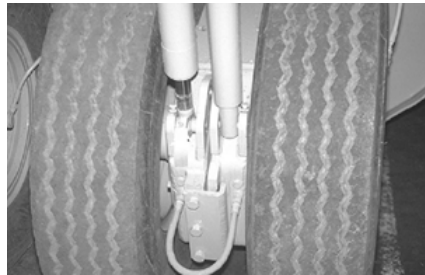
LECCIÓN DE UN PUNTO		Equipo
Limpieza y control de limpiadores de neumáticos	Control. Problema	RNA 5

NOTA: Observar siempre que no queden huellas ni zonas sin compactación efectiva luego de una pasada del rodillo.

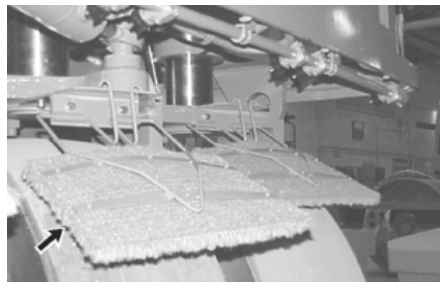
NOTA: Cuando el rodillo se encuentra haciendo desplazamientos de traslado y no se encuentra realizando tareas de compactación, levantar los limpiadores para evitar desgaste acelerado.

NOTA: Para limpiar neumáticos y reemplazar limpiadores, bloquear la máquina para prevenir desplazamientos inesperados.

1. Controlar los neumáticos buscando fragmentos rígidos adheridos o asfalto endurecido que se haya pegado a los mismos. Retirarlos.



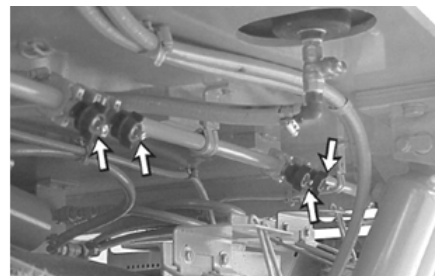
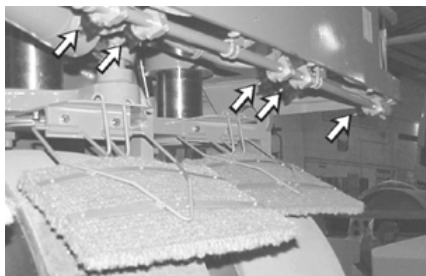
2. Aflojar y quitar los bulones de sujeción. Retirar el limpiador dañado.
3. Instalar nuevo limpiador, ajustar correctamente y colocar los bulones.



LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción básica.	Equipo
Limpiar boquillas de regadores de agua	Problema	RNA 5

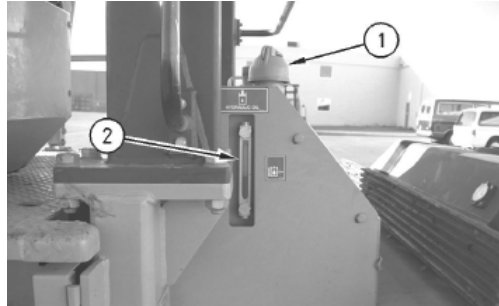
NOTA: El tanque de agua para riego debe drenarse si se trabaja en condiciones de muy baja temperatura donde puedan ocurrir congelamientos.

1. Quitar los tapones con los cobertores.
2. Limpiar los cobertores con un solvente inflamable.
3. Instalar y ajustar los tapones y los cobertores. Controlar funcionamiento correcto antes de trabajar.



LECCIÓN DE UN PUNTO	Control	Equipo
Controlar nivel de aceite hidráulico		RV 14

1. Observar el nivel de aceite hidráulico en la mirilla del indicador (2) cuando el aceite está todavía caliente. Mantener el nivel de aceite entre las marcas de la mirilla. Agregar aceite de ser necesario.



2. Para agregar el aceite, remover el tapón de llenado (19). Agregar el aceite a través del tubo, limpiar el tubo de llenado y colocar el tapón.

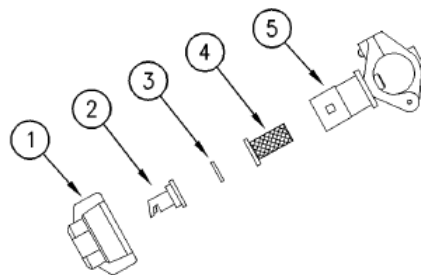
LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Limpiar boquillas de riego de agua del tambor	básica. Control	RV 14

NOTA: Los tambores delantero y trasero del rodillo deben permanecer húmedos a la hora de realizar tareas de compactación para evitar desprendimientos de asfalto.

1. Cuando se detecte que el riego en alguno de los tambores es insuficiente, ubicar las boquillas e identificar cuales están obstruidas.



2. Remover la tapa (1), la boquilla (2) y el separador (4).

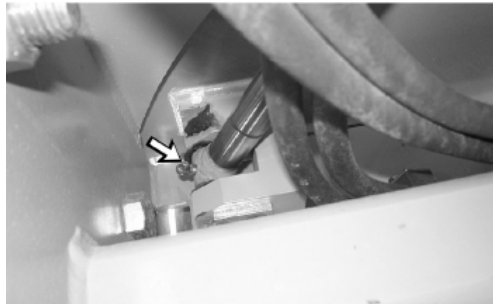


3. Lavar la boquilla (2) y el separador (4) en un solvente limpio e inflamable. Secar los componentes con aire comprimido y reemplazar cualquier componente dañado.
4. Volver a colocar la boquilla. Al hacerlo, asegurarse que la apertura de la boquilla quede de frente al tambor.

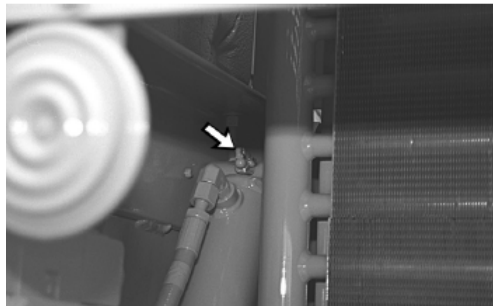
LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción básica.	Equipo
Lubricar rodamientos de cilindros de tolva		TER 14

NOTA: Hay 2 cilindros en la tolva de la máquina ubicados en cada lado de la misma.

1. Con el cilindro totalmente extendido y la tolva semi cerrada, aplicar grasa en el punto de engrase inferior.

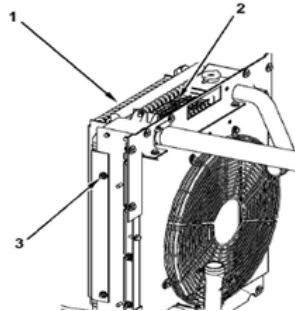


2. Con la tolva en posición abierta, aplicar grasa en el punto de engrase superior

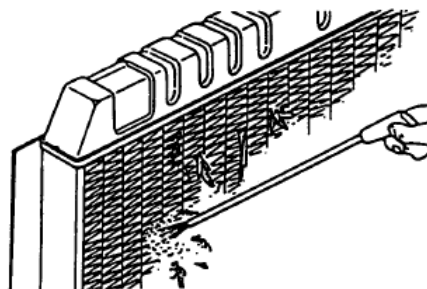


LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción básica.	Equipo
Limpiar núcleo del radiador-	Control	TER 14

1. Abrir la puerta de acceso del lado izquierdo de la máquina. El núcleo del radiador está ubicado detrás del núcleo del refrigerador de aceite.
2. Aflojar 2 bulones (3) para girar el enfriador de aceite hidráulico (1) hacia adelante. Realizado esto, se tendrá acceso al núcleo del radiador.



