

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Implementación de un Plan de Mantenimiento  
Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica  
en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios  
San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019**

Junior Steven Reynoso Calzada

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por las bendiciones que me brinda día a día, y por la oportunidad de estudiar una carrera que fue mi pasión desde niño, y que, al finalmente estudiarla, resultó ser más apasionante de lo que me podía imaginar, por las habilidades con las que me bendijo para estar acorde de las exigencias de esta carrera, por brindarme la opción de elegir qué quiero ser en mi vida, y por los consejos de vida que se encuentran en su santa palabra.

A mi madre, la señora Sonia Marlenie Calzada Gonzáles, por su incansable lucha por hacer de sus hijos no solo buenos profesionales sino personas felices que puedan brindar un aporte a la sociedad y que la única forma para lograrlo es desarrollándonos en lo que más nos apasiona, fuiste la fuerza impulsora en todo este camino en el que tuve que sacrificar muchas cosas, pero nada comparado a estar lejos de ti, la vida no me alcanzará para agradecerte por todo lo que hiciste por mí, madre querida; por tus enseñanzas, por tu decisión, por haber depositado tu confianza en mí, a pesar de cualquier inconveniente que se presentara en el camino para cumplir este sueño.

A mi padre, el señor Jorge Luis Reynoso Inga, por sus sabios consejos como hombre para desenvolverme, no solo profesionalmente, sino en todos los aspectos de mi vida, por ser un ejemplo de valentía, de coraje, de aquel padre peruano que trabaja incansablemente con el único sueño de ver a sus hijos realizados, gracias por apoyarme en mis decisiones así no la hayas compartido porque eso es prueba del amor incondicional que siempre sentí de su parte, por enseñarme la importancia de la puntualidad, el respeto a las demás personas y junto a mi madre haber invertido todo lo que obtenías en nuestra educación sin pesar alguno y con el convencimiento de que era la mejor inversión que se puede hacer.

A mí querida hermana, la señorita Geraldine Lizet Reynoso Calzada, por haber sido, desde pequeña, defensora de mis intereses, por abogar por mí e impulsarme en las metas que me proponía, por ser su opinión decisiva en el momento que tenía que tomar una decisión, por considerarme el mejor hermano

aun con mis defectos, por ser sin duda alguna, uno de mis mayores orgullos por su inquebrantable moral y ética, y por ser mi más ferviente crítica que ayudó a superarme día a día.

A mi abuelo, el señor Félix Calzada Mayta, patriarca de mi familia, que incitó siempre a invertir en la educación y que esta es la mejor herencia que se puede dejar a tu legado, a mi abuela Cirila Gonzáles, por su inmenso amor.

A mi tío Franco Roberto Calzada Gonzáles, por ser el mejor amigo que haya podido tener, por enseñarme a ser una persona leal y amable con los demás, por darme el ejemplo de ayudar sin esperar algo a cambio, por compartir conmigo momentos de felicidad y tristeza, pero sabiendo que siempre estaría ahí para mí si algún día lo necesitaba.

Agradezco a toda mi familia, que siempre impulsó y recalcó la importancia del estudio como un camino seguro de prosperidad, personas trabajadoras que buscan siempre la superación, que son buenas y brindan un aporte a la sociedad.

Finalmente, a mis maestros al Ing. Rafael Casaño de la Cruz, por sus enseñanzas teóricas y prácticas realizadas en la universidad, al Ing. Gino Torres Peinado, que a pesar de no ser un docente, lo considero un gran maestro, por brindarme la oportunidad de trabajar en su empresa y compartir conmigo su vasta experiencia, al Ing. Rony Cabrera por darnos a conocer expectativas más amplias de lo que podemos lograr, al Ing. Ercilio Garay Quintana, por haberme dicho la mejor frase que pude haber escuchado: “El diseño es la máxima expresión de la Ingeniería Mecánica”.

## **DEDICATORIA**

A mi hija Ninah,  
mi gran amor.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria .....	iv
Índice de contenido .....	v
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	xi
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
Introducción.....	xiv
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	16
1.1.1 Problema general .....	19
1.1.2 Problemas específicos .....	19
1.2 Objetivos .....	19
1.2.1 Objetivo general .....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Justificación e importancia .....	19
1.4 Hipótesis y descripción de variables .....	21
1.4.1 Hipótesis general.....	21
1.4.2 Hipótesis específicas .....	21
1.4.3 Descripción de variables .....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1 Antecedentes del problema .....	23
2.1.1 Tesis nacionales.....	23
2.1.2 Tesis internacionales .....	25
2.2 Bases teóricas .....	26
2.2.1 Gestión de mantenimiento por órdenes de trabajo.....	26
2.2.2 Indicadores de mantenimiento.....	27
2.2.3 Orden de trabajo.....	27
2.2.4 Tarea de mantenimiento.....	28
2.2.5 Plan de mantenimiento .....	28

2.2.6	Definición de mantenimiento .....	29
2.2.7	Tipos de mantenimiento .....	30
2.2.8	Mantenibilidad .....	30
2.2.9	Función del mantenimiento.....	30
2.2.10	Modelos del mantenimiento.....	31
2.2.11	Mantenimiento correctivo.....	33
2.2.12	Mantenimiento preventivo.....	33
2.2.13	Mantenimiento predictivo.....	34
2.2.14	Mantenimiento proactivo.....	35
2.2.15	Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.....	35
2.2.16	Conceptos del RCM.....	36
2.2.17	Gestión de la seguridad en mantenimiento .....	37
2.2.18	Gestión del mantenimiento correctivo.....	38
2.2.19	Gestión de repuestos.....	39
2.2.20	Gestión de los recursos humanos en mantenimiento .....	40
2.2.21	Calidad de mantenimiento .....	41
2.2.22	Gestión de activos .....	41
2.2.23	Activos .....	41
2.2.24	Sistema de gestión de activos .....	42
2.2.25	Concepto de disponibilidad.....	42
2.2.26	Criterio de la disponibilidad.....	42
2.2.27	Relación de disponibilidad .....	43
2.2.28	Tipos de disponibilidad .....	43
2.2.29	Línea amarilla .....	45
2.2.30	Línea blanca .....	45
2.3	Definición de términos básicos .....	45
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>48</b>
	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
3.1	Método y alcance de la investigación .....	48
3.1.1	Método de la investigación .....	48
3.1.2	Alcance de la investigación .....	49
3.2	Diseño de la investigación .....	49
3.3	Población y muestra .....	50
3.3.1	Población.....	50

3.3.2 Muestra.....	50
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	51
3.4.1 Técnicas .....	51
3.4.2 Instrumentos.....	52
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>54</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>54</b>
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	54
4.1.1 Diagnóstico inicial del plan de mantenimiento .....	54
4.1.2 Historial de reporte de fallas (análisis de abril, mayo, junio).....	56
4.1.3 Tiempo medio entre fallas o MTBF.....	63
4.1.4 Tiempo medio de reparación o MTTR .....	63
4.1.5 Disponibilidad inicial de los vehículos.....	64
4.1.6 Plan de mantenimiento preventivo .....	65
4.1.7 Cartilla de mantenimiento preventivo .....	67
4.1.8 Programa semanal de mantenimientos preventivos.....	67
4.1.9 Orden de trabajo.....	69
4.1.10 Control computarizado de órdenes de trabajo.....	74
4.1.11 Evaluación del plan de mantenimiento .....	87
4.1.12 Reporte de fallas (análisis de los meses de abril, mayo y junio) .....	88
4.1.13 Análisis de resultados.....	100
4.1.13.1 Disponibilidad mecánica previa .....	100
4.1.13.2 Disponibilidad mecánica posterior .....	102
4.2 Discusión de resultados .....	104
Conclusiones.....	109
Referencias .....	111
Anexos .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2. Modelo correctivo .....	31
Tabla 3. Modelo condicional.....	32
Tabla 4. Modelo sistemático.....	32
Tabla 5. Modelo de alta disponibilidad .....	33
Tabla 6. Diseño de la investigación.....	50
Tabla 7. Clasificación de los vehículos involucrados.....	50
Tabla 8. Muestra .....	51
Tabla 9. Resumen del cuestionario aplicado en el área de mantenimiento .....	54
Tabla 10. Tabla de valores del cuestionario.....	55
Tabla 11. Análisis general del cuestionario aplicado en la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco .....	55
Tabla 12. Reporte de fallas inicial de la excavadora 336 .....	56
Tabla 13. Reporte de fallas inicial del tractor D6T.....	57
Tabla 14. Reporte de fallas inicial del camión ARA-711.....	58
Tabla 15. Reporte de fallas inicial del camión ARA-805.....	59
Tabla 16. Reporte de fallas inicial del camión ATK-845 .....	60
Tabla 17. Reporte de fallas inicial del camión AWH-886.....	61
Tabla 18. Reporte de fallas inicial del camión AWH-887.....	61
Tabla 19. Reporte de fallas inicial del camión AWH-913.....	62
Tabla 20. Resumen del reporte de fallas inicial.....	62
Tabla 21. Cálculo de tiempo medio entre fallas MTBF .....	63
Tabla 22. Cálculo de tiempo medio entre fallas MTTR.....	64
Tabla 23. Cálculo de la disponibilidad de los vehículos .....	65
Tabla 24. Plan de mantenimiento preventivo de los volquetes.....	66
Tabla 25. Plan de mantenimiento preventivo de equipos Caterpillar.....	67
Tabla 26. Secciones de las cartillas de mantenimiento.....	67
Tabla 27. Datos del programa semanal de mantenimientos preventivos .....	68
Tabla 28. Programa semanal de mantenimientos preventivos.....	68
Tabla 29. Secciones de la orden de trabajo .....	69
Tabla 30. Sección 1. Identificación.....	69

Tabla 31. Sección 2. Solicitud de trabajo .....	70
Tabla 32. Sección 3. Datos del equipo .....	70
Tabla 33. Sección 4. Datos del trabajo.....	70
Tabla 34. Sección 5. Personal involucrado .....	71
Tabla 35. Sección 6. Detalles del trabajo .....	71
Tabla 36. Sección 7. Recursos materiales .....	71
Tabla 37. Sección 8. Aprobación.....	71
Tabla 38. Hojas definidas en “CCOT” .....	75
Tabla 39. Campos de la base de datos “OTM” definida en “CCOT” .....	76
Tabla 40. Tipos de trabajo definidos en “CCOT” .....	77
Tabla 41. Origen de trabajos definidos en “CCOT” .....	77
Tabla 42. Estados de las órdenes de trabajo definidos en “CCOT” .....	78
Tabla 43. Prioridades definidas en “CCOT” .....	78
Tabla 44. Sistemas definidos en “CCOT” .....	79
Tabla 45. Campos de la base de datos “Material” definidos en “CCOT” .....	81
Tabla 46. Campos de la base de datos “Vale” definidos en “CCOT” .....	82
Tabla 47. Campos de la base de datos “Equipo” definidos en “CCOT” .....	84
Tabla 48. Resumen del cuestionario aplicado en el área de mantenimiento ...	87
Tabla 49. Tabla de valores del cuestionario .....	88
Tabla 50. Reporte de fallas final de la excavadora 336.....	89
Tabla 51. Reporte de fallas final del tractor D6T .....	90
Tabla 52. Reporte de fallas final del camión ARA-711 .....	90
Tabla 53. Reporte de fallas final del camión ARA-805 .....	90
Tabla 54. Reporte de fallas final del camión ATK-845 .....	91
Tabla 55. Reporte de fallas final del camión AWH-886 .....	91
Tabla 56. Reporte de fallas final del camión AWH-887 .....	92
Tabla 57. Reporte de fallas final del camión AWH-913 .....	92
Tabla 58. Reporte de fallas global.....	93
Tabla 59. Cálculo del tiempo medio entre falla MTBF .....	94
Tabla 60. Cálculo del tiempo medio entre reparaciones MTTR.....	95
Tabla 61. Cálculo de disponibilidad por cada vehículo.....	96
Tabla 62. Resumen de información de reporte de fallas .....	97
Tabla 63. Tabla de comparaciones de las disponibilidad inicial y final de cada equipo.....	97

Tabla 64. Horas programadas en octubre, noviembre y diciembre .....	100
Tabla 65. Horas en mantenimiento de octubre, noviembre y diciembre .....	101
Tabla 66. Disponibilidad mecánica (%) octubre, noviembre y diciembre .....	101
Tabla 67. Horas-motor octubre, noviembre y diciembre.....	102
Tabla 68. Horas programadas enero, febrero y marzo.....	103
Tabla 69. Horas en mantenimiento enero, febrero y marzo .....	103
Tabla 70. Disponibilidad mecánica (%) enero, febrero y marzo .....	103
Tabla 71. Horas-motor enero, febrero y marzo .....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tajo San Gerardo – Nexa Resources UM Atacocha .....	16
Figura 2. Organigrama de la empresa Emsermy.....	17
Figura 3. Excavadora CAT 336 D2L.....	18
Figura 4. Volquete Mercedes Benz Actros 4144K.....	18
Figura 5. Formato orden de trabajo Excavadora (EX - 003).....	73
Figura 6. Formato orden de trabajo Volquete (VQ - 079).....	74
Figura 7. Hoja “Imprimir” definida en “CCOT” .....	75
Figura 8. Hoja “OTM” definida en “CCOT” .....	81
Figura 9. Hoja “Material” definida en “CCOT” .....	82
Figura 10. Hoja “Vale” definida en “CCOT” .....	84
Figura 11. Hoja “Equipo” definida en “CCOT” .....	87
Figura 12. Comparaciones de la disponibilidad inicial y final de cada equipo ..	99
Figura 13. Comparación de la disponibilidad mecánica (%)......	105
Figura 14. Comparación de horas-motor.....	107

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal: determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019. Se realizó con el método cuantitativo, mediante una investigación aplicada y diseño experimental, definiendo como muestra ocho equipos, siendo el grupo de control el desempeño de los equipos en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018 y el grupo experimental el desempeño de los equipos en los meses de enero, febrero y marzo del año 2019, que mediante presencia y ausencia de la variable independiente (plan de mantenimiento preventivo) se midió la influencia sobre la variable dependiente (disponibilidad mecánica). Antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se obtuvo una disponibilidad mecánica promedio de los volquetes que fue de 77% y de las maquinarias pesadas (línea amarilla) de 87%, luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se obtiene una disponibilidad de 94% en los volquetes y un 95% en las maquinarias pesadas (línea amarilla) que evidencia un incremento significativo en ambas unidades, por lo que se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye positivamente en la disponibilidad mecánica.

**Palabras claves:** control computarizado, disponibilidad mecánica, órdenes de trabajo, plan de mantenimiento preventivo

## ABSTRACT

The main objective of this research is: to determine the influence of the implementation of a preventive maintenance plan on the mechanical availability in the white and yellow line of the multiservice company San Francisco de Asis Yarusyacan - Pasco - 2019 (hereinafter The Company). It was carried out with the quantitative method, through applied research and experimental design, defining as a sample eight teams, the control group being the performance of the teams in the months of October, November and December 2018 and the experimental group the performance of the equipment in the months of January, February and March of the year 2019, which by means of the presence and absence of the independent variable (preventive maintenance plan), the influence on the dependent variable (mechanical availability) was measured. Before the implementation of the preventive maintenance plan, an average mechanical availability of the dump trucks was obtained that was 77% and of the heavy machinery (yellow line) of 87%, after the implementation of the preventive maintenance plan, an availability of 94% in dump trucks and 95% in heavy machinery (yellow line) that shows a significant increase in both units, so it is concluded that the implementation of a preventive maintenance plan positively influences mechanical availability.

**Keywords:** computerized control, mechanical availability, preventive maintenance plan, work orders

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó dentro de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán y fue acerca de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, que se puede definir como un conjunto de técnicas y procedimientos para la planificación y programación de tareas de mantenimiento gestionadas mediante órdenes de trabajo y su influencia en la disponibilidad mecánica, que se puede definir como el porcentaje de tiempo de las horas programadas menos las horas en mantenimiento sobre las horas programadas. Dentro del marco descrito se tiene como objetivo principal determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019. En la búsqueda de este objetivo se planteó determinar la influencia en la disponibilidad mecánica de la implementación de un gestor de órdenes de trabajo (necesario para medir los indicadores y generar un historial de mantenimiento) y de la implementación de las cartillas de mantenimiento (elaborada a partir del análisis del historial de mantenimiento).

En base a la revisión de material bibliográfico y experiencias adquiridas, fruto del desarrollo de las actividades como planificador, supervisor e ingeniero de mantenimiento, se plantea como hipótesis que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019.

La presente investigación tiene una relevancia social en el interés de revertir la situación actual de la empresa, convertirse en una empresa rentable que permita elevar el nivel de competencia frente a las otras empresas especializadas que brindan servicios similares en operaciones mineras, y poder incrementar los frentes de trabajo no solo en la unidad minera Atacocha, sino también ampliar los servicios en otras unidades mineras, convirtiéndose en una

empresa comunal que sirva de modelo a iniciativas empresariales de las diferentes comunidades ubicadas en nuestro país.

La presente investigación se justifica en hacer uso de los conocimientos impartidos en las aulas de clase, así como implementar mejoras en procesos de trabajo para el área de mantenimiento, elaborando un control computarizado de las ordenes de trabajo que puede ser replicado en otras empresas donde se requiera realizar una mejora en la gestión de mantenimiento.

En el ámbito profesional es de interés personal presentar los lineamientos básicos con los que se realizó la gestión de mantenimiento, poniendo énfasis en el uso de las órdenes de trabajo como una herramienta poderosa para la obtención de datos que permita la elaboración de información de manera confiable y que permita el análisis del historial de mantenimiento, dado que actualmente aún hay empresas y profesionales que realizan la gestión de mantenimientos basados en un reporte diario que presenta muchas desventajas para la presentación de información válidas para la toma de decisiones oportunas.

# CAPÍTULO I

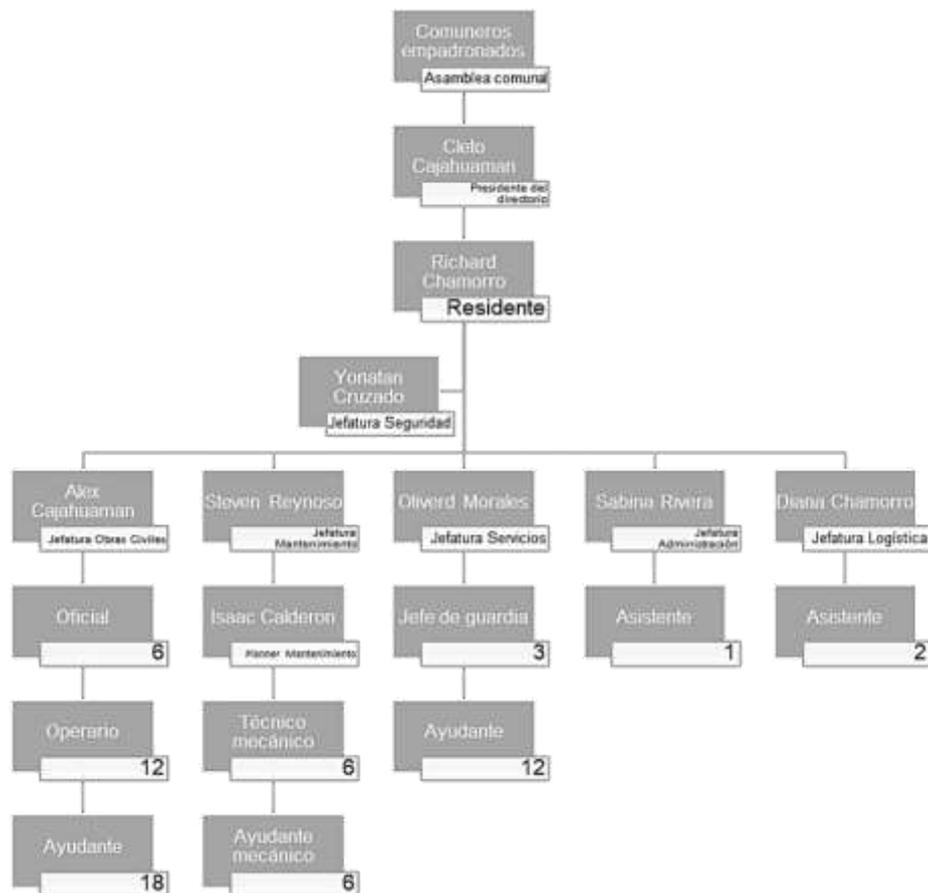
## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

La “empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán por sus siglas Emsermy S. A. C., ubicada en Bl. Yarusyacán s/n, pblo. Yarusyacán (costado de la comisaria de Yarusyacán) – Pasco. Actualmente brinda el servicio de arrendamiento de equipos a la empresa Pevoex S. A. C., empresa que a su vez mantiene un contrato con la titular minera Nexa Resources S. A. A. por el proceso de perforación voladura y acarreo de desmonte y mineral, como se muestra en la figura 1.