3. Revisar el radiador buscando partículas y suciedad adherida. Limpiar de ser necesario.



Es preferible el uso de aire comprimido, pero también se puede usar agua a alta presión o vapor para remover polvo en general y suciedad adherida. Limpiar de acuerdo al estado del radiador.

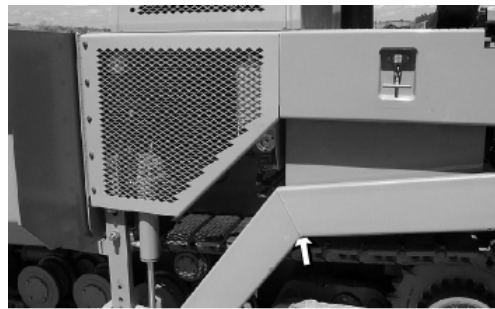
4. Cerrar la puerta de acceso.

LECCIÓN DE UN PUNTO	Acción	Equipo
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	básica	TER 14

NOTA: Bloquear la máquina para evitar desplazamientos inesperados.

NOTA: La válvula de drenaje está ubicada del lado derecho de la máquina, en la parte inferior del tanque de combustible.

1. Colocar un contenedor adecuado debajo del drenaje.
2. Quitar el tapón de drenaje de la base del tanque de combustible.



3. Drenar el agua y los sedimentos del tanque.
4. Desechar adecuadamente el contenido drenado.

7.11. Conclusión parcial

Con el análisis de fallas realizado se puede observar el valor que se le da a cada máquina según la valoración de las 4 categorías analizadas para las fallas. Luego se obtiene un valor de “Críticidad” que resulta útil para establecer prioridades entre cada tipo de máquina. Como la cantidad de fallas analizada para cada equipo no es la misma, para realizar una valoración adecuada de la criticidad se pueden sumar las 3 fallas de mayor puntuación de cada máquina.

Con la puntuación asignada a cada una de las 4 categorías analizadas, para mejorar la mantenibilidad y la confiabilidad de los equipos se pueden seleccionar las fallas con mayor puntuación en las categorías “Mantenibilidad” y “Frecuencia” y trabajar sobre ellas.

Luego se propone la aplicación del análisis PM que si bien es una herramienta para reducir a cero la frecuencia de las fallas, en este caso se usa para obtener mejores descripciones de las fallas que se considera que repercuten negativamente en los indicadores de mantenibilidad y confiabilidad.

Para los aspectos que se consideran simples pero cuya aplicación podría resultar en la prevención de algunos desperfectos y para lograr el compromiso de los operarios con la máquina, se generan las “Lecciones de un punto” propuestas bajo la filosofía T.P.M. Contar con un documento que permita el rápido conocimiento de aspectos importantes a limpiar, lubricar, ajustar o controlar resulta en un beneficio para el estado general de los equipos.

Capítulo 8

Análisis de lubricantes

La maquinaria pesada está compuesta por diversas máquinas rotativas, como motores diésel, cajas de engranajes, bombas hidráulicas y compresores de aire entre otros. Las máquinas rotativas tienen asociada una probabilidad de falla que se incrementa a medida que aumenta el nivel de desgaste del sistema.

La maquinaria pesada también depende de sistemas fluidos, tales como los lubricantes, aceites hidráulicos, refrigerantes, combustible y aire (Díaz del Río, 2002) los cuales llevan contaminantes dentro del sistema y los transportan. La presencia de contaminación anormal en un sistema puede representar una falla incipiente. Esto significa que aunque la máquina no está experimentando una pérdida en su desempeño o degradación de sus componentes, las condiciones que llevan a una falla y reducen la vida de los componentes están presentes y se deben tomar medidas.

El análisis de lubricantes es la herramienta fundamental de una estrategia proactiva para el caso de flotas de maquinaria pesada (Altman, 2005). Resulta claro también que los daños y fallas generados en los sistemas cerrados de los equipos tienen lugar internamente y que el análisis de los lubricantes se convierte en una herramienta necesaria para comprender el estado de dichos sistemas. Al respecto, Morales Lema (2007) plantea que para detectar el desgaste y otros problemas, se debe efectuar análisis de aceite sobre una base regular y que esto permitirá buscar dentro de los sistemas y localizar las áreas donde se estén produciendo problemas. Las tareas básicas del análisis de lubricantes pueden variar entre una máquina y otra, y la información que se espera obtener también puede resultar distinta entre una máquina y otra. Las partículas contaminantes que se esperan encontrar en un sistema cerrado también dependerán de la ubicación y del lugar donde se encuentre la máquina.

Para ayudar a comprender la importancia de trabajar con lubricantes en buen estado, resulta muy útil el ejemplo aportado por Komatsu en su Guía de Filtros para Motor, donde estipula que el polvo de la atmósfera consta principalmente de sílice, alúmina y óxido de hierro, sustancias extremadamente duras que en caso de mezclarse con el aceite a la hora de realizar un cambio, generarán desgaste acelerado. También se deberá considerar la suciedad e impurezas presentes en las vasijas de lubricación.

Silice (Si O ₂)	Alumina (AL ₂ O ₃)	Oxido/hierro (Fe O ₃)	Cal (Ca O)	Oxido de magnesio (Mg O)	Oxido de titanio (Ti O ₂)	Otros
34	26	15	0.5	4	1.5	20

Cuadro 8.1: Composición general del polvo del aire (Relación de peso: %)

El tamaño del polvo que flota en el aire depende del viento y otras condiciones ambientales, pero en general su valor va de 3 a 80 micrones. La relación entre el tamaño de las partículas de polvo y la magnitud del desgaste de los anillos de los pistones es la siguiente:

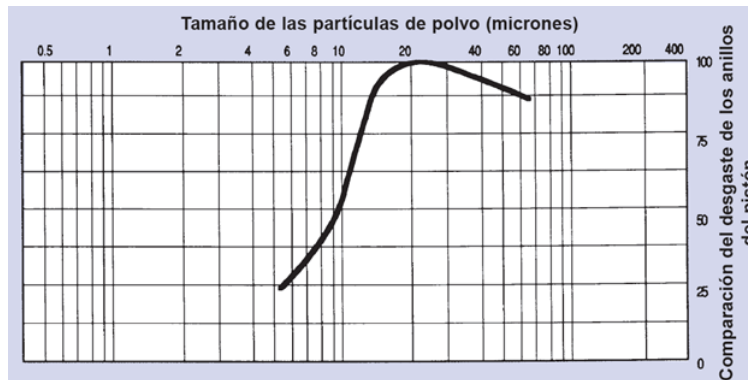


Figura 8.1: Desgaste de anillos de pistones como función del tamaño de las partículas de polvo

Donde se observa que a mayor tamaño de partículas de polvo, mayor porcentaje de desgaste. Lo que deja clara la importancia de trabajar con elementos filtrantes en buen estado con la capacidad de retener las partículas contaminantes y de realizar los trabajos con aceite en condiciones controladas, evitando la intemperie.

Otro ejemplo útil para resaltar la importancia del análisis de lubricantes puede encontrarse en Altman (2005) donde se estudia el caso particular de un motor diésel y se realiza una espectroscopia de metales (Fe, Pb, Cu, Al, Cr, Sn y Na) y se grafica el contenido de los mismos. El contenido de hierro y silicio se grafican en la escala del eje primario mientras que el contenido de hollín se grafica en el eje de la derecha:

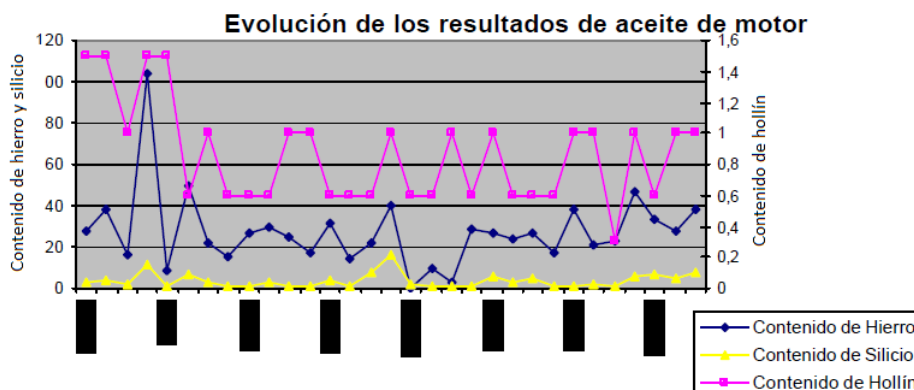


Figura 8.2: Evolución de la concentración de hierro, sílice y hollín

8.1. Propuesta para análisis de lubricantes de motor común para cargadora frontal y motoniveladora

Luego de la descripción del apartado 9, se presenta la información necesaria para el análisis de los lubricantes de los motores CAT 3116T de uso común en las cargadoras frontales Caterpillar 928G y CAT 3306 de uso común en motoniveladoras Caterpillar 140G, la empresa cuenta con máquinas de ambos modelos. Disponer de las matrices de variables y los estándares de inspección para realizar los análisis de lubricantes necesarios para todos los equipos tiene un impacto positivo en la planificación de las tareas de carácter preventivo. En este caso se presenta la información para dos modelos de equipos en particular y se realiza la propuesta de disponer en el taller de la misma información para el resto de los equipos.

8.1.1. Matriz de variables

Se utilizan para analizar las técnicas de verificación de condiciones y determinar para cada equipo las características o variables a medir.

MATRIZ DE VARIABLES CATERPILLAR 928		
PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Níquel en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Diesel en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite
	Toma de muestra	Viscosidad a 100°C del aceite
	Bomba de aceite	Presión del aceite en baja velocidad
	Bomba de aceite	Presión del aceite en alta velocidad
	Panel de control	Velocidad del motor en baja vacío
	Panel de control	Velocidad del motor en alta vacío
	Panel de control	Temperatura del agua
MANDOS FINALES	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
HIDRÁULICA	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Válvula de alivio pcpal.	Presión del aceite
	Panel de control	Temperatura del aceite
TRASMICIÓN	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite
	Convertidor	Temperatura del aceite del convertidor
	Convertidor	Presión de entrada del convertidor
	Convertidor	Presión de salida del convertidor
Bomba de transmisión	Presión de la bomba	
DIFERENCIAL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite

Figura 8.4: Matriz de variables Caterpillar 928

MATRIZ DE VARIABLES CATERPILLAR 140 G		
PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Níquel en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Diesel en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite
	Toma de muestra	Viscosidad a 100°C del aceite
	Bomba de aceite	Presión del aceite en baja velocidad
	Bomba de aceite	Presión del aceite en alta velocidad
	Panel de control	Velocidad del motor en baja vacío
	Panel de control	Velocidad del motor en alta vacío
	Panel de control	Temperatura del agua
HIDRÁULICA	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Panel de control	Temperatura del aceite
TRASMICIÓN	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite
	Convertidor	Temperatura del aceite del convertidor
	Bomba de transmisión	Presión de la bomba
	DIFERENCIAL	Toma de muestra
Toma de muestra		Contenido de Silicio en el aceite
Toma de muestra		Contenido de Aluminio en el aceite
Toma de muestra		Contenido de Plomo en el aceite
Toma de muestra		Contenido de Cromo en el aceite
Toma de muestra		Contenido de Agua en el aceite
Toma de muestra		Contenido de Cobre en el aceite

Figura 8.5: Matriz de variables Caterpillar 140 G

Las tablas anteriores identifican cada una de las variables que deben ser controladas desde el punto de vista de operación y mantenimiento de los equipos. Esta información será esencial para establecer aspectos fundamentales para la creación de los estándares de inspección, tales como disposición de instrumentos y técnicas capaces de comprobar el parámetro a ser medido, variables de condición que indiquen el estado de la máquina y el avance de una falla, los periodos de medición que permitan la detección de la falla y definan los puntos de medición para obtener valores

de control confiables que permitan una detección de los defectos de la máquina.

8.1.2. Estándares de inspección

Se utilizarán para disponer de los valores de referencia de los distintos aspectos a ser medidos en cada máquina.

ESTANDAR DE INSPECCIÓN CARGADORA FRONTAL CAT 928								
PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	TAREA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO
MOTOR DIESEL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	75 - 110	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Níquel en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	5 - 10	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	15 - 20	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	10 - 20	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	30 - 40	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	11 - 15	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	20 - 30	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Diesel en el aceite	%	Medir	Decantación	250 hs.	0	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite	%	Medir	Decantación	250 hs.	0	Servicio
	Toma de muestra	Viscosidad a 100°C del aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	250 hs.	12,5 - 16,3	Servicio
	Bomba de aceite	Presión del aceite en baja velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250 hs.	40 +- 5	Servicio
	Bomba de aceite	Presión del aceite en alta velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250 hs.	60 +- 10	Servicio
	Panel de control	Velocidad del motor en baja vacío	rpm	Chequear	Tacómetro	250 hs.	900	Servicio
Panel de control	Velocidad del motor en alta vacío	rpm	Chequear	Tacómetro	250 hs.	2325	Servicio	
Panel de control	Temperatura del agua	°C	Chequear	Sender	250 hs.	75 - 93	Servicio	
MANDOS FINALES	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	25 - 300	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	5 - 45	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 10	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 75	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	0 - 9	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 200	F. servicio
HIDRÁULICA	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 20	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 15	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 10	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 8	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	0 - 6	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 10	F. servicio
	Válvula de alivio pcpal.	Presión del aceite	psi	Medir	Manómetro	250 hs.	3600 +- 100	F. servicio
Panel de control	Temperatura del aceite	°C	Observar	Termocupla	250 hs.	60 - 80	Servicio	
TRANSMISIÓN	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. servicio
	Convertidor	Temperatura del aceite del convertidor	°C	Chequear	Termocupla	250	< 130	Servicio
	Convertidor	Presión de entrada del convertidor	Psi	Chequear	Manómetro	250	130 +- 10	Servicio
	Convertidor	Presión de salida del convertidor	Psi	Chequear	Manómetro	250	60 - 80	Servicio
	Bomba de transmisión	Presión de la bomba	Psi	Medir	Manómetro	250	400	Servicio
DIFERENCIAL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	50 - 600	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	5 - 65	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 40	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 100	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	2 - 20	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	15 - 250	F. servicio