*Figura 1. Tajo San Gerardo – Nexa Resources UM Atacocha*



**Figura 2. Organigrama de la empresa Emsermy**

En la figura número 2, se visualiza el organigrama de la empresa Emsermy, con la que rige, actualmente, sus actividades en la UM – Atacocha, que se diversifica en tres actividades, la de obras civiles que abarca los proyectos encargados por la titular minera, la de servicios con contrato fijo y, finalmente, la empresa cuenta con un área de mantenimiento de equipos (figuras 3 y 4), donde se realiza un conjunto de acciones necesarias para mantener las máquinas en funcionamiento, reduciendo las averías y paradas imprevistas. Siendo uno de los problemas detectados el no contar con un sistema de gestión de mantenimiento, tanto para el planeamiento y programación de las órdenes de trabajo para el mantenimiento preventivo y correctivo, así como el reporte oportuno de los indicadores de mantenimiento. El mantenimiento actual de la empresa está caracterizado por la búsqueda de tareas que permitan eliminar o disminuir la ocurrencia de fallas imprevistas o reparaciones, es decir, se encuentra en una etapa preliminar de mantenimientos preventivos, la mayoría de los trabajos que se ejecutan son solo reparaciones menores propensas a recuperar la operatividad de las maquinarias. Como consecuencia de esta dificultad las

disponibilidades mecánicas de los equipos se encuentran por debajo de lo estipulado en el contrato de arrendamiento que es del 85%, traduciéndose en pérdidas económicas para la empresa, es en este sentido que se propone la implementación de un plan de mantenimiento preventivo evitando muchas paradas intempestivas y pérdidas económicas, debido a que, el realizar un mantenimiento preventivo, no implica saber exactamente cuándo y cómo puede ocurrir una falla, sino reducir la posibilidad de que falle y aumentar el lapso de tiempo entre una falla y otra.



**Figura 3. Excavadora CAT 336 D2L**



**Figura 4. Volquete Mercedes Benz Actros 4144K**

### **1.1.1 Problema general**

¿Cuál es la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019?

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019?
- ¿Cuál es la influencia de la implementación de plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019.
- Determinar la influencia de la implementación de plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019.

## **1.3 Justificación e importancia**

De acuerdo a los criterios de Hernández y col. (1), la investigación está justificada de la siguiente forma:

- **Conveniencia**, la presente investigación servirá como punto de inicio para la mejora en la gestión de mantenimiento de la empresa, que conllevará a obtener mejores resultados de cara a brindar un servicio de calidad ofreciendo el alquiler de equipos con una tasa de confiabilidad competitiva en el mercado.
- **Relevancia social**, al ser una empresa comunal fue conceptuada bajo la premisa de ser una fuente de empleos, y poder ofrecerlos preferentemente a los pobladores de la zona, la empresa fue creada por los aportes de cada una de las familias de la comunidad, y el directorio encargado quiere transformar a Emsermy S. A. C. en una empresa competitiva que pueda brindar servicios en otras unidades mineras y convertirse en una empresa modelo a nivel nacional para las otras comunidades que quieren aprovechar al máximo y verse beneficiados de las actividades mineras en sus territorios.
- **Implicaciones prácticas**, implementar un plan de mantenimiento preventivo resolverá uno de los mayores problemas que se viene presentando en la empresa, esto es, la recurrente atención de los equipos de la línea blanca y línea amarilla en el taller de mantenimiento; toda vez que con la implementación del referido plan se asegura la operatividad de los equipos por un periodo de tiempo más largo, lo cual incide favorablemente en los indicadores de mantenimiento.
- **Valor teórico**, la gestión de órdenes de trabajo es un punto débil en muchas empresas que cuentan con un área dedicada a la gestión de mantenimiento, lo cual conlleva a un mal registro de las intervenciones mecánicas que, consecuentemente, brindan datos erróneos para el cálculo de los indicadores de mantenimiento. Por eso, con el presente trabajo se pretende resaltar la importancia de las órdenes de trabajo, que radica en contar con un historial de mantenimiento -que será constantemente actualizada-, cuyos datos permitirán una elaboración óptima del plan de mantenimiento en cada año.

## **1.4 Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarsuyacán Pasco – 2019.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo influirá positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea amarilla de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarsuyacán Pasco – 2019.
- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo influirá positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarsuyacán Pasco – 2019.

### **1.4.3 Descripción de variables**

Una variable es una expresión simbólica representativa de un elemento no especificado comprendido en un conjunto. Se llaman así porque varían, y esa variación es observable y medible. Respecto a las variables “...no son entes de la realidad, no existen de modo independiente de la conceptualización que de ellas hace el investigador” (2) (p. 104). En ese sentido son conceptos de mayor o menor grado de abstracción que se elaboran para aproximarse al conocimiento de los hechos o fenómenos de la realidad.

Por lo que se puede señalar que las variables de estudio son:

#### **Variable independiente:**

**Plan de mantenimiento preventivo.** “Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos” (3) (p.78). Hay todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y en los cuales es mucho más económico aplicar una política puramente correctiva.

**Variable dependiente:**

**Disponibilidad mecánica.** La disponibilidad se define como la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en el que sea requerido. (4) (p. 67). Llevándolo a la realidad de las necesidades de la empresa, se define a la disponibilidad como la probabilidad de que un equipo se encuentre operativo sobre las horas programadas para el desarrollo de sus actividades.

**Tabla 1.**  
**Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
Mantenimiento preventivo	Es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos.	Estado actual de las máquinas	Registro de control
		Tareas de mantenimiento	Ordenes de trabajo
		Equipos	Historial Manuales
Disponibilidad mecánica	La disponibilidad se define como la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en el que sea requerido.	Probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente	Horas programadas
			Horas en mantenimiento

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Tesis nacionales**

- En la investigación “*Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transporte El Dorado S.A.C.*” (5), se plantea el problema: al implementar un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transporte El Dorado S. A. C. ¿se mejora la disponibilidad y se reducen costos?, tiene como objetivo general: establecer un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transporte El Dorado S. A. C., llega a la conclusión que de implementar la propuesta presentada permitirá gestionar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento obteniendo una mejor disponibilidad mecánica acompañado de una reducción de costos. (5)
  
- En la investigación “*Propuesta de un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles - proyecto minero La Granja, 2015*” (6), se plantea el problema: ¿cómo beneficia la propuesta de un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles – proyecto minero La Granja, 2015?, tiene como objetivo general: formular un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles – proyecto minero La Granja, llega a la conclusión que la propuesta presentada se encuentra alineada a las políticas de la empresa, el sistema de

gestión de calidad, teniendo a todos los involucrados comprometidos con el cuidado de los equipos y la correcta ejecución de mantenimientos preventivos, para poder ser sostenible en el tiempo y mantenerse con una disponibilidad entre el 97.08% y 99.96% que en el momento de la implementación presentaron (6).

- En la investigación “*Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa*” (7), se plantea el problema: ¿en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento para la constructora Obrainsa permite mejorar la disponibilidad de los equipos pesados?, tiene como objetivo general: establecer un plan de mantenimiento de los equipos pesados para mejorar la disponibilidad de los mismos, para reducir las paradas imprevistas y al más bajo costo, llega a la conclusión que la implementación de la propuesta requiere el apoyo de la gerencia para obtener resultados favorables a largo plazo, de implementarse completamente la propuesta generaría un considerable beneficio económico y que tiene una influencia positiva en la disponibilidad mecánica (7).
- En la investigación “*Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal Caterpillar 966H en una empresa de servicios, Callao, 2018*” (8), se plantea el problema: ¿cómo la propuesta de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad mecánica del cargador frontal 966H en una empresa de servicios en el 2018?, tiene como objetivo general: determinar la propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal Caterpillar 966H en una empresa de servicio, Callao, 2018; llega a la conclusión que el plan de mantenimiento preventivo representa una gran herramienta de trabajo que permite mantener en condiciones óptimas el equipo, reduciendo las fallas imprevistas permitiendo al área de operaciones mantener un flujo continuo de trabajo, incrementando su disponibilidad mecánica de un 71.42% a 93.08%, lo cual significa una influencia positiva a raíz de la implementación de su propuesta (8).

- En la investigación “*Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal New Holland en la Municipalidad de Huancán*” (9), se plantea el problema: ¿cómo proponer un plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal *New Holland* en la municipalidad de Huancán?, tiene como objetivo general: proponer un plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal *New Holland* en la municipalidad de Huancán, llega a la conclusión que antes de la implementación del plan de mantenimiento no existía un proceso de gestión, por lo que propone una gestión por órdenes de trabajo para contar con un historial de mantenimiento y que lo implementado se mantenga sostenible en el tiempo, recalca la importancia de los operadores en el conocimiento que deben tener sobre la importancia de la ejecución de los mantenimientos preventivos para un preservación del activo (9).

### **2.1.2 Tesis internacionales**

- En la investigación “*Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*” (10), se plantea el problema: ¿cómo aplicar un plan de mantenimiento preventivo a estos vehículos para aumentar la disponibilidad y costos sin mermar la seguridad y minimizando el impacto ambiental?, tiene como objetivo general: elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de vehículos tracto-camiones de una empresa de transporte para mejorar su desempeño operacional, sin descuidar la seguridad y procurando minimizar el impacto ambiental, llega a la conclusión que ajustó el plan de mantenimiento dado por el fabricante, debido al análisis realizado a las condiciones de trabajo, para el aseguramiento de la continuidad del plan de mantenimiento preventivo propuesto, implementó formatos de atención por servicio, listas de chequeos, entre otros (10).
- En la investigación “*Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de Integra S. A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*” (11), se propone un plan maestro de mantenimiento utilizando algunas herramientas de análisis propias de la metodología RCM, logrando elaborar una matriz de requerimientos, realizando un desglosamiento en sistemas y en componentes. Utilizando el AMEF (Análisis de modos y efectos de falla), detectando los subsistemas más

críticos. Identificados los subsistemas más críticos se reelabora el plan de mantenimiento proporcionado por el fabricante que se ajusta más a las condiciones propias de trabajo (11).

- En la investigación “*Diseño del sistema de mantenimiento preventivo para la flota de unidades Yutong de la Empresa Transporte Público del Estado Bolívar C. A.*” (12), se plantea el problema: ¿cómo diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para la flota de unidades Yutong de la empresa de transporte público del Estado Bolívar C. A?, tiene como objetivo general: diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para la flota de unidades Yutong de la empresa de transporte público del Estado Bolívar C. A., llega a la conclusión que al iniciar la investigación la empresa no contaba con ningún tipo de sistema conocido de mantenimiento preventivo para las unidades Yutong y que las actividades se enfocan en trabajos correctivos y que de implementarse la propuesta de plan de mantenimiento puede lograr que las unidades Yutong cumplan con su vida útil (12).
- En la investigación “*Plan de mantenimiento preventivo para Procaes*” (13), se plantea el problema: ¿cómo elaborar una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento preventivo para la línea de decapado y planta regeneradora de ácidos de Proaces?, tiene como objetivo general: elaborar una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento preventivo para la línea de decapado y planta regeneradora de ácidos de Proaces, llega a la conclusión que los manuales técnicos, catálogos del fabricante, recomendaciones del mismo, manuales de mantenimiento, experiencias personales y otras fuentes son la base para el adecuado diseño del plan de mantenimiento preventivo (13).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Gestión de mantenimiento por órdenes de trabajo**

Para una buena administración del mantenimiento es indispensable la implementación de una orden de trabajo, que viene a ser un documento que transfiere la información por todos los involucrados del área de mantenimiento al momento de planificar, programar y ejecutar un trabajo que busca mantener el

equipo en condiciones óptimas. Una orden de trabajo tiene como objetivo contener información técnica del trabajo realizado, permite llevar el control y la distribución de costos, facilita la planificación y programación del trabajo a realizarse, de la misma manera que permite el control de la ejecución del trabajo ejecutado.

### **2.2.2 Indicadores de mantenimiento**

A partir de una serie de datos, el sistema de procesamiento debe devolver información, una serie de indicadores en los que se ha de basar la empresa para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento (3) (p. 77).

No se puede mejorar lo que no se ha medido, y la agilidad de la toma de decisiones dependerá en gran medida del tiempo de obtención de los indicadores, así como la frecuencia de revisión y análisis de estos. Generalmente, en las actividades mineras, el reporte de los indicadores de mantenimiento se realiza diariamente con el fin de buscar las soluciones a los puntos urgentes de atención, incluso es una práctica habitual que, en el reporte, dependiendo de los indicadores de mantenimiento, se incluya también los pedidos urgentes para la puesta en marcha del activo.

### **2.2.3 Orden de trabajo**

La orden de trabajo es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención (3) (p.78).

El formato puede cambiar dependiendo de las exigencias que tiene cada empresa, pero generalmente debe contener los siguientes datos: (i) número de orden, (ii) activo, (iii) descripción del trabajo, (iv) materiales, (v) fecha y hora.

#### **2.2.4 Tarea de mantenimiento**

Una tarea de mantenimiento es el conjunto de actividades que debe realizar el usuario para mantener la funcionalidad del elemento o sistema (14) (p. 89).

Dentro de las órdenes de trabajo se establece una lista de tareas de mantenimiento para ser una guía para el personal mecánico encargado de la ejecución de esta. Es recomendable que estas tareas sean especificadas por el supervisor mecánico, mas no por el personal mecánico, debido a que la forma de ejecución que pretender realizar el personal mecánico no sea la óptima para el tipo de avería.

#### **2.2.5 Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que se debe realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, ya que sufre de modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y el análisis de los diversos indicadores de gestión (3) (p. 99).

Se puede definir como un conjunto organizado de listado de tareas de mantenimiento con un estimado de duración en horas, que requieren recursos humanos categorizándolos por la especialidad y el nivel de experticia alcanzado, tanto por estudios técnicos y profesionales, así como de experiencia adquirida a lo largo de su carrera profesional, que además requieren recursos materiales y hasta en ocasiones se requiere el servicio especializado de una empresa tercera. El plan de mantenimiento abarca tres tipos de actividades:

- Actividades rutinarias realizadas diariamente antes de la liberación del equipo a operaciones.
- Actividades programadas a realizarse en el transcurso del año.
- Actividades realizadas durante paradas que previamente son planificadas y programadas para una ejecución óptima.

Se puede elaborar en base a lo detallado por los fabricantes en manuales de operación y mantenimiento, manuales de partes, sistemas virtuales proporcionados por el proveedor del equipo, también se puede realizar en base a protocolos de mantenimiento que pueden ser agrupados entre flotas de las mismas características y, finalmente, también pueden ser elaborados luego de un análisis de modos y efectos de falla, realizando un proceso continuo de revisión que enriquece el plan de mantenimiento implementado a la fecha para una mejora continua.

### **2.2.6 Definición de mantenimiento**

El mantenimiento es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga (15) (p. 7).

El mantenimiento es el sustantivo correspondiente al verbo mantener. Por lo que podría entenderse como las actividades realizadas a los activos con el fin de mantenerlos en un estado de funcionamiento adecuado, para que puedan seguir brindando el servicio para los que fueron adquiridos y diseñados (4) (p. 4).

El mantenimiento es el conjunto de técnicas destinados a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (3) (p. 5).

En relación con lo mencionado por diferentes autores y de la experiencia personal adquirida del investigador, que se desempeñó en cargos afines al área de mantenimiento en operaciones mineras, se comenta que el mantenimiento se entiende como un conjunto de técnicas y procedimientos alineados a las políticas corporativas, que involucran diferentes áreas de la organización con el objetivo de conservar los equipos en servicio durante el mayor tiempo posible en buenas condiciones, proporcionando capacidad al área de operaciones para desempeñar sus actividades eficientemente, en una búsqueda constante del equilibrio en los costos y la disponibilidad mecánica requerida para el adecuado desarrollo de las actividades mineras.

### **2.2.7 Tipos de mantenimiento**

En el desarrollo de la presente investigación se irá definiendo cada uno de los tipos de mantenimiento más conocidos, mencionados y utilizados, que pueden agruparse en dos tipos de mantenimientos más generales, que vienen a ser el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Dentro de lo que comprende el mantenimiento preventivo se identifican cuatro subtipos de mantenimiento que vienen a ser las inspecciones (aquellas realizadas diariamente antes de la liberación de los equipos al área de operaciones), rutinarios (aquellos que se han mapeado como un mantenimiento realizado con una frecuencia alta), mantenimientos predictivos (aquellos que utilizan una herramienta especial para la medición de parámetros comparándolos con los proporcionados por los fabricantes) y, por último, de precisión (aquellos donde se asegura el correcto ajuste que aseguren la adecuada operación del equipo).

### **2.2.8 Mantenibilidad**

Para una mejora continua como área de mantenimiento es necesario medir la gestión con un análisis exhaustivo que abarquen indicadores más allá de los ya conocidos, como la disponibilidad mecánica, con esta premisa se dice que la mantenibilidad es una búsqueda constante de disminuir el tiempo de intervención de cada parada, mediante técnicas de análisis y estudios estadísticos que permitirán tomar un plan de acción en una permanente mejora continua.

### **2.2.9 Función del mantenimiento**

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo (4) (p. 3).

De manera personal podría agregar a esta definición, que la función del mantenimiento no recae solo en mantener un activo operativo, sino también que dentro de esta función un punto muy importante es hacerlo mientras se mantiene un equilibrio entre la disponibilidad mecánica y los gastos incurridos para obtener dichos resultados.

## 2.2.10 Modelos del mantenimiento

- **Modelo correctivo**

Refiere a prácticas básicas de mantenimiento que están enfocadas a los equipos de baja criticidad, que de quedar inoperativo no afecta en gran medida a las actividades del área de operaciones, y no compromete la eficiencia de la realización de dichas actividades. Contempla actividades rutinarias como la inspección mediante el visto bueno del formato de preuso del equipo, reparación de averías reportadas por el mismo operador, y que no hay intención de planificarlas, puesto que, resulta más económico que el trabajo por mantenimiento se realice una vez haya sucedido la avería, la lubricación del equipo realizada según la necesidad reportada del equipo, el engrase realizado según se requiera y el lavado del equipo que permita realizar una buena inspección del estado del equipo.

**Tabla 2.**

***Modelo correctivo***

<b>Modelo correctivo</b>
Inspección previa liberación
Reparación de averías
Lubricación
Engrase
Lavado

- **Modelo condicional**

Adicionalmente a las actividades referidas en el modelo anterior, se suma la realización de diferente toma de datos mediante herramientas especiales en la medición de parámetros particulares, y que de detectarse alguna anomalía en comparación con mediciones anteriores, se procederá al diagnóstico de la anomalía de la lectura, si se determinase que se basa en una falla potencial del equipo, se planificará y programará una orden de trabajo por mantenimiento para el levantamiento de la observación realizada según diagnóstico. Es importante que los procesos se encuentren bien definidos para la atención de casos como estos, caso contrario la inoperatividad del equipo se prolongará más de lo deseado.

**Tabla 3.**

**Modelo condicional**

<b>Modelo condicional</b>
Inspección previa liberación
Reparación de averías
Lubricación
Engrase
Lavado
Mantenimiento condicional

- **Modelo sistemático**

Adicionalmente a las actividades mencionadas en el anterior modelo, se incrementa el mantenimiento preventivo sistemático, que no necesariamente se puede programar en fechas específicas, más bien resulta en una programación dinámica según algún parámetro que se tome como referencia de control, que generalmente resulta ser el horómetro del equipo.

**Tabla 4.**

**Modelo sistemático**

<b>Modelo sistemático</b>
Inspección previa liberación
Reparación de averías
Lubricación
Engrase
Lavado
Mantenimiento condicional
Mantenimiento preventivo sistemático

- **Modelo de alta disponibilidad**

En algunas condiciones de trabajo es una exigencia de las actividades realizadas por el área de operaciones que la disponibilidad del equipo se encuentre muy cercano al 92%, para poder alcanzar esta exigencia tan alta se requeriría renovar la flota constantemente para poder contar con una alta confiabilidad del equipo, obviamente esto conllevaría a una inversión muy elevada por lo que no sería factible. Ahora bien, los encargados de la gestión (gestores de mantenimiento) tienen la responsabilidad de brindar una solución factible a las exigencias planteadas, es en este aspecto que el modelo de alta disponibilidad, adicionalmente a las actividades planteadas en el modelo anterior, se adiciona la puesta en cero periódica; es decir, programar la revisión completa del correcto funcionamiento y el buen estado del equipo, y en caso se requiera reemplazar un componente que se prevé va a fallar se procederá de forma inmediata sin importar que haya cumplido su vida útil entera de dicho

componente. Existen empresas especializadas que brindan el servicio de realizar todas las revisiones correspondientes y levantan todas las observaciones realizadas, incluso si el equipo aún se encuentra en condiciones de *operar*.

**Tabla 5.**  
**Modelo de alta disponibilidad**

<b>Modelo de alta disponibilidad</b>
Inspección previa liberación
Reparación de averías
Lubricación
Engrase
Lavado
Mantenimiento condicional
Mantenimiento preventivo sistemático
Puesta en cero periódica

### **2.2.11 Mantenimiento correctivo**

Consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las máquinas o equipos y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento (4) (p. 426).

El mantenimiento correctivo es el menos deseado, se considera propia de la primera generación, es de alta responsabilidad y se tiene como como objetivos del área de mantenimiento que, los mantenimientos correctivos representen el menor porcentaje de los mantenimientos realizados a cargo del área.

### **2.2.12 Mantenimiento preventivo**

Es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el equipo o maquinaria. Con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar circunstancialmente paradas en la producción o deterioro grave del equipo o maquinaria (4) (p. 429).

Desde un punto de vista operacional, una de las actividades más básicas e importantes del área de mantenimiento es la programación de los

mantenimientos preventivos, donde se llevan a cabo los planes de mantenimiento, así como los mantenimientos correctivos programados, que nacen producto de las observaciones a los trabajos realizados previamente.

La función principal del mantenimiento preventivo es conocer el estado actual de los equipos, mediante los registros de control llevados a cabo en cada uno de ellos y en coordinación con el departamento de programación, para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno (4) (p. 429).

Generalmente, los fabricantes recomiendan realizar los mantenimientos preventivos dentro de un rango del  $\pm 10\%$  del horómetro, detallado en los manuales de mantenimiento. Es importante no solo para el cuidado del equipo cumplir con la programación de los mantenimientos preventivos, sino también en la salvaguarda de un reclamo futuro por garantía, dado que al no cumplir con las indicaciones del fabricante dentro del periodo de garantía, el fabricante no se hace responsable de los daños que puedan ocasionar los desfases de los mantenimientos preventivos.

### **2.2.13 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de las fallas, con el fin de determinar en qué periodo de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente y para que esa avería no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos (4) (p. 433).

Para la implementación de mantenimiento predictivo en el área de mantenimiento es fundamental la adquisición de herramientas de medición de parámetros, con los cuales se pueda evaluar para saber si se encuentran en las condiciones adecuadas tanto de estado como de funcionamiento.

El mantenimiento predictivo basa sus principios en el conocimiento permanente del estado y la operatividad de los equipos, mediante la medición de

diferentes variables. El control que se tiene de estas variables determina la utilización del predictivo (4) (p. 434).

El solo hecho de realizar mediciones de diferentes parámetros no conlleva a un aprovechamiento de las herramientas para la implementación del mantenimiento preventivo, es muy importante el flujo de procesos implementados dentro de la empresa para poder, en primera instancia, realizar un diagnóstico de la falla, para luego materializarlo en un mantenimiento correctivo programado.

#### **2.2.14 Mantenimiento proactivo**

Es una táctica de mantenimiento dirigida fundamentalmente a la detección y la corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez localizadas las causas que generen el desgaste, no se debe permitir que estas continúen presentes en la maquinaria ya que, de hacerlo, su vida y desempeño se ven reducidos (4) (p. 451).

Dentro de los involucrados en la gestión de mantenimiento, no solo se encuentra el Área de Mantenimiento, ya que, una de las áreas más importantes para el buen desempeño de las actividades de mantenimiento viene a ser el Área de Logística que provee de manera oportuna los requerimientos solicitados para cumplir con el mantenimiento proactivo. Para esto se requiere de una estructuración de los procesos a seguir para la solicitud de requerimientos, porque las compras deben realizarse de manera programada, siendo las compras con carácter de urgencia el menor porcentaje de las compras realizadas, esto reducirá costos de mantenimiento porque no configura como eficiente el mantener un equipo a costa de elevar los costos.

#### **2.2.15 Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, como un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (15) (p. 7).

Uno de los requisitos principales y fundamentales para encontrarse en la cuarta generación del mantenimiento, viene a ser el hecho de tener implementado el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la organización.

#### **2.2.16 Conceptos del RCM**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad requiere de la definición de ciertos conceptos claves:

- **Funciones y parámetros de funciones**

Antes de la adquisición de un activo debe determinarse que es lo que los usuarios desean que realice y no se puede asegurar si el activo es capaz de realizar aquello que los usuarios esperan que realice, para esto, agrupa las funciones en dos: primarias y secundarias, siendo las primarias que resume el porqué de la adquisición del activo y las secundarias las funciones adicionales que debe realizar y que comprenda un valor agregado para la realización de la actividad para la que fue adquirida. Dentro de la empresa se cuenta con volquetes de los que se define como función principal el acarreo de material, tanto desmonte como mineral, y se definen como funciones secundarias al confort que le brinda al operador, como el aire acondicionado, música; adicionalmente, como función secundaria se requiere un reporte de desvíos por mala operación, para lo cual se instalaron equipos de monitoreo GPS que en tiempo real reporta cualquier maniobra que se considere como subestándar (15) (p. 8).

- **Fallas funcionales**

Los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable (15) (p. 8).

Por citar un ejemplo llevándolo al contexto de la presente investigación se considera como una falla funcional la pérdida de potencia del motor de un volquete que impida el acarreo del material (desmonte o mineral).

- **Modos de falla**

Son todos los hechos que de manera razonable puedan haber causado cada estado de falla (15) (p. 9).

Siguiendo con el ejemplo, la pérdida de potencia puede ser porque los inyectores se encuentran en mal estado debido al uso de combustible de baja calidad.

- **Efectos de falla**

Describe lo que ocurre con cada modo de falla (15) (p. 9).

En este caso se comenta que las partículas que se encontraban en el combustible dañaron la bomba de inyección e inyectores, originando que trabajen deficientemente, teniendo pérdidas de energía que conlleva a la pérdida de potencia de motor.

- **Consecuencias de falla**

Cada una de las fallas de los activos afecta a la organización de algún modo en específico (15) (p. 10).

En este caso, la consecuencia sería perjudicar el ciclado de los viajes de los volquetes, originando una producción con costo elevado, que se traduce en pérdidas económicas.

### **2.2.17 Gestión de la seguridad en mantenimiento**

Lo primero que hay que intentar es evitar los riesgos, y si no se puede conseguir, evaluar los riesgos que no se puedan evitar y tomar las medidas necesarias para minimizar estos riesgos (3) (p. 32).

Dentro del rubro minero, la seguridad es el punto más importante a tomar en consideración, el estado en preocupación por evitar los accidentes por trabajo establece un reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería mediante D. S. N.° 024-2016-EM, con su modificatoria bajo D. S. N.° 023-2017-EM, lamentablemente las acciones gubernamentales se han direccionado a evadir

responsabilidades y castigar a los culpables, ante los accidentes de trabajo, en vez de establecer mecanismos efectivos para la prevención de riesgos.

### **2.2.18 Gestión del mantenimiento correctivo**

Si bien es cierto que el mantenimiento correctivo no se puede programar, lo que sí se puede hacer es la planificación de los trabajos que surgen a partir de la parada de un equipo, así como detallar el flujo del proceso para la atención eficiente mediante la cual se pueda obtener un tiempo medio para reparar bastante corto.

No es posible gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente (3) (p. 65).

Para la realización de un mantenimiento correctivo se requieren de aproximadamente 10 tiempos empezando por el (i) tiempo de detección, aquel tiempo que transcurre entre el origen del problema (no se evidencia la falla) y su detección (se evidencia la falla), (ii) tiempo de comunicación, aquel tiempo que transcurre entre la detección del problema (detectada por el operador) y la localización del equipo (mensaje recibido por el supervisor de turno) la comunicación puede realizarse de manera directa sin atravesar por intermediarios, pero en algunas empresas establecen que el operador reporta a su supervisor de operaciones y este a su vez al supervisor de mantenimiento, (iii) tiempo de espera, aquel tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería (área de mantenimiento informada) hasta el inicio de la reparación (ejecución del procedimiento establecido antes de intervenir el equipo), (iv) diagnóstico de la avería, aquel tiempo requerido para que el personal mecánico diagnostique el porqué de la falla, este tiempo depende en gran medida de la capacidad y experiencia del técnico a cargo de la tarea, generalmente es recomendable asignar este tipo de actividades al personal considerado de alta experticia, (v) acopio de herramientas y medios técnicos necesarios, cuando la falla que origina que el equipo no pueda acercarse al taller de mantenimiento requiere, en muchas ocasiones, herramientas no trasladadas en primera

instancia, con el objetivo de reducir este tiempo se pueden adoptar buenas prácticas como el contar con una caja de herramientas estándar para la atención de equipos en campo, (vi) acopio de repuestos y materiales, aquel tiempo que se requiere para la llegada de los repuestos, materiales e insumos a la ubicación del equipo en reparación, de no contar con stock en el almacén, la atención del equipo dependerá de la agilización de la gestión con las otras áreas involucradas con la gestión de mantenimiento, (vii) reparación de la avería, una vez se cuente con todo lo necesario se requiere de un tiempo para realizar la actividad en sí para poder poner en condiciones de operatividad el equipo, notándose que para la reparación del equipo se ha pasado anteriormente por seis instancias, pero el regreso a operaciones aún no se ha concretado, (viii) pruebas funcionales, es aquel tiempo que se requiere para comprobar que el equipo ha quedado adecuadamente reparado, y que brinda la confiabilidad que no volverá a presentar una parada en el corto plazo por el mismo reporte, (ix) puesta en servicio, aquel tiempo que transcurre entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio del equipo, para la reducción de este tiempo y de la detallada en el segundo ítem es de vital importancia el correcto funcionamiento de los canales de comunicación, (x) redacción de informes, a diferencia de los anteriores tiempos, este no configura dentro de la parada del equipo, pero sí configura en las horas-hombre empleadas para la realización de la actividad, como comentario adicional se podría decir que de la calidad del informe dependerá la influencia de este aprendizaje en futuras averías similares a la presentada y solucionada luego de atravesar por estas diez instancias.

### **2.2.19 Gestión de repuestos**

Además de optimizar el consumo de repuestos, hay que buscar un compromiso entre la cantidad de dinero a inmovilizar en la adquisición de repuestos y la disponibilidad deseada en la planta (3) (p. 102).

Los costos en los repuestos representan uno de los mayores porcentajes de inversión dentro de la gestión de mantenimiento, es recomendable y hasta cierto punto un requerimiento para considerarse eficientes gestionar adecuadamente, no solo el abastecimiento oportuno de los repuestos, sino también del límite máximo que sea un punto de equilibrio entre la disponibilidad

y la inversión, esta inversión se debe mantener en un rango dictaminado, sin picos altos ni bajos que permitan a la organización contar con una estabilidad financiera y poder seguir brindando las condiciones para la realización de las actividades de cada área de la organización.

#### **2.2.20 Gestión de los recursos humanos en mantenimiento**

Los recursos humanos requeridos en el área de mantenimiento representan otro de los mayores costos, por lo que su planificación debe realizarse de manera que se pueda garantizar la realización de las actividades de manera oportuna, pero evitando las improductividades que un exceso de personal pueda provocar.

Conviene preocuparse por la mano de obra, si se pretende optimizar (y esto significa gastar menos para hacer lo mismo o más) (3) (p. 123).

Nos plantea cuatro preguntas que debe resolver el plan de la gestión de los recursos humanos en mantenimiento (i) ¿se tiene la cantidad de personal necesaria?, si se tiene más de lo que se debe emplear, se estará derrochando recursos económicos, pero si se tiene menos, el tiempo de respuesta puede no ser el adecuado, con lo que se estaría malgastando dinero; en forma de pérdida de producción, ninguno de estos dos escenarios es conveniente por lo que la cantidad idónea dependerá mucho de la técnica de cálculo con la que se realice, (ii) ¿el personal tiene la información adecuada?, es necesario identificar y mapear el nivel de conocimiento con la que cuenta el personal y de la misma manera identificar y mapear las carencias que presenta, para tomar las estrategias pertinentes para brindar la posibilidad de fortalecer sus carencias, (iii) ¿el personal está organizado del modo adecuado?, puede ser representado por un organigrama aprobado, previo sustento del requerimiento por parte del líder de área, (iv) ¿el personal tiene el rendimiento adecuado?, para responder a esta pregunta es pertinente encontrar formas de comprobar el rendimiento del personal mediante técnicas y métodos que garanticen la calidad de información, pero que no requieran de mayor inversión en tiempo y dinero (3) (p. 124).

### **2.2.21 Calidad de mantenimiento**

Por calidad en mantenimiento se entiende: máxima disponibilidad al mínimo coste (3) (p. 145).

Para poder cumplir con este ambicioso objetivo, es necesario: disponer de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario, que esta sea suficientemente cualificada para llevar a cabo las tareas que sean necesarias realizar, el rendimiento de dicha mano de obra sea el más alto posible, de la misma manera, es importante disponer del equipamiento en herramientas y condiciones laborales enfocado a los equipos que se tiene en cartera; así también, que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos técnicos necesarios, que lo consumido en materiales y repuestos sea el más bajo posible, es responsabilidad del personal gestor disponer de métodos de trabajo adecuados para acometer las tareas de mantenimiento, con los recursos que se cuentan, las reparaciones que se ejecuten deben ser fiables; vale decir, que no vuelvan a producirse en el corto plazo, de la misma manera, es importante brindar la capacidad operativa a la organización y, finalmente, la gestión documentaria permita generar información valiosa para la toma de decisiones (3) (p. 146).

### **2.2.22 Gestión de activos**

Aenor define a la gestión de activos como una actividad coordinada de una organización para obtener valor de sus activos.

En este aspecto se puede interpretar que el alcance de la gestión de activos no solo involucra al área de mantenimiento, sino a todas las áreas de la organización para poder obtener utilidades de los activos disponibles, para el uso según requieran las operaciones.

### **2.2.23 Activos**

Aenor dice que, un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero.

Dentro de las organizaciones se establecen los activos a adquirir según las necesidades de las actividades a realizarse, estos activos deben estar acorde de las condiciones del entorno donde desarrollarán sus actividades, debido a que, dependiendo de las condiciones variará el rendimiento de los componentes.

#### **2.2.24 Sistema de gestión de activos**

Aenor hace una diferenciación entre la gestión de activos y el sistema de gestión de activos, definiendo a esta última como un conjunto de elementos interrelacionados y que interactúan entre sí para establecer la política de gestión de activos y los procesos para lograr dichos objetos.

Estas políticas de gestión de activos deben estar alineadas a las políticas organizacionales.

#### **2.2.25 Concepto de disponibilidad**

La disponibilidad se define como la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido. Por lo que se puede representar como una relación de la siguiente manera (4) (p. 67):

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\text{Tiempo en que el elemento o máquina puede operar}}$$

El tiempo en que el elemento o máquina puede operar varía dependiendo de las condiciones establecidas del servicio que se brinda.

#### **2.2.26 Criterio de la disponibilidad**

Para fines prácticos dentro de las programaciones de las actividades en el servicio que se le brinda al cliente, se establecen dos jornadas laborales de doce horas cada una, por lo que se obtendría un total de veinticuatro horas programadas por día, de las cuales se descuenta media hora como reparto de guardia y una hora de almuerzo, estas horas son netamente responsabilidad de operaciones, estas horas se encuentran dentro de las demoras operativas contempladas en la operación, mientras que el equipo se encuentre mecánicamente disponible, en caso contrario la media hora de reparto de

guardia y la hora de almuerzo sí afectaría en el cálculo de la disponibilidad mecánica como equipo inoperativo. Dentro de las responsabilidades del área de mantenimiento se establece que los mantenimientos correctivos y los mantenimientos preventivos deben ser considerados como paradas de los equipos contabilizando horas en mantenimiento. Con lo dicho, la relación podría expresarse de la siguiente manera:

$$Disponibilidad = \frac{H_{Programadas} - H_{Mantenimiento}}{H_{Programadas}}$$

**Siendo:**

$H_{Programadas}$ : horas programadas (24 horas)

$H_{Mantenimiento}$ : horas en mantenimiento (inspección, correctivos, preventivos)

De acuerdo al contrato suscrito con el cliente, se establece un mínimo requerido del 85% de disponibilidad mecánica.

### 2.2.27 Relación de disponibilidad

La relación de disponibilidad explica la interacción de los tiempos útiles y los tiempos de fallas debidas a reparaciones (imprevistos) o mantenimientos planeados, así como de otros tiempos relevantes en la disponibilidad o no de las máquinas. Se puede expresar de la siguiente manera (4) (p. 76):

$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

### 2.2.28 Tipos de disponibilidad

- **Disponibilidad genérica**

La información de la que se dispone solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Utiliza los parámetros: (i) tiempo útil en el que el equipo funciona correctamente y (ii) tiempo no operativo. Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (4) (p. 77).

La disponibilidad genérica no brinda la información necesaria para el análisis que, como gestores de mantenimiento, se puede realizar; configura como uno de los indicadores más básicos, siendo su ventaja principal la practicidad con la que puede llevar el registro.

- **Disponibilidad inherente o intrínseca**

Es aquella disponibilidad que solo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo al no ser exógenas a él. Utiliza los parámetros (i) tiempo medio entre fallas y (ii) tiempo medio para reparar. Resulta útil cuando se quieren controlar las actividades de mantenimiento correctivo no planeadas (4) (p. 80).

La disponibilidad inherente o intrínseca permite el análisis del tiempo de respuesta que se brinda como área de soporte para operaciones; es decir, de la agilidad del servicio.

- **Disponibilidad alcanzada**

Es muy rigurosa en el manejo y la especificación de la información y de los datos, y requiere un manejo detallado y preciso. Utiliza los parámetros (i) tiempo útil promedio de la máquina entre dos actividades de mantenimiento, (ii) tiempo útil entre mantenimientos correctivos, (iii) tiempo medio útil entre dos mantenimientos planeados, (iv) tiempo medio para reparar, (v) mantenimientos planeados. Resulta útil cuando se desean controlar las tareas planeadas de mantenimiento y las correctivas por separado; no registra necesariamente los tiempos de espera (demora) (4) (p. 81).

- **Disponibilidad operacional**

La disponibilidad que toma en cuenta los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos; trabaja con las actividades planeadas y no planeadas de mantenimiento, en forma conjunta. Utiliza los mismos parámetros que la disponibilidad alcanzada más los correspondientes a demoras tales como: (i) retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación (ii) retrasos logísticos en la obtención de insumos para la

reparación. Es ideal cuando se tiene la intención de controlar los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos (4) (p. 85).

- **Disponibilidad operacional generalizada**

La disponibilidad para utilizar cuando se cuenta con equipos que funcionan más no producen. Se utiliza cuando se desea predecir la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Esta disponibilidad es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero también es la más exigente y costosa de implementar y requiere de un conocimiento avanzado de los responsables para realizarlo, la empresa debe contar con experiencia llevando a cabo este control. Utiliza los mismos parámetros que la disponibilidad operacional, pero se agregan los tiempos útiles más cercanos en fecha cuando el equipo funciona, pero no produce (4) (p. 88).

#### **2.2.29 Línea amarilla**

Dentro del rubro de operaciones a tajo abierto se definen como equipos de línea amarilla: (i) *bulldozer* (ii) excavadora (iii) cargador frontal (iv) motoniveladora (v) rodillos y compactadores necesarios para la operación de este tipo de minado.

#### **2.2.30 Línea blanca**

Para el acarreo de mineral y desmonte dentro de las consideraciones para las operaciones a tajo abierto se definen como equipos de línea blanca al camión volquete.

### **2.3 Definición de términos básicos**

- **Activo:** es lo que posee valor potencial o real para una empresa.
- **Historial del activo:** muestra el registro de todas las intervenciones y costos creados para un activo.
- **Programa semanal de trabajo:** muestra en una vista el detalle de las órdenes de trabajo programadas para una semana laboral por especialidad o por departamento.

- **Programa semanal de trabajo:** muestra en una vista el detalle de las órdenes de trabajo programadas para una semana laboral por especialidad o por departamento.
- **Backlog:** muestra la carga de trabajo pendiente expresada en semanas y en cantidad de órdenes de trabajo.
- **Indicadores de gestión:** muestra el estado general de las órdenes de trabajo generadas en un determinado periodo.
- **Costos por tipo de trabajo:** muestra el costo total de las intervenciones de mantenimiento seccionado por tipo de trabajo.
- **Centros por centro de costo:** muestra el costo total de las intervenciones de mantenimiento seccionado por centro de costo.
- **Mano de obra:** muestra la trazabilidad de horas-hombre por cada especialidad de mano de obra.
- **Plan:** es el establecimiento sistemático de una intención o proyecto elaborado antes de la realización de una acción con objetivo de encauzarla y dirigirla.
- **Mantenimiento:** es brindar la seguridad que los activos de la organización continúen realizando las tareas para las que se adquirieron.
- **Gestión:** llevar a cabo determinadas diligencias que hacen posible la realización de una actividad o un anhelo cualquiera.
- **Disponibilidad mecánica:** porcentaje de tiempo de un periodo en el que un equipo estuvo disponible para operar.
- **Porcentaje de utilización:** porcentaje de tiempo de un periodo en el que un equipo operó de acuerdo a la disponibilidad brindada.