Figura 8.6: Estándar de inspección Caterpillar 928

ESTANDAR DE INSPECCIÓN MOTONIVELADORA CAT 140 G								
PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	TAREA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO
MOTOR DIESEL	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	75 - 110	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Níquel en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	5 - 10	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	15 - 20	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	10 - 20	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	30 - 40	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	11 - 15	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	250 hs.	20 - 30	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Diesel en el aceite	%	Medir	Decantación	250 hs.	0	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite	%	Medir	Decantación	250 hs.	0	Servicio
	Toma de muestra	Viscosidad a 100°C del aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	250 hs.	12,5 - 16,3	Servicio
	Bomba de aceite	Presión del aceite en baja velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250 hs.	40 +- 5	Servicio
	Bomba de aceite	Presión del aceite en alta velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250 hs.	60 +- 10	Servicio
	Panel de control	Velocidad del motor en baja vacío	rpm	Chequear	Tacómetro	250 hs.	900	Servicio
	Panel de control	Velocidad del motor en alta vacío	rpm	Chequear	Tacómetro	250 hs.	2125	Servicio
Panel de control	Temperatura del agua	°C	Chequear	Sender	250 hs.	75 - 93	Servicio	
MANDOS FINALES	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	25 - 300	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	5 - 45	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 10	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 75	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	0 - 9	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 200	F. servicio
HIDRÁULICA	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 20	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 15	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 10	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 8	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	0 - 6	F. servicio
	Panel de control	Temperatura del aceite	°C	Observar	Termocupla	250 hs.	40 - 65	Servicio
TRANSMISIÓN	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Agua en el aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. servicio
	Convertidor	Temperatura del aceite del convertidor	°C	Chequear	Termocupla	250	< 130	Servicio
DIFERENCIAL	Bomba de transmisión	Presión de la bomba	Psi	Medir	Manómetro	250	10	Servicio
	Toma de muestra	Contenido de Hierro en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	50 - 600	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Silicio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	5 - 65	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Aluminio en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	1 - 40	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Plomo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	10 - 100	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cromo en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	2 - 20	F. servicio
	Toma de muestra	Contenido de Cobre en el aceite	ppm	Medir	Filtro	500 hs.	15 - 250	F. servicio
Toma de muestra	Contenido de agua en aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. servicio	

Figura 8.7: Estándar de inspección Caterpillar 140 G

8.2. Conclusión parcial

Las matrices de variables y los estándares de inspección permitirán obtener la información necesaria para analizar el estado de desgaste de los conjuntos cerrados mediante el análisis de lubricantes. Resulta fundamental tomar las muestras en los puntos de la máquina dispuestos para tal fin, evitar los cambios de aceite y lubricantes en obra por lo expuesto en el apartado anterior, la adecuada selección de los componentes a monitorear y el correcto establecimiento de los límites y objetivos

de limpieza. Con la información presentada se pueden confeccionar las rutinas de inspección según las necesidades del taller central, aspecto que resulta positivo ya que es el primer paso en la implementación del análisis de lubricantes como práctica preventiva habitual en la empresa.

Capítulo 9

Organización

Actualmente cuando una máquina determinada necesita ser mantenida, la novedad es comunicada por el operario al encargado del obrador y en la mayoría de los casos la intervención se solicita desde el obrador una vez que la máquina se encuentra imposibilitada para trabajar. Es decir, los pedidos de intervención que llegan desde los obradores raras veces se deben a intervenciones programadas de mantenimiento preventivo, casi siempre son de urgencia y buscan que la máquina vuelva a trabajar lo antes posible.

Cuando este pedido es comunicado al taller, se toma nota de las características y tipo de máquina, tipo de intervención necesaria, se prepara un vehículo con las herramientas e insumos necesarios (filtros, aceites, grasas, manual de la máquina, etc.) y se envía a un técnico al obrador para que brinde servicio a la máquina según lo solicitado mientras la misma continúa detenida, es decir, se reúnen varias de las condiciones que constituyen el típico mantenimiento a rotura: la falla es el hito que desencadena todas las actividades necesarias para la reparación.

Cuando el técnico llega al obrador, luego de realizar la reparación solicitada releva el estado del resto de las máquinas y al regresar al taller informa las novedades al jefe del mismo.

Cuando el técnico está en el obrador y realiza el relevamiento del resto de las máquinas, suele encontrarse con otras que tienen componentes defectuosos y necesitan reparación, o con máquinas que están en condiciones de recibir mantenimiento preventivo, pero no puede trabajar sobre dichas máquinas ya que no cuenta con las herramientas e insumos necesarios porque antes de partir hacia la obra, no tenía conocimiento del estado de estas máquinas. Fue al obrador preparado y equipado para intervenir a un equipo en particular, con lo cual se genera una nueva necesidad de intervención para la/s máquina/s extras y será necesario que el técnico vuelva al obrador más adelante para realizar los trabajos que podría haberlos hecho en su visita anterior a la obra.

9.1. Medidas actuales ante fallas/roturas

El procedimiento actual en obra es el que se muestra en la Figura 9.1. Como se observa en el diagrama de flujo, no hay documentación que se genere y se archive durante el proceso de reparación con respecto al pedido de intervención y, en caso de que el problema pueda ser resuelto en obra, no se envía información al taller sobre la falla resuelta y no se guarda información con respecto a la misma con el

fin de generar un historial de cada máquina. Todos los aspectos faltantes que se observan en cuanto a la documentación y a los procedimientos administrativos para documentar la reparación de una falla, serán nuevamente abordados en la sección posterior.

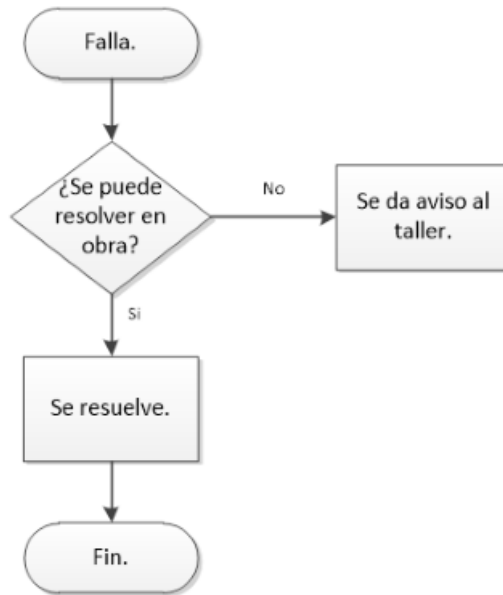


Figura 9.1: Procedimiento ante fallas

El hecho de que no se controle cuales son los repuestos e insumos utilizados durante una reparación también resulta negativo, la documentación utilizada actualmente está orientada a controlar las horas de trabajo y el consumo de combustible de cada máquina. Una vez recibido el aviso en el taller, el procedimiento es el que se muestra en la figura 9.2.