- **MTBF (tiempo medio entre falla):** tiempo que transcurre entre una falla y otra falla en un periodo de tiempo.
- **MTTR (tiempo medio para reparar):** tiempo promedio en que se demora la corrección de una falla independientemente del origen de esta.
- **Confiabilidad:** capacidad de un activo de seguir realizando su función tal cual fue prevista, según la programación de actividades de la organización.
- **Mantenimiento correctivo:** realizar la corrección de fallas observadas en los activos, configura la forma más básica de mantenimiento y se remonta a la primera generación de mantenimiento.
- **Mantenimiento preventivo:** conservación de los activos de la organización mediante programas de revisión y reparación que puedan garantizar el correcto funcionamiento del activo.
- **Mantenimiento predictivo:** es la técnica que mediante instrumentación especializada permite pronosticar la falla de un componente, dadas las características actuales de trabajo.
- **Mantenimiento proactivo:** se enfoca en la corrección de causas raíz que originan las fallas en los activos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

Se aplica el método inductivo, cuyo propósito es generalizar premisas particulares que infieren conclusiones generales o universales.

El objeto de estudio es el mantenimiento:

Este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría (16) (p. 59).

Mejorar la disponibilidad a través de un mantenimiento preventivo aplicado a los equipos o máquinas de una determinada empresa y cuyo método puede replicarse en áreas de mantenimiento de diferentes empresas industriales.

El tipo de investigación es aplicada, su objetivo es utilizar los conocimientos, descubrimientos y conclusiones de la investigación básica, para solucionar un problema concreto (17) (p. 114).

El área de mantenimiento, en general, ha evolucionado en el transcurso del tiempo en función a las necesidades de cada empresa que tiene maquinaria implementada, por lo cual, la teoría de mantenimiento se aplica en las diferentes empresas con ciertas particularidades, en diferentes contextos, así como la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán para aumentar la disponibilidad de sus máquinas.

### **3.1.2 Alcance de la investigación**

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos y fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, es decir, están dirigidos a responder las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales [...] su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (1) (p. 84).

A través del desarrollo de la investigación, lo que se pretende es explicar la causa de mantenimiento que genera una baja disponibilidad y en base a los resultados, retroalimentar para generar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los efectos en la disponibilidad de los equipos.

### **3.2 Diseño de la investigación**

Se realizó un diseño con grupo control aleatorizado y posprueba, Es decir los equipos críticos son seleccionados y se evalúa la disponibilidad inicial (O1) de una flota de vehículos (GC), sin habersele aplicado el programa de mantenimiento y posteriormente se le aplicó un estímulo (mantenimiento preventivo), para poder ver su efecto en la variable dependiente (disponibilidad), esto para realizar una comparativa entre el estudio inicial y final.

**Tabla 6.**  
**Diseño de la investigación**

Esquema del diseño experimental
GC: O1-----O1 GE: O1----X----O2
G: vehículos involucrados en el estudio O1: disponibilidad inicial Y: mantenimiento preventivo O2: disponibilidad final

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que presentan características comunes (18) (p. 137).

Para la presente investigación como población se considera a la flota de equipos con las que la empresa cuenta actualmente, que vienen a ser los equipos de línea blanca, línea amarilla, vehículos livianos y auxiliares.

**Tabla 7.**  
**Clasificación de los vehículos involucrados**

Maquinarias evaluadas				
Clasificación	Tipo	Marca	Modelo	Placa
Línea amarilla	Excavadora	Caterpillar	336D2L	EXC-003
	Tractor oruga	Caterpillar	D6T	TR-001
Línea blanca	Volquete	Mercedes Benz	Actros 4144K	AWH-913
	Volquete	Mercedes Benz	Actros 4144K	AWH-887
	Volquete	Mercedes Benz	Actros 4144K	AWH-886
	Volquete	Volvo	FMX 8X4R	ATK-845
	Volquete	Volvo	FMX 6X4R	ARA-805
	Volquete	Volvo	FMX 6X4R	ARA-711

#### 3.3.2 Muestra

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que se llama población (18) (p. 141).

Para la presente investigación, para la elección de la muestra, se trabaja con los mismos equipos, por lo cual se puede afirmar que se trabajó en base a una población censal (8 equipos); con equipos de curso normal de los trabajos

programados por el área de operaciones, en este caso, la actividad de acarreo de mineral y desmonte representa la actividad programada diariamente y que es vital para las operaciones, ya que, de esta depende la unidad de medida con la que se realiza la valorización mensual entre la titular minera y la empresa especializada. Para la actividad de acarreo de mineral y desmonte existen dos equipos críticos con los que ejecuta esta actividad, un equipo de carguío que vendría a ser la excavadora y tres equipos de acarreo que vendrían a ser tres volquetes.

**Tabla 8.**

**Muestra**

Clasificación	Tipo	Marca	Cantidad
Línea amarilla	Excavadora	Caterpillar	1
	Tractor oruga	Caterpillar	1
Línea blanca	Volquete	Mercedes Benz	3
	Volquete	Volvo	3

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas

- **Cuestionario:** instrumento de investigación que permite determinar cuál es la situación inicial de la empresa. Permite recoger información del problema que en este caso es la gestión de mantenimiento de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco.
- **Observación:** es una técnica que se utiliza en la investigación, que consiste en observar las técnicas de mantenimiento y el efecto que puedan generar en la disponibilidad, antes y después de la mejora respectiva.
- **Análisis de datos históricos:** sirve para conocer datos de fallas y mantenimiento correctivo en periodos anteriores, esto no ayudó para el estudio de la variable independiente.
- **Registro de control:** permite la recolección de datos necesario para determinar el estado inicial de la empresa.

- **Orden de trabajo:** son documentos específicos que detallan los requerimientos en cuanto a mantenimiento para cada uno de sus factores de producción o activos de operación, considerando datos como la fecha, importe y tipo de mantenimiento.
- **Registro de horas programadas y de mantenimiento:** es el conjunto de datos respectivos a lo considerado para horas destinadas a mantenimiento de un factor de producción, y el segundo dato es respecto a las horas reales que se terminan destinando a tareas de mantenimiento.
- **Manuales:** son los documentos que resumen los procedimientos, reglas y flujo de operaciones, así como la utilización de recursos asociadas a las tareas de mantenimiento.

#### 3.4.2 Instrumentos

- **Fichas técnicas:** sirve para saber cuáles son las condiciones de trabajo de los vehículos, recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes y características técnicas de cada vehículo.
- **Reporte de fallas:** formato que registra datos importantes como las causas de fallo, número de fallas y el responsable.
- **Plan de mantenimiento preventivo:** instrumento que sirve para determinar las actividades de mantenimiento en periodos determinados.
- **Formato entre tiempo medio entre fallas (MTBF):** en este instrumento se evidencian las horas de proceso y el número de reparaciones, permitiendo hallar la disponibilidad, ya sea al inicio o al final del estudio.
- **Formato de tiempo medio de reparación (MTTR):** en este instrumento se determinaron las horas de reparación y el número de reparaciones, esto para hallar la disponibilidad, ya sea al comienzo o al culminar el estudio.

- **Formato de disponibilidad:** con este instrumento se determina la disponibilidad inicial antes de aplicar el estudio y una vez que se aplica el plan de mantenimiento, permite hallar la disponibilidad final de los vehículos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1 Diagnóstico inicial del plan de mantenimiento

Para realizar el estudio, se diseñó y se aplicó una encuesta (anexo 1), que analiza tres criterios principales para asegurar el mantenimiento de los vehículos de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco, los resultados de la encuesta se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 9.**  
***Resumen del cuestionario aplicado en el área de mantenimiento***

Criterios de la auditoría de la gestión de mantenimiento	Puntaje obtenido	Puntaje óptimo	%
Personal de mantenimiento	42	75	56
Cumplimiento del plan de mantenimiento por parte de la empresa	16	78	20
Disponibilidad de repuestos y materiales para garantizar el mantenimiento	14	45	31

Una vez determinados los porcentajes de cada uno de los criterios evaluados, se usa la tabla 10 para determinar una calificación adecuada para cada uno de los tres criterios evaluados.

**Tabla 10.**  
**Tabla de valores del cuestionario**

Resultado inicial de la situación actual de mantenimiento	
<40% de índice de conformidad	Sistema muy deficiente
40-60% de índice de conformidad	Aceptable
60-75% de índice de conformidad	Bueno
75-85% de índice de conformidad	Muy bueno
<85% de índice de conformidad	Excelente

De los criterios evaluados se obtuvo como resultado que el punto más crítico es el cumplimiento del plan de mantenimiento por parte de la empresa, ya que en la encuesta se obtuvo un porcentaje del 20% (anexo 1) que califica a la actividad como “sistema muy deficiente” (tabla 10), esto se debe a que la empresa no cuenta con las actividades necesarias que aseguren una disponibilidad óptima de los vehículos.

Con respecto al personal de mantenimiento se obtuvo un porcentaje de 56% que tiene una calificación de “aceptable” (tabla 10), esto demuestra que el personal no se encuentra cómodo con el lugar de trabajo, esto genera retrasos en los procesos de mantenimiento, además de aumentar el riesgo de accidentes, ya que el personal se encuentra desmotivado.

Y por último, en el ítem de disponibilidad de repuestos y materiales se obtuvo un 31%, según la tabla de calificación se puede determinar que es un “sistema muy deficiente” (tabla 10), esto demuestra que el personal no cuenta con los repuestos necesarios para realizar un adecuado procedimiento de mantenimiento.

**Tabla 11.**  
**Análisis general del cuestionario aplicado en la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yaruyacán – Pasco**

Análisis general de la encuesta aplicada	
Suma total del puntaje obtenido en la encuesta	72
Puntaje máximo que se puede obtener en la encuesta	198
Porcentaje general	36.3%

Se observa que el porcentaje general obtenido es de 36.3% que según la tabla de calificación (tabla 10) se determina que en general es un “sistema muy deficiente”.

Se concluye que se encuentran serias deficiencias en el sistema de mantenimiento que emplea la empresa.

#### 4.1.2 Historial de reporte de fallas (análisis de meses de abril, mayo, junio)

El reporte de fallas iniciales se constituye en el historial de observaciones de desperfectos o fallas de mantenimiento concernientes a los vehículos, dividiendo de forma sistemática las fallas de mantenimiento en cinco subgrupos de importancia, tales como sistema hidráulico, sistema de dirección, sistema eléctrico, sistema de motor, y sistema de transmisión para poder clasificar a las fallas, conteniendo a su vez los datos concernientes a número de horas trabajadas en la reparación asociada, así como el número de reparaciones correspondiente.

**Tabla 12.**  
**Reporte de fallas inicial de la excavadora 336**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS INVOLUCRADOS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Mes	
EXCAVADORA 336	EX-003	25/04/2018	6219.9	6224.50	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.60	2	ABRIL	
		26/04/2018	6224.50	6231.30	SISTEMA HIDRAULICO	32	6.70			
		28/04/2018	6249.60	6255.50	SISTEMA DE MOTOR	0	5.90			
		28/04/2018	6255.50	6259.00	SISTEMA DE MOTOR	16	3.50			
		29/04/2018	6262.80	6269.70	SISTEMA DE MOTOR	0	6.90			
		29/04/2018	6269.70	6278.50	SISTEMA DE MOTOR	16	8.80			
		30/04/2018	6278.50	6279.00	SISTEMA DE MOTOR	0	0.50			
		30/04/2018	6285.60	6294.10	SISTEMA DE MOTOR	16	8.50			
		1/05/2018	6294.10	6295.00	SISTEMA DE MOTOR	0	0.90	2		
		1/05/2018	6295.90	6298.00	SISTEMA DE MOTOR	16	2.10			
		2/05/2018	6295.9	6296.80	SISTEMA DE MOTOR	0	0.90			
		2/05/2018	6295.90	6295.90	SISTEMA DE MOTOR	0	1.00			
		2/05/2018	6295.90	6295.90	SISTEMA DE MOTOR	0	1.00			
		2/05/2018	6298.00	6305.00	SISTEMA DE MOTOR	0	7.00			
		2/05/2018	6305.00	6308.00	SISTEMA DE MOTOR	16	3.00			
		3/05/2018	6297.8	6298.40	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.60			
		3/05/2018	6308.00	6310.00	SISTEMA HIDRAULICO	32	2.00		1	
		5/05/2018	6323.5	6326.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.80			
		9/05/2018	6323.50	6323.50	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.90	2	MAYO	
		9/05/2018	6323.50	6323.50	SISTEMA DE MOTOR	16	2.50			
		6/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA DE MOTOR	0	8.00			
		6/05/2018	6326.30	6333.00	SISTEMA DIRECCION	32	6.70	1		
		8/05/2018	6333.0	6342.0	SISTEMA DE TRANSMISION	16	9.00	1		
		9/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	32	5.00	5		
		11/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	36	2.00			
		17/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.00			
		18/05/2018	6333	6337.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	4.30			
		18/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	0	8.00			
		18/05/2018	6337.30	6342.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.70			
		19/05/2018	6351.10	6354.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.90			
		20/05/2018	6354.00	6361.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	7.30			
		20/05/2018	6361.30	6365.50	SISTEMA DE TRANSMISION	16	4.20		2	
		21/05/2018	6365.50	6368.80	SISTEMA DE TRANSMISION	16	2.80			
		22/05/2018	6380.60	6380.60	SISTEMA DE MOTOR	240	3.00	1		
		6/06/2018	6505.80	6505.80	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	2	JUNIO	
		7/06/2018	6505.80	6511.60	SISTEMA DIRECCION	0	5.80			
		7/06/2018	6511.60	6511.60	SISTEMA DIRECCION	32	0.00			
		9/06/2018	6527.10	6526.50	SISTEMA DE TRANSMISION	0	9.60	1		
		9/06/2018	6536.50	6544.70	SISTEMA DE TRANSMISION	36	8.20			
		15/06/2018	6621.30	6626.90	SISTEMA ELECTRICO	0	5.60	2		
		15/06/2018	6626.90	6630.80	SISTEMA ELECTRICO	16	3.90			
		16/06/2018	6635.90	6641.10	SISTEMA DIRECCION	32	5.20	1		
18/06/2018	6656.90	6663.90	SISTEMA HIDRAULICO	48	7.00	1				
21/06/2018	6676.70	6677.40	SISTEMA ELECTRICO	32	0.70	1				
22/06/2018	6705.90	6707.70	SISTEMA DIRECCION	36	1.80	1				
25/06/2018	6767.60	6768.50	SISTEMA ELECTRICO	304	0.90	1				
18/07/2018	6663.90	6671.60	SISTEMA HIDRAULICO	32	7.70	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>1376</b>	<b>198</b>	<b>29</b>		

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 13.**  
**Reporte de fallas inicial del tractor D6T**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS INVOLUCRADOS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
TRACTOR D6T	TR-001	20/04/2018	4824	4828.2	SISTEMA ELECTRICO	16	4.20	2.00	32.50	Abril
		21/04/2018	4828.2	4830.2	SISTEMA ELECTRICO	0	2.00	1.00		
		21/04/2018	4829.2	4831.2	SISTEMA DE TRANSMISION	32	2.00	1.00		
		23/04/2018	4863.8	4869.1	SISTEMA ELECTRICO	0	5.30	1.00		
		23/04/2018	4869.1	4874.3	SISTEMA ELECTRICO	32	5.20	1.00		
		25/04/2018	4883.8	4887.3	SISTEMA DE MOTOR	0	3.50	1.00		
		25/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
		26/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	1.00		
		26/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
		27/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	1.00		
		27/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA DIRECCION	0	0.00	1.00		
		27/04/2018	4889.3	4894.6	SISTEMA HIDRAULICO	16	5.30	1.00		
		28/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		28/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA DIRECCION	16	0.00	1.00		
		29/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	2.00		
		29/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	2.00		
		30/04/2018	4886	4888.00	SISTEMA DIRECCION	0	2.00	1.00		
		30/04/2018	4887.3	4887.3	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	1.00		
		30/04/2018	4891.6	4894.6	SISTEMA DE TRANSMISION	16	3.00	1.00		
		1/05/2018	4894.6	4894.6	SISTEMA ELECTRICO	32	0.00	1.00		
		3/05/2018	4894.6	4899.6	SISTEMA DE TRANSMISION	0	5.00	1.00		
		3/05/2018	4899.6	4904.6	SISTEMA DIRECCION	16	5.00	1.00		
		4/05/2018	4904.6	4909.6	SISTEMA DE TRANSMISION	0	5.00	1.00		
		4/05/2018	4909.6	4914.6	SISTEMA DIRECCION	16	5.00	1.00		
		5/05/2018	4933	4933.00	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		5/05/2018	4934.2	4934.3	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.10	2.00		
		5/05/2018	4927	4934.2	SISTEMA DE TRANSMISION	0	7.20	1.00		
		5/05/2018	4934.2	4934.3	SISTEMA DE MOTOR	32	0.10	1.00		
		7/05/2018	4960.2	4964.7	SISTEMA HIDRAULICO	32	4.50	1.00		
		9/05/2018	4972.3	4975.4	SISTEMA DE TRANSMISION	32	3.10	1.00		
		11/05/2018	4994	4994.4	SISTEMA DE MOTOR	32	0.40	1.00		
		13/05/2018	5016.3	5019.5	SISTEMA DIRECCION	0	3.20	1.00		
		13/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	1.00		
		13/05/2018	5014.5	5018.5	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.00	1.00		
		14/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	1.00		
		14/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		14/05/2018	5019.5	5020	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.50	1.00		
		15/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		15/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	1.00		
		15/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	1.00		
		16/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	1.00		
		16/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	1.00		
		16/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	1.00		
		16/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE TRANSMISION	16	0.00	1.00		
		17/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	1.00		
		17/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		17/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
		18/05/2018	5018	5020.00	SISTEMA DIRECCION	0	2.00	1.00		
		18/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	2.00		
		18/05/2018	5019.5	5019.5	SISTEMA DE TRANSMISION	16	0.00	2.00		
		19/05/2018	5021.5	5024.3	SISTEMA ELECTRICO	32	2.80	1.00		
		21/05/2018	5038.9	5043.6	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.70	2.00		
		22/05/2018	5049.8	5051.8	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.00	1.00		
		23/05/2018	5058.8	5066.6	SISTEMA DE TRANSMISION	32	7.80	1.00		
		25/05/2018	5085.8	5089.7	SISTEMA ELECTRICO	16	3.90	1.00		
		26/05/2018	5089.7	5096.8	SISTEMA DE MOTOR	16	7.10	1.00		
		27/05/2018	5102.6	5105.3	SISTEMA ELECTRICO	0	2.70	1.00		
		27/05/2018	5105.3	5113	SISTEMA DIRECCION	16	7.70	1.00		
		28/05/2018	5113	5120.8	SISTEMA ELECTRICO	0	7.80	1.00		
		28/05/2018	5120.8	5128.4	SISTEMA HIDRAULICO	32	7.60	1.00		
		30/05/2018	5143.8	5149	SISTEMA DE MOTOR	0	5.20	1.00		
		30/05/2018	5149	5155.5	SISTEMA HIDRAULICO	16	6.50	1.00		
		31/05/2018	5155.5	5159.4	SISTEMA DIRECCION	48	3.90	1.00		
		3/06/2018	5164.7	5164.7	SISTEMA ELECTRICO	0	0.00	1.00		
		3/06/2018	5164.7	5164.7	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	1.00		
		4/06/2018	5164.7	5173.8	SISTEMA DE TRANSMISION	0	9.10	1.00		
		4/06/2018	5173.8	5176.7	SISTEMA DE MOTOR	16	2.90	1.00		
		5/06/2018	5176.7	5182.2	SISTEMA DE TRANSMISION	0	5.50	1.00		
		5/06/2018	5182.2	5182.2	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.00	1.00		
		6/06/2018	5182.2	5182.2	SISTEMA DIRECCION	0	0.00	2.00		
		6/06/2018	5182.2	5190.1	SISTEMA DIRECCION	16	7.90	1.00		
		7/06/2018	5190.1	5192.6	SISTEMA ELECTRICO	0	2.50	1.00		
		7/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
		8/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	2.00		
		8/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE TRANSMISION	16	0.00	1.00		
		9/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00		
		9/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.00	1.00		
		10/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	1.00		
		10/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DIRECCION	16	0.00	1.00		
		11/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
		12/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1.00		
13/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	1.00				
14/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DIRECCION	0	0.00	1.00				
14/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE TRANSMISION	16	0.00	1.00				
15/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	2.00				
15/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.00	1.00				
16/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE MOTOR	0	0.00	1.00				
16/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.00	2.00				
17/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.00	1.00				
17/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DIRECCION	16	0.00	1.00				
18/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA DE TRANSMISION	0	0.00	1.00				
18/06/2018	5192.6	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	736	0.00	1.00				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>1680</b>	<b>175.2</b>	<b>86</b>		