Figura 9.2: Gestión en el taller

Como se puede ver, en el taller tampoco se guarda información sobre la reparación y no se generan documentos relacionados con la intervención realizada.

9.2. Canales de información y comunicación (Maquinista - obra - taller)

Cada máquina cuenta con un documento denominado “Tarjeta de Mantenimiento” que se muestra a continuación. Es el único registro del taller con información relativa a intervenciones, fallas u otros aspectos de mantenimiento:

TARJETA DE MANTENIMIENTO

CONDUCTOR:..... Nº Int.:.....

MES:..... AÑO:.....

DIA	NAFTA	GAS OIL	ACEITE	GRASA	TRABAJO REALIZADO	KM u Hs.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
SUMA						

Figura 9.3: Tarjeta de mantenimiento

La forma en que se emplea dicho documento es la siguiente: al inicio de cada mes se completa el encabezado con los datos solicitados y diariamente el maquinista debe escribir en el espacio correspondiente al día de trabajo, la actividad que realizó en ese día. En caso de alguna novedad que haya impedido a la máquina realizar el trabajo, se deja una aclaración que dice “parada por falla” “parada por lluvia” o por el motivo que corresponda. Al terminar el día de trabajo también debe anotar la lectura del horómetro y las cantidades de grasas, lubricantes y combustibles utilizados. También como puede observarse, cuenta con dos campos para indicar la frecuencia de cambio y la fecha de los próximos cambios de aceites y filtros a realizar que deben ser completados por los operarios al final de cada mes. Según la lectura del horómetro y lo que se indique en dichos campos, el operario determinará si se está corresponden cambios de consumibles a la brevedad o no, es decir, este documento también funciona como la herramienta que lanza las actividades de carácter preventivo relacionadas a cambios de aceites y filtros.

Esta Tarjeta de Mantenimiento está en posesión del maquinista durante un mes entero y a fin de mes, desde cada obra envían al taller central todas las tarjetas de mantenimiento correspondientes a las máquinas que se encuentren en dichas obras. O sea que si en algún día de un mes determinado una máquina sufrió una falla que pudo ser reparada en obra y se dejó constancia de dicha novedad en la tarjeta

de mantenimiento, ésta será notificada al taller cuando se envíen las tarjetas de mantenimiento al final del mes.

ACEITE Y FILTRO MOTOR: (cada.....)

ACEITE HIDRAULICO: (cada.....)

FILTRO HIDRAULICO: (cada.....)

ACEITE CAJA O CONVERT.: (cada.....)

FILTRO DE CONVERTIDOR: (cada.....)

ACEITE DE DIFERENCIAL: (cada.....)

ACEITE MANDOS FINALES: (cada.....)

..... (cada.....)

CAMBIOS DE ACEITES Y FILTROS REALIZADOS

	FECHA	PROXIMO CAMBIO
ACEITE Y FILTRO MOTOR:
ACEITE HIDRAULICO:
FILTRO HIDRAULICO:
ACEITE CAJA O CONVERT.:
FILTRO DE CONVERTIDOR:
ACEITE DE DIFERENCIAL:
ACEITE MANDOS FINALES:

CUBIERTAS:

.....

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figura 9.4: Dorso tarjeta de mantenimiento

En muchas ocasiones sucede que las tarjetas de mantenimiento no son enviadas desde la obra al taller porque se extravían o porque no fueron completadas, esto se debe a que existe un tratamiento informal para con la documentación y se genera un ambiente de poco compromiso con la misma, subestimando la importancia de este aspecto del mantenimiento.

9.3. Aspectos a mejorar

Habiendo descrito las formas en que se procesa una falla y la modalidad de trabajar con la documentación, se proponen pautas de tipo organizacional para optimizar varios aspectos del área de mantenimiento, según los lineamientos propuestos por Palmer (2006) donde se destaca que la documentación utilizada en el taller debe facilitar la obtención de indicadores de mantenimiento.

9.3.1. Notificación de intervenciones de carácter preventivo

Como se describió más arriba, las intervenciones de carácter preventivo dependen del documento “Tarjeta de Mantenimiento” y es el operario quien determina la necesidad de una intervención de carácter preventivo mediante los datos contenidos en la misma. Debido al tratamiento informal que se le da a este documento, sucede que muchas veces se anota mal la lectura del horómetro al finalizar el mes o los datos sobre las fechas de los próximos cambios de aceites y filtros son mal ingresados en las tarjetas de mantenimiento. Esto da lugar a que muchas veces los cambios de los consumibles mencionados no se realicen con la frecuencia correspondiente, comprometiendo así el estado de la máquina.

Al respecto, Palmer (2006) plantea que los CMMS o “Computerized Maintenance Management Systems” resultan muy beneficiosos para el control de las intervenciones de carácter preventivo, siempre y cuando los mismos no sean utilizados sólo como “impresores de órdenes de trabajo”. Confeccionando una base de datos confiable sobre los activos de la empresa y vinculándola con un software CMMS, los inconvenientes derivados del manejo de la documentación se reducen, las intervenciones preventivas se realizan con la frecuencia adecuada y se mejora el control de inventarios, aportando así de manera positiva al estado de los equipos.

9.3.2. Ocurrencia repentina de fallas que se pueden anticipar

Cuando los mecánicos van a realizar alguna reparación solicitada para una máquina en obra, al llegar suelen encontrarse con otros equipos con problemas que no fueron notificados al taller central y en consecuencia los mecánicos no cuentan con las herramientas e insumos necesarios para atender a dichos equipos. Esto puede evitarse mediante la aplicación de algunos principios expuestos por Palmer (2006) y Pontelli (2005), a saber:

- Diseñar estándares de revisión e inspección: Varias de las fallas mencionadas podrían evitarse si se realizaran rutinas de inspección a las máquinas en obra, de esta forma al solicitar una intervención para una máquina, también se notifica al taller central sobre las posibles anomalías encontradas en otros equipos.
- Establecer un programa periódico de revisión para cada equipo: Este aspecto puede relacionarse al anterior en cuanto a que puede realizarse con un software CMMS. La aplicación de programas de revisión periódicos permitirá hallar anomalías y evitar así fallas potenciales.

9.3.3. Medición, evaluación de desempeño y resultado de intervenciones

Con la tarjeta de mantenimiento actual no se puede medir ni evaluar el desempeño y los resultados de cada intervención: Para evaluar una intervención de mantenimiento se deben considerar varios aspectos, desde las horas de trabajo invertidas, la relación entre el diagnóstico realizado y la verdadera falla hasta los consumibles utilizados.