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 14.**  
**Reporte de fallas inicial del camión ARA-711**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ARA-711	VQ-40	21/04/2008	4696.32	4703.32	SISTEMA DIRECCION	0	7.00	1	63.81	Abril
		21/04/2008	4704.14	4711.48	SISTEMA ELECTRICO	0	7.34	1		
		21/04/2008	4696.35	4704.14	SISTEMA HIDRAULICO	64	7.79	1		
		25/04/2008	4762.10	4767.57	SISTEMA DIRECCION	32	5.47	1		
		27/04/2008	4794.51	4803.25	SISTEMA DE MOTOR	0	8.74	1		
		27/04/2008	4794.51	4803.25	SISTEMA DE MOTOR	16	8.74	1		
		28/04/2008	4812.51	4817.46	SISTEMA DIRECCION	16	4.95	1		
		29/04/2008	4825.35	4832.06	SISTEMA HIDRAULICO	16	6.71	1		
		30/04/2008	4847.15	4854.22	SISTEMA DE TRANSMISION	64	7.07	1		
		4/05/2008	4854.22	4858.36	SISTEMA ELECTRICO	0	4.14	1		
		4/05/2008	4887.46	4897.15	SISTEMA ELECTRICO	16	9.69	1		
		5/05/2008	4897.15	4906.11	SISTEMA DE MOTOR	16	8.96	1		
		6/05/2008	4913.50	4921.16	SISTEMA HIDRAULICO	16	7.66	1		
		7/05/2008	4921.16	4923.16	SISTEMA ELECTRICO	0	2.00	1		
		7/05/2008	4921.16	4921.16	SISTEMA ELECTRICO	0	5.00	1		
		7/05/2008	0.00	0.00	SISTEMA HIDRAULICO	0	3.00	1		
		7/05/2008	0.00	0.00	SISTEMA DE MOTOR	16	6.00	1		
		8/05/2008	4924.52	4928.36	SISTEMA HIDRAULICO	0	3.84	1		
		8/05/2008	4924.52	4928.38	SISTEMA DE TRANSMISION	0	3.86	1		
		8/05/2008	4928.38	4937.53	SISTEMA HIDRAULICO	16	9.15	1		
		9/05/2008	4937.53	4945.42	SISTEMA ELECTRICO	0	7.89	1		
		9/05/2008	4945.42	4952.56	SISTEMA DIRECCION	32	7.14	1		
		11/05/2008	4956.31	4960.29	SISTEMA DE TRANSMISION	0	3.98	1		
		11/05/2008	4962.90	4968.26	SISTEMA DE MOTOR	16	5.36	1		
		12/05/2008	4968.26	4977.55	SISTEMA DE TRANSMISION	16	9.29	1		
		13/05/2008	4987.15	4996.30	SISTEMA ELECTRICO	0	9.15	2		
		13/05/2008	4996.30	5006.13	SISTEMA ELECTRICO	16	9.83	1		
		14/05/2008	5006.13	5015.52	SISTEMA HIDRAULICO	16	9.39	1		
		15/05/2008	5024.30	5025.03	SISTEMA ELECTRICO	0	0.73	1		
		15/05/2008	5024.30	5025.00	SISTEMA DIRECCION	0	0.70	1		
15/05/2008	5025.00	5027.42	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.42	1				
16/05/2008	5027.42	5033.20	SISTEMA ELECTRICO	32	5.78	1				
18/05/2008	5058.36	5065.05	SISTEMA DE TRANSMISION	16	6.69	1				
19/05/2008	5074.26	5082.52	SISTEMA HIDRAULICO	0	8.26	1				
19/05/2008	5082.52	5082.52	SISTEMA DIRECCION	80	0.00	1				
24/05/2008	5145.51	5154.08	SISTEMA DE TRANSMISION	16	8.57	1				
25/05/2008	5154.08	5154.08	SISTEMA DIRECCION	16	4.00	1				
26/05/2008	5154.08	5157.07	SISTEMA DIRECCION	64	2.99	2				
30/05/2008	5229.42	5237.24	SISTEMA DE MOTOR	16	7.82	1				
31/05/2008	5237.24	5242.47	SISTEMA DIRECCION	80	5.23	1				
5/06/2008	5315.33	5315.33	SISTEMA HIDRAULICO	32	2.00	2	13.32	Junio		
7/06/2008	5315.33	5315.33	SISTEMA HIDRAULICO	48	3.00	1				
10/06/2008	5315.33	5315.33	SISTEMA DIRECCION	64	5.00	1				
14/06/2008	5359.18	5359.29	SISTEMA ELECTRICO	80	0.11	1				
19/06/2008	5389.1	5392.31	SISTEMA HIDRAULICO	576	3.21	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>1520</b>	<b>256</b>	<b>42</b>		

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 15.**  
**Reporte de fallas inicial del camión ARA-805**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ARA-805	VQ-41	26/04/2018	4949.29	4965.29	SISTEMA ELECTRICO	16	16.00	1	60.22	Abril
		27/04/2018	4965.29	4970.29	SISTEMA DE MOTOR	0	5.00	1		
		27/04/2018	4970.29	4971.29	SISTEMA HIDRAULICO	0	1.00	1		
		27/04/2018	4971.29	4979.44	SISTEMA DIRECCION	16	8.15	1		
		28/04/2018	4979.44	4983.53	SISTEMA DE MOTOR	0	4.09	1		
		28/04/2018	4983.53	4990.63	SISTEMA DIRECCION	16	7.10	1		
		29/04/2018	4990.63	4995.63	SISTEMA DE MOTOR	0	5.00	1		
		29/04/2018	4995.63	4996.51	SISTEMA ELECTRICO	0	0.88	1		
		29/04/2018	4996.51	4998.51	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.00	1		
		29/04/2018	4998.51	5003.51	SISTEMA ELECTRICO	16	5.00	1		
		30/04/2018	5003.51	5005.51	SISTEMA DE MOTOR	0	2.00	1		
		30/04/2018	5005.51	5007.51	SISTEMA ELECTRICO	0	2.00	1		
		30/04/2018	5007.51	5009.51	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.00	1		
		1/05/2018	5009.51	5011.51	SISTEMA DE TRANSMISION	0	2.00	2		
		1/05/2018	5011.51	5019.51	SISTEMA DE TRANSMISION	16	8.00			
		2/05/2018	5019.51	5021.51	SISTEMA DIRECCION	0	2.00	1		
		2/05/2018	5021.51	5023.51	SISTEMA DE MOTOR	16	2.00	1		
		3/05/2018	5023.51	5025.51	SISTEMA DE TRANSMISION	0	2.00	1		
		3/05/2018	5025.51	5027.51	SISTEMA ELECTRICO	16	2.00	1		
		4/05/2018	5027.51	5035.51	SISTEMA DE TRANSMISION	48	8.00	2		
		7/05/2018	5035.51	5046.08	SISTEMA DE TRANSMISION	0	10.57			
		7/05/2018	5046.08	5050.20	SISTEMA DE TRANSMISION	80	4.12			
		12/05/2018	5050.20	5054.17	SISTEMA DIRECCION	0	3.97	1		
		12/05/2018	5054.17	5058.18	SISTEMA ELECTRICO	0	4.01	1		
		12/05/2018	5058.18	5066.12	SISTEMA DE MOTOR	16	7.94			
		13/05/2018	5066.12	5076.19	SISTEMA ELECTRICO	32	10.07	1		
		15/05/2018	5076.19	5084.71	SISTEMA DIRECCION	16	8.52	1		
		16/05/2018	5084.71	5089.99	SISTEMA ELECTRICO	0	5.28	1		
		16/05/2018	5089.99	5098.99	SISTEMA DIRECCION	16	9.00	1		
		17/05/2018	5098.99	5098.99	SISTEMA DE MOTOR	16	0.00	1		
		18/05/2018	5098.99	5107.36	SISTEMA DE MOTOR	16	8.37			
		19/05/2018	5107.36	5112.36	SISTEMA HIDRAULICO	0	5.00	1		
		19/05/2018	5112.36	5114.22	SISTEMA DIRECCION	16	1.86	1		
		20/05/2018	5114.22	5117.22	SISTEMA ELECTRICO	80	3.00	1		
		25/05/2018	5117.22	5125.57	SISTEMA DE TRANSMISION	32	8.35	1		
		27/05/2018	5125.57	5135.02	SISTEMA HIDRAULICO	16	9.45	1		
		28/05/2018	5135.02	5135.62	SISTEMA DIRECCION	0	0.60	2		
		28/05/2018	5135.62	5135.68	SISTEMA DIRECCION	0	0.06			
		28/05/2018	5135.68	5138.68	SISTEMA ELECTRICO	0	3.00	2		
		28/05/2018	5138.68	5146.30	SISTEMA ELECTRICO	16	7.62			
		29/05/2018	5146.30	5150.48	SISTEMA DE MOTOR	48	4.18	1		
		1/06/2018	5150.48	5156.41	SISTEMA ELECTRICO	0	5.93	1		
		1/06/2018	5156.41	5158.41	SISTEMA DE MOTOR	16	2.00			
		2/06/2018	5158.41	5158.66	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.25	1		
3/06/2018	5158.66	5162.58	SISTEMA DE TRANSMISION	192	3.92	1				
15/06/2018	5162.58	5162.79	SISTEMA ELECTRICO	0	0.21	1				
15/06/2018	5162.79	5167.79	SISTEMA HIDRAULICO	16	5.00	1				
16/06/2018	5167.79	5171.54	SISTEMA DIRECCION	953	3.75	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>1769</b>	<b>222</b>	<b>44</b>		

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 16.**  
**Reporte de fallas inicial del camión ATK-845**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ATK-845	ATK-845	21/04/2018	3636.4	3646.12	SISTEMA DIRECCION	16	9.72	1.00	51.29	Abril
		22/04/2018	3646.12	3654.45	SISTEMA DE MOTOR	16	8.33	1.00		
		23/04/2018	3662.48	3671.3	SISTEMA DIRECCION	32	8.82			
		25/04/2018	3705	3712.1	SISTEMA DIRECCION	16	7.10	4.00		
		26/04/2018	3712.1	3716.35	SISTEMA DIRECCION	0	4.25			
		26/04/2018	3712.1	3712.1	SISTEMA DIRECCION	0	5.00			
		26/04/2018	3716.35	3724.42	SISTEMA DE TRANSMISION	192	8.07	1.00		
		8/05/2018	3896.4	3903.16	SISTEMA ELECTRICO	48	6.76	1.00	88.61	Mayo
		11/05/2018	3947.36	3957.05	SISTEMA HIDRAULICO	0	9.69	2.00		
		11/05/2018	3957.05	3966.3	SISTEMA HIDRAULICO	16	9.25			
		12/05/2018	3976.06	3985.35	SISTEMA DE MOTOR	64	9.29			
		16/05/2018	4041.3	4041.3	SISTEMA DE MOTOR	64	6.00	3.00		
		20/05/2018	4041.3	4041.3	SISTEMA DE MOTOR	16	6.00			
		21/05/2018	4041.3	4041.3	SISTEMA DE TRANSMISION	48	6.50	1.00		
		24/05/2018	4090.14	4100.14	SISTEMA DIRECCION	32	10.00	1.00		
		26/05/2018	4123.06	4129.25	SISTEMA ELECTRICO	16	6.19	2.00		
		27/05/2018	4129.25	4129.25	SISTEMA ELECTRICO	0	2.00			
		27/05/2018	4129.25	4129.25	SISTEMA DE TRANSMISION	16	2.00	1.00		
		28/05/2018	4129.25	4129.25	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.00	1.00		
		28/05/2018	4129.25	4139.28	SISTEMA DIRECCION	16	10.03	2.00		
		29/05/2018	4139.28	4142.18	SISTEMA DIRECCION	112	2.90			
		5/06/2018	4235.4	4242.4	SISTEMA DIRECCION	0	7.00	1.00	48.10	Junio
		5/06/2018	4242.4	4251.35	SISTEMA DE MOTOR	16	8.95	2.00		
		6/06/2018	4251.35	4258.41	SISTEMA DE MOTOR	16	7.06			
		7/06/2018	4277.4	4286.2	SISTEMA HIDRAULICO	160	8.80	1.00		
		17/06/2018	4413.23	4422.02	SISTEMA ELECTRICO	32	8.79	1.00		
		19/06/2018	4437.57	4440.15	SISTEMA DE TRANSMISION	0	2.58	1.00		
		19/06/2018	4440.15	4445.07	SISTEMA DIRECCION	1152	4.92	1.00		
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>2096</b>	<b>188</b>	<b>28</b>		

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 17.**  
**Reporte de fallas inicial del camión AWH-886**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes			
AWH-886	VQ-79	31/05/2018	60	64.30	SISTEMA ELECTRICO	0.00	4.30	2	9.30	Abril			
		31/05/2018	64.3	69.30	SISTEMA ELECTRICO	16.00	5.00						
		1/06/2018	64.3	70.60	SISTEMA ELECTRICO	80.00	6.30	20	82.20	Mayo			
		6/06/2018	126.2	129.40	SISTEMA DE MOTOR	0.00	3.20						
		6/06/2018	129.4	130.40	SISTEMA DE TRANSMISION	16.00	1.00						
		7/06/2018	129.4	132.40	SISTEMA ELECTRICO	0.00	3.00						
		7/06/2018	129.4	133.40	SISTEMA DE MOTOR	16.00	4.00						
		8/06/2018	129.4	134.40	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	5.00						
		8/06/2018	129.4	138.40	SISTEMA ELECTRICO	16.00	9.00						
		9/06/2018	129.4	135.40	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	6.00						
		9/06/2018	129.4	136.40	SISTEMA DE MOTOR	16.00	7.00						
		10/06/2018	129.4	132.40	SISTEMA ELECTRICO	0.00	3.00						
		10/06/2018	129.4	130.40	SISTEMA DE MOTOR	32.00	1.00						
		12/06/2018	148.2	154.90	SISTEMA DIRECCION	16.00	6.70						
		13/06/2018	164.1	165.10	SISTEMA ELECTRICO	32.00	1.00						
		15/06/2018	177.4	185.50	SISTEMA HIDRAULICO	16.00	8.10						
		16/06/2018	203.2	213.20	SISTEMA DE MOTOR	16.00	10.00						
		17/06/2018	221.4	229.30	SISTEMA DE MOTOR	160.00	7.90						
		27/06/2018	4.00	377.10	SISTEMA ELECTRICO	416.00	4.00						
		<b>SUMA TOTAL</b>									<b>848</b>	<b>96</b>	<b>20</b>

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 18.**  
**Reporte de fallas inicial del camión AWH-887**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	total de horas	Mes		
AWH-887	VQ-80	30/05/2018	0	10	SISTEMA DIRECCION	0.00	10.00	1	31.00	Abril		
		30/05/2018	10	15.00	SISTEMA DE TRANSMISION	16.00	5.00	1				
		31/05/2018	15	23.00	SISTEMA DIRECCION	0.00	8.00	1				
		31/05/2018	23	31.00	SISTEMA ELECTRICO	16.00	8.00	1	48.40	Mayo		
		1/06/2018	31	36.00	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	5.00	1				
		1/06/2018	36	38.20	SISTEMA ELECTRICO	32.00	2.20	1				
		3/06/2018	38.2	43.20	SISTEMA DE TRANSMISION	0.00	5.00	1				
		3/06/2018	43.2	47.20	SISTEMA HIDRAULICO	16.00	4.00	1				
		4/06/2018	47.2	51.00	SISTEMA DIRECCION	96.00	3.80	1				
		10/06/2018	136.6	136.6	SISTEMA ELECTRICO	80.00	1.50	1				
		15/06/2018	209.1	219	SISTEMA DE MOTOR	16.00	9.90	1				
		16/06/2018	227.2	232.5	SISTEMA DIRECCION	16.00	5.30	1				
		17/06/2018	232.5	232.5	SISTEMA ELECTRICO	160.00	8.40	1				
		27/06/2018	3.3	394.1	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	3.30	1				
		27/06/2018	394.1	397.4	SISTEMA ELECTRICO	224.00	3.30	2			3.30	Junio
		<b>SUMA TOTAL</b>						<b>672</b>			<b>83</b>	<b>16</b>

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 19.**  
**Reporte de fallas inicial del camión AWH-913**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Total de Horas	Mes
AWH-913	VQ-81	8/06/2018	179.1	179.1	SISTEMA ELECTRICO	128	6.40	2	26.2	Junio
		16/06/2018	313.6	323.0	SISTEMA ELECTRICO	16	9.40			
		17/06/2018	331.1	331.9	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.80	1		
		17/06/2018	331.1	331.1	SISTEMA DIRECCION	16	2.60	1		
		18/06/2018	334.1	334.4	SISTEMA DIRECCION	0	0.29	1		
		18/06/2018	331.9	334.1	SISTEMA DE TRANSMISION	80	2.21	1		
		23/06/2018	4.5	384.3	SISTEMA ELECTRICO	752	4.50	1		
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>992</b>	<b>26</b>	<b>7</b>		

**Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco**

**Tabla 20.**  
**Resumen del reporte de fallas inicial**

Resumen de suma totales					
Excavadora 336	Suma total cuadro 7		1376	197.8	29
Tractor D6T	Suma total cuadro 8		1680	175.2	86
ARA-711	Suma total cuadro 9		1520	255.65	42
ARA-805	Suma total cuadro 10		1769.49	222.25	44
ATK-845	Suma total cuadro 11		2096	188	28
AWH-886	Suma total cuadro 12		848	95.5	20
AWH-887	Suma total cuadro 13		672	82.7	16
AWH-913	Suma total cuadro 14		992	26.2	7
<b>Suma general</b>			<b>10953</b>	<b>1243</b>	<b>272</b>
<b>MTBF: tiempo medio entre fallas</b>			<b>8.8</b>		
<b>MTTR: tiempo medio entre reparaciones</b>			<b>40.3</b>		
<b>% disponibilidad</b>			<b>18%</b>		

$$Disponibilidad = \frac{H_{Programadas} - H_{Mantenimiento}}{H_{Programadas}}$$

En un principio se determina que la disponibilidad general de todos los vehículos es del 18%, cifra que se constituye de acuerdo al cálculo correspondiente a la fórmula anteriormente enunciada, así como al monto de tiempo que la unidad se encuentra disponible para sostener operaciones.

### 4.1.3 Tiempo medio entre fallas o MTBF

Se procede a calcular el tiempo medio entre fallas de acuerdo a la fórmula enunciada a continuación, así como para ver la periodicidad entre trabajos de mantenimiento.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total entre operaciones}}{\text{n.º de fallas}}$$

**Tabla 21.**  
**Cálculo de tiempo medio entre fallas MTBF**

CALCULO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA MTBF (REPORTE ABRIL, MAYO, JUNIO)					
EQUIPOS	SISTEMAS	HORAS DE PROCESO	Nº DE REPARACIONES	MTBF TIEMPO TOTAL DE OPERACIONES N° DE FALLAS	MTBF POR EQUIPO
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MOTOR	236	5	47	46
	SISTEMA HIDRÁULICO	336	10	34	
	SISTEMA ELÉCTRICO	368	5	74	
	SISTEMA DIRECCIÓN	192	5	38	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	144	4	36	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MOTOR	192	15	13	19
	SISTEMA HIDRÁULICO	960	19	51	
	SISTEMA ELÉCTRICO	192	18	11	
	SISTEMA DIRECCIÓN	160	14	11	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	176	20	9	
ARA-711	SISTEMA DE MOTOR	80	5	16	31
	SISTEMA HIDRÁULICO	800	12	67	
	SISTEMA ELÉCTRICO	144	9	16	
	SISTEMA DIRECCIÓN	384	10	38	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	112	6	19	
ARA-805	SISTEMA DE MOTOR	128	7	18	39
	SISTEMA HIDRÁULICO	64	7	9	
	SISTEMA ELÉCTRICO	173	13	13	
	SISTEMA DIRECCIÓN	1033	10	103	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	368	7	53	
ATK-845	SISTEMA DE MOTOR	192	6	32	60
	SISTEMA HIDRÁULICO	176	4	44	
	SISTEMA ELÉCTRICO	96	4	24	
	SISTEMA DIRECCIÓN	1376	10	138	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	256	4	64	
AWH-886	SISTEMA DE MOTOR	240	6	40	26
	SISTEMA HIDRÁULICO	16	3	5	
	SISTEMA ELÉCTRICO	464	9	52	
	SISTEMA DIRECCIÓN	16	1	16	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	16	1	16	
AWH-887	SISTEMA DE MOTOR	16	1	16	29
	SISTEMA HIDRÁULICO	16	3	5	
	SISTEMA ELÉCTRICO	512	6	85	
	SISTEMA DIRECCIÓN	112	4	28	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	16	2	8	
AWH-913	SISTEMA DE MOTOR	0	0	0	77
	SISTEMA HIDRÁULICO	0	0	0	
	SISTEMA ELÉCTRICO	896	3	299	
	SISTEMA DIRECCIÓN	16	2	8	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	80	1	80	

### 4.1.4 Tiempo medio de reparación o MTTR

El tiempo medio entre reparaciones acopla el análisis anterior, correspondiente a la periodicidad entre fallas, acoplado al régimen temporal en la cual una unidad termina parando operaciones para requerir mantenimiento.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{N.º de fallas}}$$

**Tabla 22.**  
**Cálculo de tiempo medio entre fallas MTTR**

CÁLCULO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA MTTR (REPORTE ABRIL, MAYO, JUNIO)					
EQUIPOS	SISTEMAS	HORAS DE REPARACIÓN	N° DE REPARACIONES	MTTR TIEMPO TOTAL PARADAS N° DE FALLAS	MTBF POR EQUIPO
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MÓTOR	63.5	5	13	7
	SISTEMA HIDRÁULICO	58.8	30	6	
	SISTEMA ELÉCTRICO	11.1	5	2	
	SISTEMA DIRECCIÓN	19.5	5	4	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	33.6	4	8	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MÓTOR	19.2	15	1	2
	SISTEMA HIDRÁULICO	35.1	19	2	
	SISTEMA ELÉCTRICO	19.7	18	1	
	SISTEMA DIRECCIÓN	36.7	14	3	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	45.8	20	2	
ARA-711	SISTEMA DE MÓTOR	45.6	5	9	6
	SISTEMA HIDRÁULICO	58.6	12	5	
	SISTEMA ELÉCTRICO	54.3	9	6	
	SISTEMA DIRECCIÓN	30	10	3	
ARA-805	SISTEMA DE MÓTOR	40.58	7	6	6
	SISTEMA HIDRÁULICO	24.7	7	4	
	SISTEMA ELÉCTRICO	49	13	4	
	SISTEMA DIRECCIÓN	45	10	5	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	76.9	7	11	
ATK-845	SISTEMA DE MÓTOR	46	6	8	7
	SISTEMA HIDRÁULICO	30	4	8	
	SISTEMA ELÉCTRICO	24	4	6	
	SISTEMA DIRECCIÓN	70	10	7	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	19	4	5	
AWH-886	SISTEMA DE MÓTOR	33.1	6	6	4
	SISTEMA HIDRÁULICO	19	3	6	
	SISTEMA ELÉCTRICO	16	9	2	
	SISTEMA DIRECCIÓN	6.7	1	7	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1	1	1	
AWH-887	SISTEMA DE MÓTOR	10	1	10	4
	SISTEMA HIDRÁULICO	12.3	3	4	
	SISTEMA ELÉCTRICO	15.4	6	3	
	SISTEMA DIRECCIÓN	9	4	2	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	5	2	3	
AWH-913	SISTEMA DE MÓTOR	0	0	0	2
	SISTEMA HIDRÁULICO	0	0	0	
	SISTEMA ELÉCTRICO	20.3	3	7	
	SISTEMA DIRECCIÓN	2.89	2	1	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	2.21	1	2	

#### 4.1.5 Disponibilidad inicial de los vehículos

La disponibilidad es el elemento que permite vincular el régimen de operación-mantenimiento de un activo de producción/servicio a efectos de orden económico, puesto que se encuentra directamente relacionado a las horas útiles que dicho activo se encuentra realizando operaciones y, por ende, produciendo resultados económicos. El análisis de disponibilidad inicial corresponde a la situación *a priori* a la implementación del mantenimiento preventivo.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

**Tabla 23.**

**Cálculo de la disponibilidad de los vehículos**

CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD (REPORTE ABRIL, MAYO, JUNIO)					
EQUIPOS	SISTEMAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD POR CADA UNIDAD
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MOTOR	47	13	79%	87%
	SISTEMA HIDRÁULICO	34	6	85%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	74	2	97%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	38	4	91%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	36	8	81%	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MOTOR	13	1	91%	88%
	SISTEMA HIDRÁULICO	51	2	96%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	11	1	91%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	11	3	81%	
ARA-711	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	9	2	79%	79%
	SISTEMA DE MOTOR	16	9	64%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	67	5	93%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	16	6	73%	
ARA-805	SISTEMA DIRECCIÓN	38	3	93%	81%
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	19	7	74%	
	SISTEMA DE MOTOR	18	6	76%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	9	4	72%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	13	4	78%	
ATK-845	SISTEMA DIRECCIÓN	103	5	96%	87%
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	53	11	83%	
	SISTEMA DE MOTOR	32	8	81%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	44	8	85%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	24	6	80%	
AWH-886	SISTEMA DIRECCIÓN	138	7	95%	79%
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	64	5	93%	
	SISTEMA DE MOTOR	40	6	88%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	5	6	46%	
AWH-887	SISTEMA ELÉCTRICO	52	2	97%	77%
	SISTEMA DIRECCIÓN	16	7	70%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	16	1	94%	
	SISTEMA DE MOTOR	16	10	62%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	5	4	57%	
AWH-913	SISTEMA ELÉCTRICO	85	3	97%	56%
	SISTEMA DIRECCIÓN	28	2	93%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	8	3	76%	
	SISTEMA DE MOTOR	0	0	0%	
	SISTEMA HIDRÁULICO	0	0	0%	
AWH-913	SISTEMA ELÉCTRICO	299	7	98%	56%
	SISTEMA DIRECCIÓN	8	1	85%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	80	2	97%	
	SISTEMA DE MOTOR	0	0	0%	

**4.1.6 Plan de mantenimiento preventivo**

Para la elaboración de los planes de mantenimiento se consideraron las recomendaciones por parte del fabricante del equipo, en reunión personal con el jefe de taller de la empresa representante de Mercedes Benz en el Perú, Diveimport S. A., dichas reuniones se realizaron en las instalaciones de su taller ubicado en Villa Pasco, detallando lo siguiente: (i) calidad de combustible, para lo cual se realizó una análisis con la empresa SGS del cual se concluye que se encuentra dentro de las especificaciones en el parámetro de agua y sedimentos (máx. 0.05%v/v) así como en el parámetro de azufre (máx. 0.5%masa o 5000 ppm), pero en el conteo de partículas obtuvo 20/18/14 por encima de lo recomendado por el ISO 4406 (18/16/13) y que, según la norma ASTM D7619, altos niveles de partículas pueden causar bloqueos en los filtros. Estableciendo así que el intervalo de reemplazo de los filtros de combustible y separador de agua sea de 350 horas motor, (ii) estado de los filtros, para lo cual se realizó un

corte de filtro para realizar una inspección visual en búsqueda de limaduras que puedan brindar pistas de algún desgaste prematuro de componentes, no encontrándose limadura alguna, (iii) filtros de aire, al encontrarse en operación a tajo abierto se determinó que no era necesario acortar el intervalo de reemplazo de este tipo de filtros.

Adicionalmente se realizaron reuniones con los involucrados para compartir experiencias personales en la gestión de mantenimiento de este tipo de equipos o sus similares.

En primer lugar, se presenta el plan de mantenimiento correspondiente al primer equipo que forma parte de la muestra para la presente investigación, se trata de los volquetes.

**Tabla 24.**  
**Plan de mantenimiento preventivo de los volquetes**

ITEM	DESCRIPCIÓN	SISTEMA	NP	CANTIDAD	M	M + Z1	M + Z2
1	Elemento de aceite de motor	MOTOR	A5411800209:HENGST	1 UND	X	X	X
2	Filtro de combustible – ACTROS	MOTOR	A5410900151:HENGST	1 UND	X	X	X
3	Jta. Tapón de cárter 20MM.	MOTOR	N000000001072:MBC	1 UND	X	X	X
4	Filtro de combustible	MOTOR	A4570920001:MANN	1 UND		X	X
5	Elemento de dirección HID.	DIRECCIÓN	A0001842225:MANN	1 UND		X	X
6	Elemento de aire	FRENOS	A0040943504:MANNA	2 UND		X	X
7	Filtro secador de aire	FRENOS	A0004293795:HENGST	1 UND			X
8	Empaque de tapa de balancines	MOTOR	A4570160221:MBB	6 UND			X
9	Aceite de motor 15W40	MOTOR	Q6MXESP15W40LT:MOBIL	32 L	X	X	X
10	Grasa para chasis	CHASIS	Q6MGREASEMP:MOBIL	1 KG	X	X	X
11	Aceite caja de cambios 80W90 (GL4)	CAJA	Q6MLUBGXA80WLT:MOBIL	17.5 L		X	X
12	Aceite diferencial 85W90	DIFERENCIAL	Q6MLUBHDA85W90LT:MOBIL	38 L			X
13	Aceite retardador 5W40	FRENOS	Q6DELVEP5W40LT:MOBIL	5.5 L		X	X
14	Aceite de dirección ATF	DIRECCIÓN	Q6MATF220LT:MOBIL	4 L		X	X
15	Refrigerante genatyn	REFRIGERACIÓN	Q6C00LANT:GENANTIN	19 L			X

En segundo lugar, se presenta el plan de mantenimiento correspondiente al segundo equipo que forma parte de la muestra para la presente investigación, se trata de los equipos Caterpillar. En este caso se tuvo una reunión con el representante de servicios de Ferreyros de la sede de Cerro de Pasco, que indicó acortar el intervalo de reemplazo del filtro de aceite de motor, filtros de aire según lo que indicaba la plataforma web SIS CAT, puesto que estos intervalos son recomendados para otro tipo de realidades diferentes a las encontradas en la unidad minera en la que labora el investigador.

**Tabla 25.**

**Plan de mantenimiento preventivo de equipos Caterpillar**

ITEM	DESCRIPCIÓN	SISTEMA	NP	CANTIDAD	PM1	PM2	PM3	PM4
1	Filtro de aceite de motor	MOTOR	1R-1808	1 UND	X	X	X	X
2	Filtro de combustible	MOTOR	422-7587	1 UND	X	X	X	X
3	Filtro separador de agua	MOTOR	438-5386	1 UND	X	X	X	X
4	Filtro de combustible tercero	MOTOR	360-8960	1 UND	X	X	X	X
5	Filtro primario de aire	MOTOR	142-1339	1 UND	X	X	X	X
6	Filtro secundario de aire	MOTOR	142-1404	1 UND		X	X	X
7	Filtro hidráulico línea	HIDRÁULICO	093-7521	1 UND			X	X
8	Filtro hidráulico pilotaje	HIDRÁULICO	5I-8670	1 UND			X	X
9	Respiradero reductor de giro	MOTOR	4H-6112	1 UND			X	X
10	Elemento de retorno hidráulico	HIDRÁULICO	179-9806	1 UND			X	X
11	Filtro de cabina aire	CABINA	293-1184	1 UND				X
12	Filtro de cabina re-circulación	CABINA	293-1183	1 UND				X
13	Respiradero sistema hidráulico	HIDRÁULICO	227-0590	1 UND				X
14	Sello de tapa de llenado de aceite hidráulico	HIDRÁULICO	095-1608	1 UND				X
15	Válvula de admisión de escape	MOTOR	285-4106	1 UND			X	X
16	Respiradero de cárter de motor	MOTOR	5N-4185 / 9F-4446	1 UND		X	X	X
17	Tapa de tanque de combustible	MOTOR	350-7735 / 9X-8600	1 KIT		X	X	X
18	Correas trapeciales	MOTOR	183-4494	1 UND	X	X	X	X
19	Aceite de motor	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W/40	11 Glns	X	X	X	X
20	Tanque hidráulico	HIDRÁULICO	MOBIL HYDRAULIC OIL 10W	51 Glns				X
21	Mando de rotación	TRANSMISIÓN	MOBILTRANS HD 50	5 Glns			X	X
22	Mandos finales (c/u)	TRANSMISIÓN	MOBILTRANS HD 50	2,5 Glns				X
23	Sistema de enfriamiento	REFRIGERACIÓN	REFRIGERANTE NAAL COOL 2000	9,2 Glns				X

**4.1.7 Cartilla de mantenimiento preventivo**

Para la ejecución de los mantenimientos preventivos se implementa una cartilla de mantenimiento para cada equipo de la muestra y para cada tipo de mantenimiento preventivo definido en los planes de mantenimiento, que permitirá la correcta realización de dicha actividad, para lo cual se establecen seis secciones dentro de cada cartilla de mantenimiento.

**Tabla 26.**

**Secciones de las cartillas de mantenimiento**

Secciones cartilla de mantenimiento preventivo
a) Datos del mantenimiento preventivo
b) Servicio a ejecutar
c) Filtros
d) Lubricantes
e) Pruebas del equipo en funcionamiento
f) Puntos de lubricación
g) Comentarios y justificación del servicio no ejecutado

La cartilla de mantenimientos preventivos elaborada bajo estas secciones definidas se adjunta en los anexos de la presente investigación.

**4.1.8 Programa semanal de mantenimientos preventivos**

Para la liberación de los equipos por parte del área de operaciones, se establece presentar cada martes la programación semanal de los mantenimientos preventivos, que comprenden los siete días de la semana,

partiendo desde el miércoles de la presente semana al martes de la próxima semana. Se establecen, también, los datos que se deberán presentar dentro del programa.

**Tabla 27.**  
**Datos del programa semanal de mantenimientos preventivos**

Datos del programa semanal
a) Flota
b) Centro costo
c) Código interno
d) Plan de mantenimiento
e) Sistema
f) Tipo de mantenimiento preventivo
g) Fecha programada
h) Fecha ejecutada
i) Horómetro programado
j) Horómetro ejecutado

A continuación, se presenta un ejemplo hipotético de un programa semanal de mantenimiento preventivo.

**Tabla 28.**  
**Programa semanal de mantenimientos preventivos**

Correspondiente a la semana 2

FLOTA	CC	Código Interno	Plan de Mantto	Sistema	Tipo de Mantto	Fecha Programada	Fecha Ejecutada	Horometro Programado	Horometro Ejecutado	PROGRAMADO / CUMPLIMIENTO						
										MIÉ	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR
VOQUETE		VQ-079	350	DIESEL	M	03/01/2019		350		02-ene	03-ene	04-ene	05-ene	06-ene	07-ene	08-ene
EXCAVADORA		EX-003	250	DIESEL	PM1	07/01/2019		250		02-ene	03-ene	04-ene	05-ene	06-ene	07-ene	08-ene

FLOTA	Programado	Ejecutado	PM	Cump. (%)	Prec. (%)
VOQUETE	1	0	0	0%	0%
EXCAVADORA	1	0	0	0%	0%
Total general	2	0	0	0%	0%

PLANNER DE MANTENIMIENTO	JEFE DE MANTENIMIENTO	RESIDENCIA

Para el cumplimiento se basará en la realización del mantenimiento preventivo dentro de la semana programada, de realizarse será 100%, de no realizarse el cumplimiento será 0%.

Para la precisión se tomarán en cuenta dos criterios, (i) ejecución en la misma fecha en la que se programó y (ii) ejecución en un horómetro cercano al programado, específicamente en un rango más menos del 10% del ciclo de mantenimiento. De cumplirse ambos criterios, la precisión será del 100%, de no cumplirse uno de los criterios o los dos la precisión será del 0%.

#### 4.1.9 Orden de trabajo

Como parte del sistema de gestión integrado (SGI) los formatos tienen una nomenclatura, el área de seguridad establece que el código debe contener cuatro informaciones abreviadas de la siguiente manera: (i) “F” que indica que se trata de un formato, (ii) “PVX” que refiere a la empresa Pevoex que es la contratista principal que mantiene un contrato con el cliente Nexa Resources, (iii) “MAN” en mención al área de mantenimiento a la que el formato pertenece, (iv) finalmente un número correlativo a los formatos que se tiene en el área en este caso es “1”.

En resumen, el código del formato de la orden de trabajo viene a ser “F-PVX-MAN-01”.

Para las secciones del formato de la orden de trabajo, tras varias reuniones con todos los involucrados de la gestión de mantenimiento, teniendo como premisa la calidad de información que se requiere recabar en equilibrio con la agilidad para la realización de las actividades, se ve por conveniente contar con ocho secciones:

**Tabla 29.**  
**Secciones de la orden de trabajo**

Secciones de orden de trabajo
a) Identificación
b) Solicitud de trabajo
c) Datos del equipo
d) Datos del trabajo
e) Personal involucrado
f) Detalles del trabajo
g) Recursos materiales
h) Aprobación

A continuación, se analiza cada una de las secciones referenciadas, para un mayor entendimiento de lo que se desea establecer.

**Tabla 30.**  
**Sección 1. Identificación**

Sección 1. identificación
a) OT
b) Equipo
c) Descripción del trabajo

En esta sección se reportan las partes más generales de la orden de trabajo, para una fácil ubicación de esta con referencia de lo que se hizo a determinado activo.

**Tabla 31.**

**Sección 2. Solicitud de trabajo**

<b>Sección 2. Solicitud de trabajo</b>
a) Ejecutante
b) Operador
c) Fecha y hora inicio-parada
d) Fecha y hora fin-parada

En esta sección se reportan los detalles de la inoperatividad del activo, para el cálculo de la disponibilidad mecánica y responsables, si se trata de una orden de trabajo por accidente operacional, y proceder con el informe respectivo, por lo que es importante conocer al responsable de la actividad para que cuando en un futuro se desee obtener más detalles de lo sucedido se sepa a quién consultar.

**Tabla 32.**

**Sección 3. Datos del equipo**

<b>Sección 3. Datos del equipo</b>
a) TAG
b) Nombre
c) Marca
d) Modelo
e) Serie
f) Placa

En esta sección se muestran los datos técnicos del equipo para que brinde la información al personal mecánico, si se requiere, de la búsqueda de información en manuales de partes u otras fuentes de información.

**Tabla 33.**

**Sección 4. Datos del trabajo**

<b>Sección 4. Datos del trabajo</b>
a) Sistema
b) Tiempo estimado
c) Computable
d) Tipo de trabajo
e) Fecha y hora inicio
f) Fecha y hora fin

En esta sección se registran los datos propios del trabajo realizado, para el análisis de las fallas por diferentes metodologías, que brindará valiosa información para la toma de decisiones.

**Tabla 34.**

**Sección 5. Personal involucrado**

<b>Sección 5. Personal involucrado</b>
a) DNI
b) Apellidos y nombres
c) Cargo

En esta sección se registra a todo el personal técnico involucrado para la realización del trabajo, es importante conocer los recursos empleados para cada orden de trabajo.

**Tabla 35.**

**Sección 6. Detalles del trabajo**

<b>Sección 6. Detalles del trabajo</b>
a) Detalle del trabajo realizado
b) Horómetro
c) Observaciones al trabajo realizado
d) Descripción gráfica
e) Ubicación

En esta sección el personal técnico líder de la actividad (ejecutante), indica los pasos que tuvo que seguir para realizar la reparación.

**Tabla 36.**

**Sección 7. Recursos materiales**

<b>Sección 7. Recursos materiales</b>
a) Ítem
b) Código SIG
c) Descripción
d) Unidad
e) Cantidad

Para la gestión de los recursos materiales como son los repuestos, insumos, lubricantes, entro otros, es importante detallar lo consumido en cada orden de trabajo.

**Tabla 37.**

**Sección 8. Aprobación**

<b>Sección 8. Aprobación</b>
a) Técnico mecánico
b) Supervisor de mantenimiento
c) Jefe de mantenimiento

Previa realización de las actividades se debe contar con la autorización de la orden de trabajo, que es un requisito de la firma de los involucrados en los respectivos campos que les corresponde.

El personal a cargo del reporte de la orden de trabajo será el técnico líder de la actividad encomendada por el supervisor de mantenimiento. El formato por utilizar contendrá las siete secciones mencionadas líneas arriba, con la imagen en referencia al equipo para detallar el área en que se va a desarrollar la actividad.

Establecida la población, se muestran los dos formatos estándar a utilizar para la excavadora y el volquete.