Para lograr buenas evaluaciones sobre las intervenciones de mantenimiento, Palmer (2006) vuelve a proponer el uso de paquetes de software CMMS, destacando que una de las principales ventajas de los mismos es que permiten conocer de antemano los niveles de stock o disponibilidad de una pieza determinada y actualizar dichos niveles luego de cargar la información sobre la intervención realizada. En este capítulo se propone el uso de nueva documentación para poder evaluar los aspectos mencionados.

9.4. Documentación propuesta

Las intervenciones de mantenimiento que se realizan a las máquinas de construcción vial son diversas, desde reparaciones simples como cambiar una lámpara quemada hasta otras intervenciones más complejas que pueden llevar mucho tiempo. Con el objetivo de documentar todas las intervenciones que se realizan sobre las máquinas y así lograr un mejor control, se propone una clasificación de las tareas de la siguiente forma:

1. Reparación menor: Son trabajos que por su magnitud y complejidad no afectan a la estructura principal de la máquina averiada. Son trabajos cuya reparación se realiza en menos de una hora y por este motivo no se emitirán órdenes de trabajo (OT) aunque estos trabajos serán incluidos en un documento llamado “Trabajos no incluidos en las OT”
2. Reparación mayor: Son los trabajos que afectan a la estructura principal de la máquina averiada y que requieren de gran conocimiento y especialización por parte de quien lo realiza como así también el uso de equipamiento de mayor complejidad. Serán tareas de más de una hora de duración y por ende estos tipos de trabajos necesitarán una orden de trabajo para su realización.

Esta clasificación de tareas permite un mayor ordenamiento para generar la documentación necesaria.

La orden de trabajo propuesta se puede observar en la siguiente página. Este es el documento que se generará para cada intervención descrita en el punto 2 y la intención es obtener información para evaluar el desempeño de todos los actores del proceso de reparación: desde el pañol y depósito hasta el operario. Se busca obtener una mayor cantidad de datos que la que se obtiene con la tarjeta de mantenimiento actual.

A diferencia de la tarjeta de mantenimiento donde también se dejaban asentadas algunas intervenciones, la orden de trabajo es más completa y brinda información que será útil para realizar distintas evaluaciones y para contribuir al documento “Historial de máquina”.

Para los trabajos descriptos en el punto 1, es decir, los de duración menor a 1 hora y que no se incluyen en las O.T. se propone el documento “Informe de trabajos no incluidos en las O.T.” que se muestra luego del documento “Orden de trabajo”

9.5. Lineamientos para el mantenimiento restaurativo

Con el mantenimiento restaurativo se persigue la puesta en servicio y a disposición de la obra, de un equipo lo antes posible. Por esta razón los pilares sobre el cual se apoya son:

1. Previsión
2. Planificación
3. Proceso de reparación
4. Control del mantenimiento

Todos estos procesos están entrelazados entre sí e influyen unos sobre los otros.

1. Previsión: En el caso del mantenimiento restaurativo lo que necesitamos es fundamentalmente tratar de prever la cantidad de reparaciones que para un cierto periodo de tiempo se deben realizar. Teniendo esa cantidad se podrá luego traducir a costos de repuestos y mano de obra como así también a tiempos y fechas en la presupuestación y planificación. La precisión de este tipo de mantenimiento dependen más que en otros, de la calidad y cantidad de la información con la que se cuenta.

La previsión de las reparaciones a realizar se basan en el conocimiento de la cantidad de horas de servicio de los equipos. Se buscará contar con información sobre el MTBF para cada equipo. En algunos casos se debe hacer una estadística de fallas del equipo desde que comienza la obra a lo largo del tiempo.

Reparaciones previstas: Este tipo de reparaciones se hacen habitualmente llevando el equipo al taller central, se debe parar durante un cierto tiempo dependiendo este de muchos factores, como la disponibilidad de repuestos, mano de obra especializada, herramientas adecuadas, etc. Este tipo de reparaciones serán clasificadas como “Reparaciones Mayores” y es de suma importancia tener en cuenta que estas reparaciones en la mayoría de los casos surgen de la aplicación de las guías de mantenimiento de 2000 hs. También será importante tener en cuenta que este tipo de trabajos sólo se podrán posponer no más de 50 hs para no poder en riesgo la integridad de la máquina.

2. Planificación: En base a las horas de funcionamiento de cada equipo y las actividades previstas de acuerdo a la cantidad de horas, se deberá planificar el trabajo de los talleres. Para ello el requerimiento básico es: la cantidad de horas de trabajo de cada máquina y la guía de mantenimiento de cada equipo. Con estos datos se propone que la oficina del taller central elabore un documento para cada máquina haciendo la siguiente distinción:

1. Guías de intervención de alta frecuencia (entre 50 y 500 hs)
2. Guías de intervención de baja frecuencia (entre 1000 y 2000 hs)

Se asumirá que las fechas indicadas son de carácter estimativo.

Plan de trabajo: Es el documento que se genera en la etapa de planificación. Su herramienta es la orden de trabajo. En el plan de trabajo se deberán plasmar como mínimo las prioridades que establecen el orden de ejecución de las tareas, el

equipamiento a reparar para identificar la máquina y la fecha máxima de puesta en servicio que dependerá de muchos factores.

3. Proceso de reparación: Como hablamos de “reparaciones mayores” el proceso de reparación estará a cargo del jefe del taller y su primer objetivo será el de hacer un diagnóstico grueso de la falla y luego la reparación propiamente dicha. Del primer diagnóstico surgen los materiales a utilizar, tipo, cantidad, etc.

Para resolver los problemas mencionados en el capítulo 4 referidos a la falta de documentación sobre las reparaciones, se propone un objetivo principal que consiste en formar antecedentes, para ello se creará una carpeta con el historial de intervenciones de cada máquina, que estará compuesta por las órdenes de trabajo y la ficha de trabajos no incluidos en las O.T. en la que se hará constar quien repara, qué reparó, cuantas horas dedicó, diagnóstico de falla, forma de solución y repuestos utilizados. Esta información permitirá generar datos y permitirá previsiones y planificaciones más acertadas. Aportará a la experiencia del taller central y cuanto mayor sea la experiencia, mayor será la capacidad de reparación del mismo. Esta ficha historial también permitirá obtener información importante como probabilidades de uso de cada tipo de repuestos que permitirá conocer el requerimiento más probable y poder planificar la adquisición y mejorar la eficiencia del stock de repuestos, y las horas invertidas en la reparación para un equipo que permitirá la planificación de acuerdo a la disponibilidad de mano de obra.

4. Control del mantenimiento: Será necesario para darle feedback a la planificación. Estará orientado a ver cómo marcha lo planificado, las desviaciones y las causas. Servirá de base para futuras decisiones y fundamentalmente para la planificación y la previsión. Permitirá la generación de un nuevo documento para controlar las órdenes de trabajo y evaluar el desempeño.