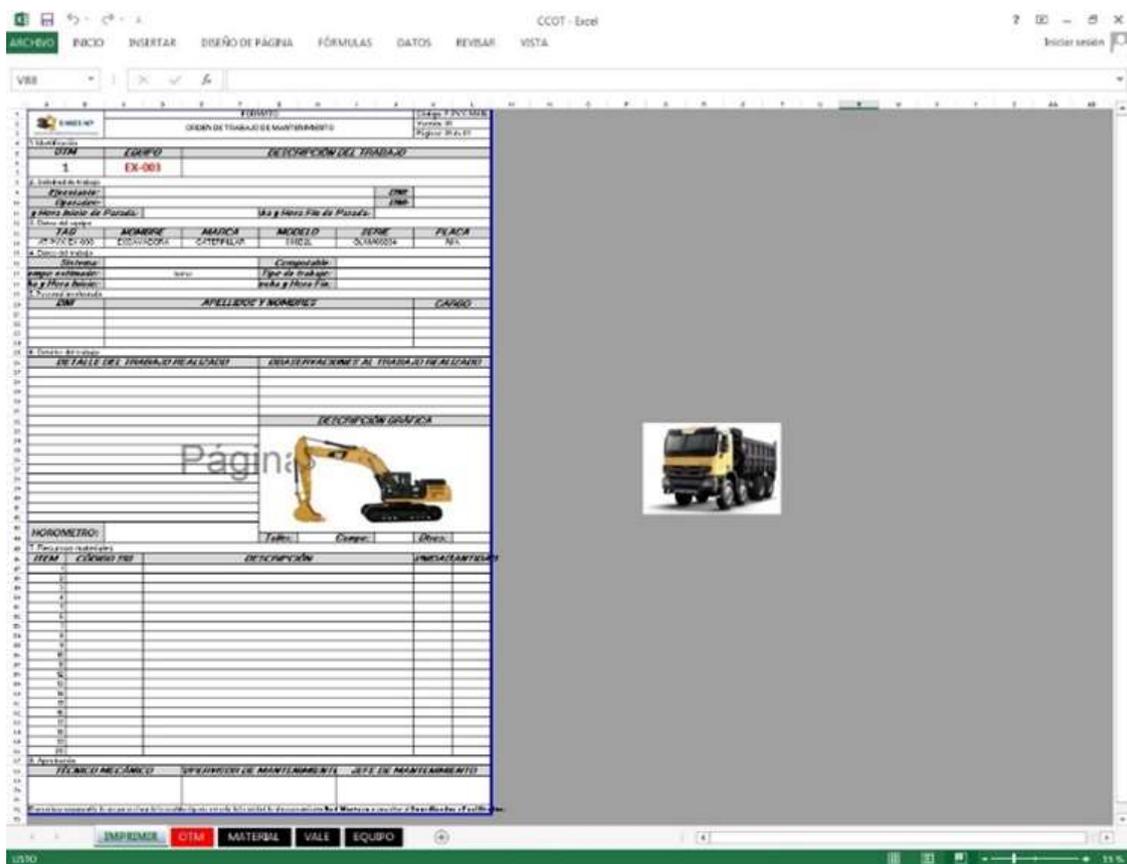




**Tabla 38.**  
**Hojas definidas en "CCOT"**

Hojas definidas en CCOT
a) Imprimir
b) OTM
c) Material
d) Vale
e) Equipo

La hoja "imprimir", es donde se realizará la impresión de la orden de trabajo colocando el número de "OT" a la que se haga referencia. Esta hoja vincula los datos de las cuatro hojas para la obtención de la información necesaria, para la realización de la actividad encomendada.



**Figura 7. Hoja "Imprimir" definida en "CCOT"**

La hoja "OTM" contendrá la tabla que funcionará como base de datos para el registro digital de las órdenes de trabajo. Adicionalmente a los datos registrados en las ocho secciones definidas en la orden de trabajo, contendrá algunos datos propios para el análisis de la gestión de mantenimiento, estos datos deben ser categorizados por profesional capacitado, por lo que no puede

ser registrado por el personal técnico-mecánico a cargo del reporte de la orden de trabajo.

**Tabla 39.**

**Campos de la base de datos “OTM” definida en “CCOT”**

<b>Campos base de datos OTM</b>
a) N.º OT
b) TAG
c) HM
d) Descripción_trabajo
e) Tipo
f) Origen
g) Estado
h) Prioridad
i) Comp.
j) Sistema
k) Responsable_OT
l) Tiempo_estimado
m) Mano_obra
n) Fecha hora I
o) Fecha hora F
p) Total_horas
q) Parada fecha hora I
r) Parada fecha hora F
s) Parada_total_horas
t) Característica
u) OT_referencia

El campo “N.º OT” es en referencia al número correlativo de las órdenes de trabajo.

El campo “TAG” se refiere al código abreviado del tag que le corresponde al equipo, según requisito de la titular minera Nexa Resources.

El campo “HM” se refiere a las horas motor del equipo al momento de realizar la actividad.

El campo “Descripción\_trabajo” se refiere a una descripción que engloba la actividad a realizar por la falla presentada, esta descripción debe brindar, a primera mano, una idea completa de la actividad encomendada debe ser redactada lo más concisa posible, brindando la mayor información y utilizando palabras técnicas propias de la actividad.

El campo “tipo”, hace referencia al tipo de trabajo que se va a realizar, dentro de las cuales se encuentran quince diferentes tipos de trabajo.

**Tabla 40.**  
***Tipos de trabajo definidos en “CCOT”***

<b>Tipo de trabajo</b>
a) MPV - Mantenimiento preventivo
b) MPD - Mantenimiento predictivo
c) MCN - Mantenimiento correctivo no programado
d) MCP - Mantenimiento correctivo programado
e) MEM - Mantenimiento emergencia
f) INS - Nueva instalación
g) CAP - Capacitaciones
h) HSE - Seguridad, salud y medio ambiente
i) PROY - Proyectos
j) SOP - Servicios a operación y otras áreas
k) FAB - Fabricación
l) MOV – Overhaul
m) MIN – Mantenimiento e inspección
n) CAL – Calibraciones
o) ENG – Engrase

El campo “origen” se refiere al origen de la falla o causa del trabajo a realizar, dentro de las cuales se encuentran doce orígenes de trabajo.

**Tabla 41.**  
***Origen de trabajos definidos en “CCOT”***

<b>Origen de trabajo</b>
a) ACC - Accidente
b) MOP - Operación errónea
c) MRP - Reparación errónea
d) MPD - Mantenimiento predictivo
e) MPV - Mantenimiento preventivo
f) HSE - Seguridad, salud y medio ambiente
g) DIS - Mal diseño
h) GAR – Garantía
i) MIN - Mantenimiento de inspección
j) INST - Instalación
k) DES - Desgaste
l) VUT - Vida útil

El campo “estado” indica el estado en el que se encuentra la orden de trabajo, actualmente, sirve para el seguimiento de esta por parte del personal gestor del área de mantenimiento. Se definen trece estados posibles para las órdenes de trabajo.

**Tabla 42.**  
**Estados de las órdenes de trabajo definidos en “CCOT”**

Estados de orden de trabajo
a) GENE - Generada
b) PLAN - Planificada
c) APROB - Aprobada
d) EMAT - Espera materiales
e) ESERV - Espera servicio
f) EMOBRA - Espera mano obra
g) ECONC - Espera condiciones
h) ESPROG - Espera programación
i) PROG - Programada
j) ENPROG - En progreso
k) CAN - Cancelada
l) COMP – Completa
m) CERR – Cerrada

El campo “prioridad” hace referencia a la urgencia de realizar la actividad sobre las otras órdenes de trabajo realizadas simultáneamente. Se establecen 4 prioridades.

**Tabla 43.**  
**Prioridades definidas en “CCOT”**

Prioridad
a) 1 – Urgente (inmediata)
b) 2 – Alta (dentro de las 24 horas siguientes)
c) Media – (1 a 7 días)
d) Baja – (más de 7 días)

El campo “comp.” abreviatura de computable, indica si la orden de trabajo influye en los cálculos de disponibilidad mecánica o no, a razón de realizarlos en tiempos muertos que se encuentran fuera de las horas programadas, según el área de operaciones, pueden tomar dos valores (i) Sí, (ii) No.

El campo “sistema” detalla el sistema, dentro del cual se encuentra la causa raíz de la falla. Se definen diecisiete sistemas macros donde se puede realizar una actividad dentro del equipo.

**Tabla 44.**  
**Sistemas definidos en "CCOT"**

Sistema
a) Motor
b) Cabina operador
c) Herramientas
d) Chasis / estructura
e) Neumáticos
f) Elementos desgaste
g) Sistema combustible
h) Sistema enfriamiento
i) Sistema aire entrada / escape
j) Sistema lubricación
k) Sistema hidráulico
l) Sistema transmisión
m) Sistema frenos
n) Sistema dirección
o) Sistema eléctrico
p) Sistema suspensión
q) Sistema refrigeración

El campo "responsable\_OT" indica el técnico mecánico líder de ejecutar y reportar la orden de trabajo.

El campo "tiempo estimado" es un cálculo basado en experiencia del supervisor que indicará un tiempo aproximado que conllevará realizar la actividad.

El campo "mano\_obra" detalla, en número, los recursos humanos necesarios para realizar la actividad encomendada.

El campo "Fecha hora I" es la fecha y hora de inicio de la actividad detallada en la orden de trabajo, que puede ser diferente al momento de la parada del equipo.

El campo "Fecha hora F" es la fecha y hora de fin de la actividad detallada en la orden de trabajo, que puede ser diferente a la indicada al momento de la operatividad del equipo.

El campo "Total\_horas" es la diferencia entre la fecha y hora de fin con la fecha y hora de inicio de la realización de la actividad.

El campo “Parada fecha hora I” es la fecha y hora de inicio de la inoperatividad del equipo.

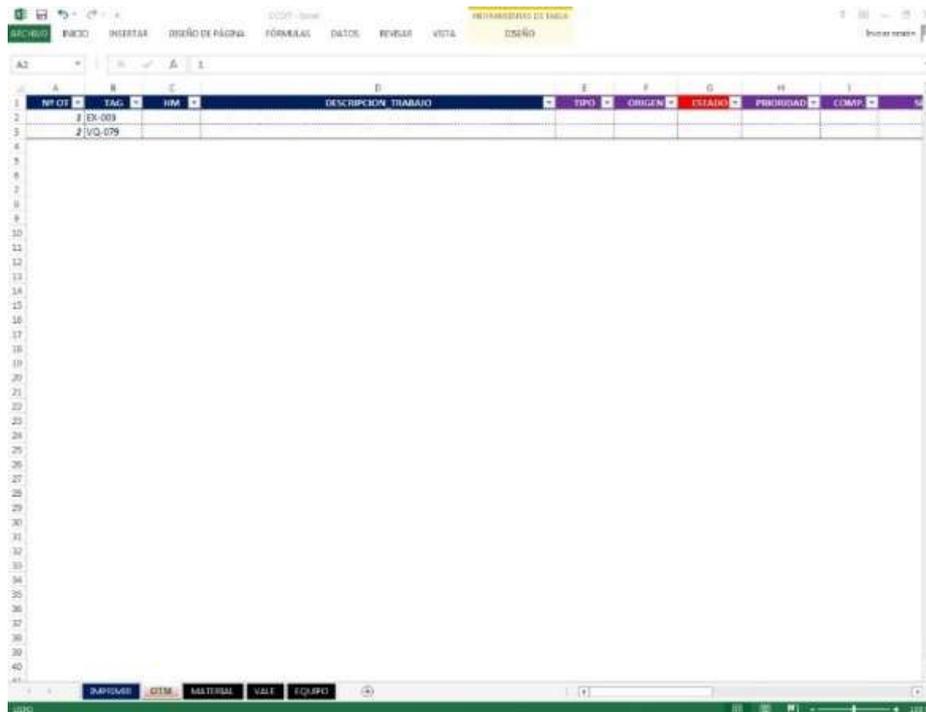
El campo “Parada fecha hora F” es la fecha y hora de fin de la inoperatividad del equipo; es decir, al momento de la puesta en marcha del equipo.

El campo “Parada\_total\_horas” es la diferencia entre la fecha y hora de fin de la inoperatividad del equipo y la fecha y hora de inicio de la inoperatividad.

El campo “Característica” puede tener dos opciones (i) **Padre**, que puede englobar diferentes órdenes de trabajo necesarios para la culminación de la puesta en marcha del equipo, (ii) **Hija**, que hace referencia a que es una de las órdenes de trabajo necesarias para la culminación de una orden de trabajo mayor.

El campo “OT\_referencia” se utiliza en caso de ser una orden de trabajo de característica **hija**, y se coloca el número de orden de trabajo **padre** dentro la cual se encuentra.

Finalmente, se presenta la interfaz de la hoja “OTM”.



**Figura 8. Hoja “OTM” definida en “CCOT”**

La hoja “Material” contendrá la tabla que funcionará como base de datos, donde se registrarán todos los productos que en algún momento se utilizaron o normalmente se utilizan por el área de mantenimiento. La base de datos contendrá cinco campos, necesarios para la identificación de un producto.

**Tabla 45.**

**Campos de la base de datos “Material” definidos en “CCOT”**

Material
a) Código_SIG
b) Producto
c) Unidad
d) PU (\$)
e) Comentario

El campo “Codigo\_SIG” es el definido por el área de logística como código único de identificación de un producto.

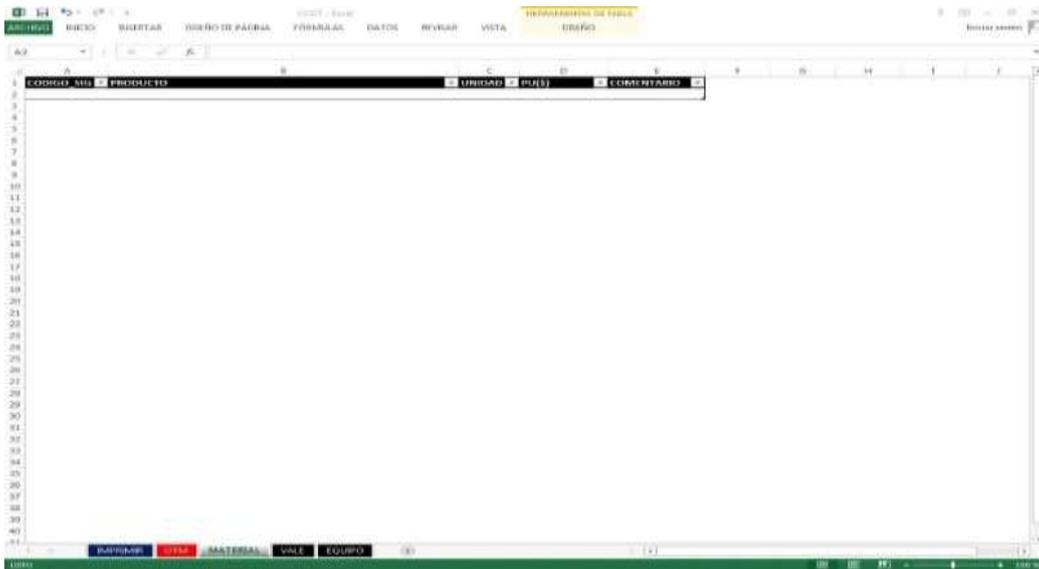
El campo “Producto” contiene una descripción del producto al que se hace referencia, contiene datos técnicos para la fácil identificación.

El campo “Unidad” indica la unidad de medida del producto en mención.

El campo “PU (\$)” hace referencia al valor económico de dicho producto al momento de la adquisición, este valor puede variar dependiendo del proveedor y del tiempo en que se realiza la compra, pero se utiliza como una referencia.

El campo “Comentario” se utiliza por si el usuario desea anotar un comentario de lo que crea conveniente en caso de requerirlo.

Finalmente, se presenta la interfaz de la hoja “Material”.



**Figura 9. Hoja “Material” definida en “CCOT”**

La hoja “Vale” contendrá la tabla que funcionará como base de datos, donde se registrará el consumo de recursos materiales por cada orden de trabajo. La base de datos contendrá siete campos, necesarios para el registro de los vales de salida de recursos materiales de almacén.

**Tabla 46.**  
**Campos de la base de datos “Vale” definidos en “CCOT”**

Vale
a) Código_OTM
b) Código_VALE
c) Ítem
d) Código_SIG
e) Producto_descripción
f) Unidad
g) Cantidad

El campo "Código\_OTM" identifica la orden de trabajo para la cual se utilizaron los recursos materiales.

El campo "Código\_vale" contiene el número correlativo del vale manual con el que se hace el retiro de los recursos materiales de almacén.

El campo "Ítem" es una numeración sencilla de los recursos materiales utilizados para la orden de trabajo.

El campo "Código\_SIG" es el mismo definido en la base de datos de material, que funciona como el identificador único de un producto.

El campo "Producto\_descripción" es la misma descripción que se encuentra en la base de datos de material, que brinda información clara y concisa del producto en mención.

El campo "Unidad" indica la unidad de medida del producto en mención, que es el mismo de la base de datos de material.

El campo "Cantidad" detalla la cantidad por cada recurso material consumido en relación con la unidad de medida.

Finalmente, se presenta la interfaz de la hoja "Vale".



**Figura 10. Hoja "Vale" definida en "CCOT"**

La hoja "Equipo" contendrá la tabla que funcionará como base de datos, donde se realizará un inventario de los equipos que se tiene a cargo para la gestión de activos. Para lo cual, se necesitan veinte campos a registrar, no todos los campos serán obligatorios, pero sí los que ayuden a identificar el equipo y a obtener información acerca del mismo.

**Tabla 47.**

**Campos de la base de datos "Equipo" definidos en "CCOT"**

Equipo
a) Código_interno
b) TAG
c) CC
d) Nombre
e) Descripción
f) Marca
g) Modelo
h) Chasis
i) Serie
j) Placa
k) Fecha_fabricación
l) Peso
m) Marca_motor
n) Modelo_motor
o) Serie_motor
p) Estado
q) Proyecto_asignado
r) Fecha_ingreso
s) Fecha_desmovilización
t) Observaciones

El campo “Código\_interno” es una abreviatura del tag completo del equipo que se establece según los requisitos de la titular minera Nexa Resources.

El campo “Tag” es un requisito de la titular minera Nexa Resources como parte del reglamento interno de tránsito dentro de las instalaciones mineras.

El campo “CC” viene a ser el centro de costo al que se encuentra asociado el equipo según las actividades que desarrolla.

El campo “Nombre” es el nombre de la flota de equipos, donde deben encontrarse equipos similares dentro de la cartera de activos.

El campo “Descripción” es una descripción más completa del equipo, detallando algunas características técnicas como capacidad, tracción, entre otros.

El campo “Marca” es el nombre de la empresa fabricante del equipo, el proveedor que brinda el equipo.

El campo “Modelo” es el modelo del equipo definido por el fabricante.

El campo “Chasis” es el número de serie correspondiente al chasis instalado en el equipo.

El campo “Serie” viene a ser uno de los campos más importantes y es aquel donde se registra el número de serie de equipo que permite ubicar información técnica como manual de operaciones, manual de partes, manual de mantenimiento, entre otros.

El campo “Placa” también figura como uno de los campos más importantes en la flota de volquetes, porque aparte de ser un requisito legal permite al usuario y proveedor ubicar datos técnicos del equipo, generalmente se brinda esta información en vez del número de serie cuando se trata de línea blanca como son los volquetes.

El campo “Fecha\_fabricación” viene a ser el año en el que el equipo fue adquirido, puesto que dentro de los requisitos que establece la titular minera se encuentra que el equipo no debe exceder los cinco años de antigüedad.

El campo “Peso” indica en toneladas el peso bruto del equipo.

El campo “Marca\_motor” detalla el nombre de la empresa fabricante del motor del equipo actualmente instalado.

El campo “Modelo\_motor” detalla el nombre del modelo designado por el fabricante correspondiente al motor actualmente instalado.

El campo “Serie\_motor” indica el número de serie que identifica al motor para la ubicación de información técnica acerca de este.

El campo “Estado” informa si actualmente viene laborando o no en el proyecto asignado, puede tomar dos valores (i) en obra, (ii) desmovilizado.

El campo “Proyecto\_asignado” es el nombre general del proyecto con el que la empresa especializada identifica determinado contrato con la titular minera.

El campo “Fecha\_ingreso” es el día, mes y año en el que el equipo ingresa a laborar en el proyecto.

El campo “Fecha\_desmovilización” es el día, mes y año en el que el equipo se retira de las labores en el proyecto.

El campo “Observaciones” se utiliza como un campo libre para que el usuario anote observaciones que crea conveniente.

Finalmente, se presenta la interfaz de la hoja “Equipo”



**Figura 11. Hoja “Equipo” definida en “CCOT”**

El encargado de realizar el registro digital en la aplicación “CCOT” es el planner de mantenimiento, quien genera las órdenes de trabajo y se asegura del registro del cierre de la orden de trabajo al final de la realización de la actividad. Del correcto registro de las órdenes de trabajo depende la calidad de información que se genera a partir de los datos, para el posterior análisis y toma de decisiones por parte de la jefatura de mantenimiento o gerencia de mantenimiento.