9.6. Mantenimiento preventivo en obra

El taller confeccionará guías de mantenimiento preventivo para cada máquina, basándose en las guías del fabricante y en experiencias previas con máquinas similares. Estas guías reflejan en parte lo que el fabricante de la máquina aconseja por medio de los manuales, cuando y como se debe realizar una rutina de mantenimiento y puntos de engrase, entre otras cosas.

Se propone una división de las guías de mantenimiento preventivo según las frecuencias de cada intervención:

- Intervenciones de alta frecuencia: Comprende las siguientes frecuencias: Diaria, 50 horas, 100 horas y 250 horas. La mayoría de las actividades que se realizan con la frecuencia mencionada consisten en inspecciones, ajustes y lubricaciones de puntos accesibles, por este motivo serán tratadas como “Reparación menor” según se consignó en el apartado anterior y por ese motivo serán incluidas en el documento “Informe de trabajos no incluidos en las O.T.”
- Intervenciones de baja frecuencia: Se creará una orden de trabajo para realizar las intervenciones mayores que se realizan con una frecuencia de 500 horas o más, según la guía de mantenimiento del equipo.

9.7. Conclusión parcial

Se proponen mejoras para los inconvenientes presentados en la descripción de la situación actual del taller y en cuanto a la generación de documentos que permitan volcar a los mismos toda la información relativa a las intervenciones de mantenimiento, con el objetivo de poder evaluar las intervenciones. También se dan los lineamientos para las actividades de mantenimiento preventivo en obra y para las intervenciones restaurativas.

Capítulo 10

Conclusión

En el presente trabajo, se aplicaron herramientas, técnicas y recursos comunes en maquinaria de la industria manufacturera a la industria de la construcción vial. A modo introductorio se presentó a la empresa en donde se tomaron los datos, se describió brevemente el proceso de pavimentación asfáltica para luego poder presentar a las máquinas en su contexto operativo y se hizo una distinción entre la maquinaria industrial y la maquinaria de construcción vial para compatibilizar los recursos y conceptos que se plantean en algunas herramientas del mantenimiento industrial.

Seguidamente, se describieron los procedimientos actuales del taller central de la empresa y luego se procedió con la identificación, selección y categorización de las máquinas identificadas como críticas según diversos indicadores de mantenimiento. La selección de la maquinaria crítica según su MTTR y la posterior identificación de las fallas impactan en el mismo, facilitan la identificación de los problemas y situaciones que afectan al desempeño general del taller y también de los equipos desde diversas perspectivas; tales como malas prácticas, falencias del recurso humano y fallas organizativas entre otras.

Se observó que para una correcta aplicación de las herramientas de mantenimiento utilizadas en el presente trabajo, es necesario contar con datos de calidad en el momento indicado y en la cantidad requerida. La obtención de dichos datos con las características mencionadas está íntimamente ligada a los procedimientos y a la cultura de la empresa en lo que hace a la formación del recurso humano; un operario comprometido con la máquina que opera también estará comprometido con la documentación requerida y de esta forma facilitará al taller la tarea de mantener en buenas condiciones al equipo que él está operando. A tal fin, se propuso la incorporación de dos nuevos documentos al taller central que permitirán la generación de datos para evaluar el desempeño de distintas áreas y la confección de un historial de intervenciones de cada máquina, aspectos que contribuirán a un mejor desempeño del taller central y permitirán la medición de distintos aspectos de las intervenciones.

Poder distinguir a las máquinas que resultan críticas según distintos criterios pero siempre relacionados al mantenimiento, resulta beneficioso para el taller central ya que permite la rápida identificación de los equipos y, una vez identificados, permite saber cuáles de sus aspectos son los que generan la condición de criticidad para la máquina en estudio. Como alternativa para una categorización de las fallas, se realizó un análisis de las mismas para poder evaluar a cada una de ellas según los 4 aspectos propuestos para obtener un valor de “Criticidad” para los equipos que componen el tren de asfalto y para los equipos de movimiento de suelos. En ambos

casos se obtiene un valor numérico que permite categorizar a las fallas y, una vez más, identificarlas según su importancia o criticidad para tener más herramientas de decisión.

Los análisis M.B.R. y P.M. realizados permiten una mejor descripción de las fallas y permite también relacionarlas con las variables del proceso (Materiales, Medios tecnológicos, mano de obra, Medio ambiente y Métodos). Luego la aplicación de las Lecciones de un punto descriptas bajo la filosofía T.P.M. permiten generar un documento que será de utilidad para el operario a la hora de realizar las tareas diarias de inspección y mantenimiento, favoreciendo así a una mejor conservación del equipo y a una operación más segura.

Por último se presentan dos análisis de lubricantes realizados por una empresa del medio local a dos motores Caterpillar donde se muestra la importancia de realizar este análisis y cuáles son los parámetros relevantes a la hora de analizar el desgaste interno de los componentes. Luego a modo de ejemplo y por motivos de disponibilidad de datos, se presentaron para dos máquinas particulares las matrices de variables y los estándares de inspección para realizar un análisis de lubricantes y disponer de los lineamientos generales para aplicar el mismo principio al resto de la maquinaria.

Durante la realización del presente trabajo se pudieron poner en práctica varios conceptos adquiridos durante el cursado de la carrera como por ejemplo el vínculo entre operario y máquina estudiado en la materia Estudio del Trabajo, la importancia de la disponibilidad de los equipos estudiado en Planificación y control de la producción y los diversos conceptos estudiados en Mantenimiento industrial, entre otros, fueron de suma importancia al momento de realizar este trabajo. También fue necesaria una revisión bibliográfica referida a los temas de asfalto para poder incorporar los conceptos necesarios para describir las fallas de las distintas máquinas y poder vincular a dichas fallas con el impacto en la calidad del pavimento asfáltico, aspecto que fue enriquecedor en cuanto a los nuevos conocimientos adquiridos. Al mismo tiempo, el proceso de compatibilización de herramientas y técnicas comunes en la industria manufacturera para aplicarlas a máquinas móviles resultó gratificante para el autor, quien en dicho proceso y con la incansable ayuda del tutor de este trabajo pudo comprender varios conceptos del mantenimiento desde otra perspectiva, destacando que varias de las técnicas mencionadas son perfectamente aplicables a la maquinaria vial.

Índice de figuras

1.1.	Capas de un pavimento asfáltico	3
1.2.	Maquinaria móvil y maquinaria industrial	5
1.3.	Tren de asfalto	5
1.4.	Cargadora frontal Komatsu WA-200	7
1.5.	Excavadora Volvo EC 210B	7
1.6.	Motoniveladora Komatsu GD 511	8
1.7.	Rodillo de neumáticos Hamm GRW 280	9
1.8.	Rodillo vibratorio Dynapac CC 442	9
1.9.	Terminadora Barber Greene SB 131	10
1.10.	Baldes de excavadora y algunos elementos de desgaste	10
2.1.	Desprendimientos	13
2.2.	Exduación	14
2.3.	Pulido	14
2.4.	Deformaciones	15
2.5.	Grietas	15
3.1.	Propuesta de categorización de máquinas	18
5.1.	Fallas cargadoras frontales	28
5.2.	Tiempo de intervenciones cargadoras frontales	28
5.3.	Pareto de fallas	29
5.4.	Pareto de horas	30
5.5.	Diagrama de Ishikawa para PF	30
5.6.	Causas principales de demoras en PF 29	31
5.7.	Fallas excavadora	31
5.8.	Tiempo de intervenciones excavadora	32
5.9.	Pareto de fallas	32
5.10.	Pareto de horas	33
5.11.	Diagrama de Ishikawa para Excavadora	33
5.12.	Causas principales de demoras RETRO 16	34
5.13.	Fallas motoniveladora	34
5.14.	Tiempo de intervenciones motoniveladora	35
5.15.	Pareto de fallas	36
5.16.	Pareto de horas	36
5.17.	Diagrama de Ishikawa para Motoniveladora	37
5.18.	Causas principales de demoras MN 22	37
5.19.	Fallas rodillo vibratorio	38
5.20.	Tiempo de intervenciones rodillo vibratorio	38

5.21. Pareto de fallas	39
5.22. Pareto de horas	39
5.23. Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio	40
5.24. Causas principales de demoras RV 25	40
5.25. Fallas rodillo de neumáticos	41
5.26. Tiempo de intervenciones rodillo de neumáticos	41
5.27. Pareto de fallas	42
5.28. Pareto de horas	42
5.29. Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio	43
5.30. Causas principales de demoras RNA 6	44
5.31. Fallas terminadora	44
5.32. Tiempo de intervenciones terminadora	44
5.33. Pareto de fallas	45
5.34. Pareto de horas	45
5.35. Diagrama de Ishikawa para Rodillo vibratorio	46
5.36. Causas principales de demoras TER 17	46
5.37. Excavadoras	47
5.38. Cargadoras frontales	48
5.39. Motoniveladoras	48
5.40. Terminadoras asfálticas	49
5.41. Rodillos vibratorios	49
5.42. Rodillos de neumáticos	50
5.43. Categorización equipos mov. de suelos	51
5.44. Categorización rodillos compactadores	52
5.45. Categorización terminadoras asfálticas	53
6.1. Tiempo de intervenciones rodillo vibratorio	57
6.2. Pareto de horas	57
6.3. Rodillos vibratorios Caterpillar	66
7.1. Valores de los pesos relativos para cada criterio	72
7.2. Cilindro hidráulico de cargadora frontal	77
7.3. Balde de cargadora frontal	78
7.4. Detalle anclajes de balde	79
7.5. Biselado	79
7.6. Soldadura terminada	79
7.7. Excavadora auxiliando a RV bloqueado. Rumbo al taller central	80
7.8. Fragmento de asfalto adherido a tambor de RV	81
7.9. Espesor de cazoletas de tornillo sinfín	83
7.10. Cuchilla y elemento de desgaste de motoniveladora	87
7.11. Presiones de inflado	87
7.12. Superficie de contacto de neumáticos	88
7.13. Vínculos con las variables del proceso	88
7.14. Sensor	89
7.15. Indicador de presión en cabina	89
7.16. Superficie efectiva de contacto de las ruedas	89
7.17. Carga efectiva	90
7.18. Tambor de rodillo vibratorio con asfalto adherido	91
7.19. Vínculo con las variables del proceso	91

7.20. Ubicación de rascadores de tambor delanteros y traseros	92
7.21. Desprendimientos de asfalto	93
7.22. Excéntricas de tambor de rodillo vibratorio	94
7.23. Grado de compactación como función de la frecuencia de vibración (Dynapac: Conceptos sobre compactación)	94
8.1. Desgaste de anillos de pistones como función del tamaño de las partículas de polvo	114
8.2. Evolución de la concentración de hierro, sílice y hollín	114
8.3. Evolución de la concentración de aluminio, cromo, plomo y cobre	115
8.4. Matriz de variables Caterpillar 928	117
8.5. Matriz de variables Caterpillar 140 G	118
8.6. Estándar de inspección Caterpillar 928	119
8.7. Estándar de inspección Caterpillar 140 G	120
9.1. Procedimiento ante fallas	123
9.2. Gestión en el taller	124
9.3. Tarjeta de mantenimiento	125
9.4. Dorso tarjeta de mantenimiento	126
9.5. Propuesta de orden de trabajo	129
9.6. Informe de trabajos no incluidos en las órdenes de trabajo	130

Índice de cuadros

2.1. Resumen de fallas superficiales del pavimento	16
4.1. Cargadoras frontales	22
4.2. Excavadoras	23
4.3. Motoniveladoras	23
4.4. Rodillos de neumáticos autopropulsados	23
4.5. Rodillos vibratorios	24
4.6. Terminadoras asfálticas	24
4.7. Equipos de movimiento de suelos	25
4.8. Tren de asfalto	26
5.1. Cantidad de fallas y horas de detención PF 29	29
5.2. Cantidad de fallas y horas de detención RETRO 16	32
5.3. Cantidad de fallas y horas de detención MN 22	35
5.4. Cantidad de fallas y horas de detención RV 25	39
5.5. Cantidad de fallas y horas de detención RNA 6	42
5.6. Cantidad de fallas y horas de detención TER 17	45
5.7. Resumen de datos	54
7.1. Valores según el impacto de la falla	71
7.2. Resumen de fallas y duración	83
7.3. Mejoras	84
8.1. Composición general del polvo del aire (Relación de peso:%)	114

Bibliografía

- [1] Bellinger, W. Y. & Miller, J. S., (2003). Distress identification manual for the long-term pavement performance program (U.S. Department of Transportation).
- [2] Bomag Fayat Group. Handbook: Basic Principles of Asphalt Compaction (2009).
- [3] Carignano, C. & Alberto, C. (2007). Apoyo cuantitativo a las decisiones. Coop. F.C.E.
- [4] Caterpillar Construction Equipment. Manual de Rendimiento edición 35 (2004).
- [5] Caterpillar Construction Equipment. Manuales de operación y mantenimiento.
- [6] Dhillon, B. S. (2006). Maintainability, maintenance, and reliability for engineers. CRC Press.
- [7] del Río, M. D. (2001). Manual de maquinaria de construcción. McGraw-Hill Interamericana de España.
- [8] Dynapac. Manual: Conceptos sobre Compactación.
- [9] Kronick, D., Brown, D., & Brown, D. (2006). Factors affecting compaction of Asphalt Pavements.
- [10] Males Alcoser, L. J., & Morales Lema, D. D. (2007). Manual de diagnóstico de fallas de funcionamiento en maquinaria pesada de construcción civil.
- [11] Moubray, J. (1995). Reliability-centred maintenance. Elsevier Science.
- [12] Palmer, D. (2006). Maintenance planning and scheduling handbook. McGraw-Hill.
- [13] Pontelli, D., Gangi, S. & Galara I. (2005). Mantenimiento Industrial. Universitas.
- [14] Rodríguez, A. R., & Del Castillo, H. (1974). La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Vol. 2). Limusa.
- [15] Shirose, K., Kimura, Y., & Kaneda, M. (1995). PM analysis: an advanced step in TPM implementation. Productivity Press.

- [16] The Asphalt Institute: Manual de asfalto (1962). URMO S.A. De editores.