Evaluación del impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad general de los vehículos.

#### **4.1.11 Evaluación del plan de mantenimiento**

Una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo se vuelve a realizar la encuesta para así poder ver en cuánto varió la disponibilidad de los vehículos de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco.

**Tabla 48.**

***Resumen del cuestionario aplicado en el área de mantenimiento***

Criterios de la auditoría de la gestión de mantenimiento	Puntaje	Puntaje óptimo	%
Personal de mantenimiento	48	75	64
Cumplimiento del plan de mantenimiento por parte de la empresa	51	78	65
Disponibilidad de repuestos y materiales para garantizar el mantenimiento	32	45	62

Una vez determinado los porcentajes de cada uno de los criterios evaluados, se utiliza la tabla 49 para determinar una calificación adecuada.

**Tabla 49.**  
**Tabla de valores del cuestionario**

Resultado inicial de la situación actual de mantenimiento	
<40% de índice de conformidad	Sistema muy deficiente
40-60% de índice de conformidad	Aceptable
60-75% de índice de conformidad	Bueno
75-85% de índice de conformidad	Muy bueno
>85% de índice de conformidad	Excelente

Tomada de Renovatec, 2017

De los criterios evaluados se obtuvo como resultado que el punto más crítico es la disponibilidad de repuestos y materiales por parte de la empresa ya que en la encuesta se obtuvo un porcentaje del 62% (anexo 1) que califica a la actividad como un “sistema bueno” (tabla 49), esto se debe a que la empresa no cuenta con las actividades necesarias que aseguren una disponibilidad óptima de los vehículos.

Con respecto al personal de mantenimiento se obtuvo un porcentaje de 56% (anexo 1), que tiene una calificación de “aceptable” (tabla 49), esto demuestra que el personal no se encuentra cómodo con el lugar de trabajo, esto genera retrasos en los procesos de mantenimiento además de aumentar el riesgo de accidentes ya que el personal se encuentra desmotivado.

Y por último, en el ítem de disponibilidad de repuestos y materiales se obtuvo un 31% (anexo 1), según la tabla de calificación, se puede determinar que es un “sistema muy deficiente” (tabla 49), esto demuestra que el personal, no cuenta con los repuestos necesarios para realizar un adecuado procedimiento de mantenimiento.

#### **4.1.12 Reporte de fallas (análisis de los meses de abril, mayo y junio)**

Los cuadros de reportes de falla final para cada unidad consignada buscan describir las incidencias ocurridas respecto de las fallas de mantenimiento por cada subsistema presente en cada vehículo, agrupando los sistemas eléctrico, de motor, hidráulico, de transmisión y de dirección. Cuyas



**Tabla 51.**  
**Reporte de fallas final del tractor D6T**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS INVOLUCRADOS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
TRACTOR D6T	TR-001	3/08/2018	9.9	5192.6	SISTEMA HIDRAULICO	928	9.9	1	9.9	Agosto
		30/09/2018	0.7	5408.8	SISTEMA DE TRANSMISION	60	0.7	1	0.7	Septiembre
		5/10/2018	1.1	5424.7	SISTEMA DE TRANSMISION	656	1.1	1	1.1	Octubre
<b>SUMA TOTAL</b>					<b>1664</b>	<b>11.7</b>	<b>3</b>			

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 52.**  
**Reporte de fallas final del camión ARA-711**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ARA-711	VQ-40	25/07/2018	5790.38	5798.29	SISTEMA ELECTRICO	421.87	7.81	1	7.81	Julio
		20/08/2018	5798.39	5801.39	SISTEMA HIDRAULICO	62.33	3	1		
		25/08/2018	6179.04	6182.4	SISTEMA DE MOTOR	35.00	5.36	1.00	8.36	Agosto
		26/08/2018	5801.29	5803.39	SISTEMA HIDRAULICO	99.33	2	1		
		1/09/2018	5806.39	5807.39	SISTEMA HIDRAULICO	18.67	1	1		
		2/09/2018	5803.39	5804.39	SISTEMA DE TRANSMISION	8.00	3	1		
		3/09/2018	6240.44	6241.08	SISTEMA DIRECCION	16.00	0.64	1		
		4/09/2018	6244.22	6245.44	SISTEMA DE MOTOR	128.87	1.22	1.00	11.53	Septiembre
		12/09/2018	6245.44	6246.44	SISTEMA DE TRANSMISION	15.33	1	1		
		13/09/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA DIRECCION	125.89	0.87	1		
		20/09/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA ELECTRICO	24.17	2	1		
		22/09/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA DIRECCION	166.61	2	1		
		23/09/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA ELECTRICO	83.33	2	1		
		8/10/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA ELECTRICO	103.49	5.39	2		
		14/10/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA DIRECCION	66.12	2	1	14.39	Octubre
		18/10/2018	6355.53	6356.20	SISTEMA HIDRAULICO	7.39	2	1		
		19/10/2018	6356.20	6356.20	SISTEMA DIRECCION	39.89	2	1		
		22/10/2018	6356.20	6359.20	SISTEMA HIDRAULICO	235.56	1	1		
		6/11/2018	6359.20	6361.20	SISTEMA DE TRANSMISION	19.07	2	1		
		7/11/2018	6361.20	6363.20	SISTEMA DIRECCION	2.27	2	1		
		7/11/2018	6363.20	6365.20	SISTEMA ELECTRICO	49.89	2	1	10.5	Noviembre
		10/11/2018	6365.20	6367.20	SISTEMA DE TRANSMISION	10.67	2	1		
		11/11/2018	6367.20	6369.20	SISTEMA DE MOTOR	178.67	2	1		
		22/11/2018	6369.20	6369.70	SISTEMA DE MOTOR	144.33	0.5	1.0		
1/12/2018	6369.70	6370.70	SISTEMA ELECTRICO	16.56	1.0	1.0				
2/12/2018	6370.70	6371.87	SISTEMA HIDRAULICO	131.78	1.2	1.0				
11/12/2018	6371.87	6372.37	SISTEMA DIRECCION	35.33	0.5	1.0				
13/12/2018	6372.37	6374.20	SISTEMA HIDRAULICO	9.33	1.8	1.0				
13/12/2018	6374.20	6375.70	SISTEMA DE TRANSMISION	103.00	1.5	1.0				
20/12/2018	6375.70	6377.70	SISTEMA DIRECCION	154.67	2.0	1.0				
<b>SUMA TOTAL</b>					<b>2528</b>	<b>61</b>	<b>30</b>			

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 53.**  
**Reporte de fallas final del camión ARA-805**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ARA-805	VQ-41	14/08/2018	6250.3	6251.0	SISTEMA HIDRAULICO	37.6	0.78	2		
		30/08/2018	6251.8	6252.5	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.75	2	3.56	Agosto
		30/08/2018	6252.5	6253.3	SISTEMA DIRECCION	3.6	0.75	1		
		31/08/2018	6253.0	6253.3	SISTEMA ELECTRICO	2	0.50	1		
		31/08/2018	6254.1	6255.1	SISTEMA DE RUO TOW	75	1.00	1		
		3/09/2018	6255.1	6256.1	SISTEMA ELECTRICO	40	0.80	1		
		7/09/2018	6256.9	6257.3	SISTEMA DE TRANSMISION	30	0.67	1		
		9/09/2018	6257.1	6258.3	SISTEMA DE TRANSMISION	2.7	0.58	2		
		11/09/2018	6258.3	6259.3	SISTEMA DE RUO TOW	13.3	0.75	1		
		13/09/2018	6259.0	6260.3	SISTEMA DIRECCION	3.6	0.50	1	7.39	Septiembre
		30/09/2018	6260.1	6261.3	SISTEMA DE RUO TOW	3.8	2.00	1		
		22/09/2018	6262.0	6263.3	SISTEMA ELECTRICO	3.2	0.50	1		
		24/09/2018	6263.1	6263.6	SISTEMA ELECTRICO	0.3	0.50	2		
		28/09/2018	6263.1	6263.6	SISTEMA ELECTRICO	29	0.50	1		
		1/10/2018	6263.6	6263.7	SISTEMA HIDRAULICO	18.8	0.62	1		
		14/10/2018	6263.6	6264.2	SISTEMA DE TRANSMISION	2.3	0.62	1	1.86	Octubre
		16/10/2018	6264.2	6264.8	SISTEMA HIDRAULICO	288	0.62	1		
		1/11/2018	6264.2	6264.8	SISTEMA DE RUO TOW	1.5	0.62	1		
		4/11/2018	6265.8	6266.4	SISTEMA DE TRANSMISION	90	0.62	1		
		10/11/2018	6266.8	6267.4	SISTEMA DE RUO TOW	3.8	0.62	1		
		11/11/2018	6266.4	6267.3	SISTEMA DE RUO TOW	0	1.63	2		
		11/11/2018	6266.3	6267.0	SISTEMA DIRECCION	3.8	0.50	1		
		13/11/2018	6267.1	6267.0	SISTEMA HIDRAULICO	2.3	0.50	2		
		15/11/2018	6266.0	6267.3	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.50	2		
		15/11/2018	6267.0	6268.0	SISTEMA DE TRANSMISION	5	1.00	1		
		15/11/2018	6267.1	6268.3	SISTEMA HIDRAULICO	3.7	0.80	1		
		16/11/2018	6268.0	6268.0	SISTEMA DE TRANSMISION	6.3	1.00	1		
		30/11/2018	6268.1	6269.0	SISTEMA DE RUO TOW	3.8	0.52	1		
		21/11/2018	6269.0	6270.3	SISTEMA HIDRAULICO	3.8	0.63	1		
		23/11/2018	6269.0	6269.5	SISTEMA DIRECCION	3.0	0.50	1		
		26/11/2018	6270.2	6270.5	SISTEMA ELECTRICO	3.3	0.30	1		
		28/11/2018	6270.5	6270.5	SISTEMA DE TRANSMISION	4.3	0.68	1		
1/12/2018	6270.5	6271.0	SISTEMA HIDRAULICO	88	0.67	1				
6/12/2018	6270.2	6271.8	SISTEMA DE TRANSMISION	2.3	1.67	1				
8/12/2018	6271.2	6271.3	SISTEMA ELECTRICO	0	0.53	1				
04/12/2018	6271.8	6272.8	SISTEMA DE TRANSMISION	2.4	1.80	2				
13/12/2018	6271.7	6272.3	SISTEMA DE TRANSMISION	5.0	1.50	2				
17/12/2018	6272.8	6273.3	SISTEMA DE RUO TOW	3.3	0.25	1				
18/12/2018	6273.2	6273.5	SISTEMA DE RUO TOW	1.80	0.30	1				
<b>SUMA TOTAL</b>					<b>2201</b>	<b>31</b>	<b>37</b>			

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 54.**  
**Reporte de fallas final del camión ATK-845**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes
ATK-845	ATK-845	30/08/2018	5043.13	5048.5	SISTEMA DIRECCION	286	5.37	1	5.37	Agosto
		14/09/2018	5048.5	5049.083	SISTEMA HIDRAULICO	16	0.58	1		
		15/09/2018	5049.083	5049.583	SISTEMA DE TRANSMISION	6	0.50	2	8.57	Septiembre
		15/09/2018	5049.583	5049.75	SISTEMA DIRECCION	10	0.17	1		
		16/09/2018	5049.75	5050.05	SISTEMA DIRECCION	8	0.30	1		
		16/09/2018	5050.05	5052.05	SISTEMA ELECTRICO	12	2.00	1		
		17/09/2018	5052.05	5053.55	SISTEMA HIDRAULICO	7	1.50	1		
		18/09/2018	5053.55	5053.883	SISTEMA DE TRANSMISION	9	0.33	1		
		18/09/2018	5053.883	5055.067	SISTEMA DIRECCION	57	1.18	1		
		22/09/2018	5055.067	5057.067	SISTEMA ELECTRICO	205	2.00	1		
		5/10/2018	5565.35	5571.48	SISTEMA ELECTRICO	177	6.13	2	12.13	Octubre
		16/10/2018	5571.48	5573.48	SISTEMA DIRECCION	1	2.00	1		
		16/10/2018	5573.48	5575.48	SISTEMA HIDRAULICO	13	2.00	1		
16/10/2018	5575.48	5577.48	SISTEMA DE MOTOR	210	2.00	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>976</b>	<b>26</b>	<b>15</b>		

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 55.**  
**Reporte de fallas final del camión AWH-886**

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	Total de horas	Mes		
AWH-886	VQ-79	23/07/2018	768.40	772.20	SISTEMA DE MOTOR	400.00	3.80	3	3.8	Julio		
		17/08/2018	1047.00	1051.30	SISTEMA DE MOTOR	30.67	4.30			5.8	Agosto	
		18/08/2018	1051.30	1052.30	SISTEMA DE MOTOR	386.67	1.00					
		30/08/2018	1052.30	1052.80	SISTEMA DE TRANSMISION	27.72	0.50	1		6.4	Septiembre	
		1/09/2018	1052.80	1053.80	SISTEMA DE MOTOR	34.84	1.00	1				
		3/09/2018	1053.80	1054.47	SISTEMA HIDRAULICO	38.67	0.87	1				
		4/09/2018	1054.47	1054.80	SISTEMA DE TRANSMISION	84.00	0.33					
		9/09/2018	1054.80	1055.30	SISTEMA DE TRANSMISION	343.11	0.50	2				
		18/09/2018	1055.30	1055.80	SISTEMA ELECTRICO	0.28	0.50	1				
		18/09/2018	1055.80	1056.05	SISTEMA DE TRANSMISION	11.30	0.25	1				
		19/09/2018	1056.05	1056.37	SISTEMA DIRECCION	5.28	0.92	1				
		19/09/2018	1056.37	1057.22	SISTEMA DE TRANSMISION	177.28	0.25	1				
		27/09/2018	1057.22	1059.22	SISTEMA DE MOTOR	60.67	2.00	1				
		1/10/2018	1059.22	1061.22	SISTEMA HIDRAULICO	39.33	2.00	1	26.0			Octubre
		2/10/2018	1061.22	1063.22	SISTEMA ELECTRICO	8.89	2.00	1				
		3/10/2018	1063.22	1065.22	SISTEMA DIRECCION	20.44	2.00	1				
		4/10/2018	1065.22	1067.22	SISTEMA DE TRANSMISION	5.33	2.00	1				
		5/10/2018	1067.22	1069.22	SISTEMA DE MOTOR	138.67	2.00	1				
		12/10/2018	1069.22	1075.22	SISTEMA DE TRANSMISION	80.6	6.00	1				
		12/10/2018	1075.22	1077.22	SISTEMA DE MOTOR	11.80	2.00					
		13/10/2018	1077.22	1079.22	SISTEMA DE MOTOR	362.44	2.00	1				
		23/10/2018	1079.22	1081.22	SISTEMA ELECTRICO	75.00	2.00	1				
		28/10/2018	1081.22	1083.22	SISTEMA HIDRAULICO	4.33	2.00	1				
		28/10/2018	1083.22	1085.22	SISTEMA ELECTRICO	88.00	2.00	1				
		3/11/2018	1085.22	1085.22	SISTEMA DE TRANSMISION	99.00	0.00	1		11.2	Noviembre	
		9/11/2018	1085.22	1087.22	SISTEMA ELECTRICO	56.67	2.00	1				
		12/11/2018	1087.22	1089.22	SISTEMA DE TRANSMISION	7.60	2.00	1				
		13/11/2018	1089.22	1091.22	SISTEMA ELECTRICO	67.29	2.00	1				
		17/11/2018	1091.22	1093.22	SISTEMA DE TRANSMISION	43.78	2.00	1				
		20/11/2018	1093.22	1093.72	SISTEMA ELECTRICO	82.33	0.50	1				
		28/11/2018	1093.72	1094.22	SISTEMA HIDRAULICO	0.33	0.50	1				
		28/11/2018	1094.22	1095.33	SISTEMA ELECTRICO	70.11	1.33	1				
		30/11/2018	1095.33	1096.38	SISTEMA HIDRAULICO	73.56	0.83	1				
5/12/2018	1096.38	1096.88	SISTEMA DE MOTOR	35.33	0.50	1	3.67	Diciembre				
7/12/2018	1096.88	1099.55	SISTEMA DIRECCION	147.00	2.87	1						
18/12/2018	1099.55	1100.05	SISTEMA DE MOTOR	51.00	0.50	1						
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>2400</b>	<b>56.85</b>	<b>34</b>				

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

Tabla 56.  
Reporte de fallas final del camión AWH-887

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	horas	Número de reparaciones	total de horas	Mes
AWH-887	VQ-80	30/05/2018	0	10	SISTEMA DIRECCION	0.00	2.00	1	13.00	Abril
		30/05/2018	10	15.00	SISTEMA DE TRANSMISION	16.00	5.00	1		
		31/05/2018	15	18.00	SISTEMA DIRECCION	0.00	3.00	1		
		31/05/2018	18	21.00	SISTEMA ELECTRI CO	16.00	3.00	1	34.30	Mayo
		1/06/2018	21	23.30	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	2.30	1		
		1/06/2018	23.3	25.50	SISTEMA ELECTRI CO	32.00	2.20	1		
		3/06/2018	25.5	28.10	SISTEMA DE TRANSMISION	0.00	2.60	1		
		3/06/2018	28.1	32.10	SISTEMA HIDRAULICO	16.00	4.00	1		
		4/06/2018	32.1	35.90	SISTEMA DIRECCION	96.00	3.80	1		
		10/06/2018	136.6	136.6	SISTEMA ELECTRI CO	80.00	1.50	1		
		15/06/2018	209.1	219	SISTEMA DE MOTOR	18.00	9.90	1		
		16/06/2018	227.2	232.5	SISTEMA DIRECCION	16.00	3.30	1		
		17/06/2018	232.5	232.5	SISTEMA ELECTRI CO	180.00	1.40	1		
		27/06/2018	3.3	394.1	SISTEMA HIDRAULICO	0.00	3.30	1	3.30	Junio
27/06/2018	394.1	397.4	SISTEMA ELECTRI CO	224.00	3.30	2				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>672</b>	<b>51</b>	<b>16</b>		

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

Tabla 57.  
Reporte de fallas final del camión AWH-913

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	total de horas	Mes
AWH-913	VQ-81	9/08/2018	938.7	942.5	SISTEMA ELECTRI CO	209	3.80	1	6.1	Agosto
		22/08/2018	942.5	943.0	SISTEMA DIRECCION	4	0.50	1		
		22/08/2018	943.0	943.3	SISTEMA ELECTRI CO	122	0.33	1		
		29/08/2018	943.3	943.6	SISTEMA HIDRAULICO	24	0.25	2		
		31/08/2018	943.6	943.6	SISTEMA HIDRAULICO	4			6.4	Septiembre
		31/08/2018	943.6	944.8	SISTEMA DIRECCION	134	1.17	1		
		9/09/2018	944.8	945.7	SISTEMA ELECTRI CO	61	1.00	1		
		12/09/2018	945.7	946.0	SISTEMA DE MOTOR	49	0.25	1		
		15/09/2018	946.0	946.2	SISTEMA HIDRAULICO	34	0.17	1		
		18/09/2018	1017.4	1017.2	SISTEMA DE MOTOR	41	1.89			
		20/09/2018	1017.2	1018.2	SISTEMA DE MOTOR	37	1.00	2		
		22/09/2018	1018.2	1018.4	SISTEMA DE TRANSMISION	41	0.17	1		
		25/09/2018	1018.4	1018.9	SISTEMA HIDRAULICO	8	0.50	1		
		25/09/2018	1018.9	1019.4	SISTEMA ELECTRI CO	9	0.50	1		
		26/09/2018	1019.4	1020.4	SISTEMA HIDRAULICO	102	1.00	1	12.1	Octubre
		2/10/2018	1020.4	1021.2	SISTEMA DE MOTOR	81	0.83	1		
		7/10/2018	1021.2	1021.6	SISTEMA DE TRANSMISION	180	0.25	1		
		17/10/2018	1021.6	1023.5	SISTEMA DIRECCION	17	2.00	1		
		18/10/2018	1023.5	1023.5	SISTEMA HIDRAULICO	28	2.00	1		
		20/10/2018	1023.5	1026.5	SISTEMA DE TRANSMISION	46	1.00	1		
		23/10/2018	1026.5	1028.5	SISTEMA DE MOTOR	38	2.00	1		
		25/10/2018	1028.5	1030.5	SISTEMA DIRECCION	4	2.00	1		
		25/10/2018	1030.5	1032.5	SISTEMA ELECTRI CO	227	2.00	1		
		9/11/2018	1032.5	1033.5	SISTEMA DE MOTOR	76	1.00	1		
		15/11/2018	1033.5	1034.5	SISTEMA DIRECCION	74	1.00	1		
		18/11/2018	1034.5	1037.5	SISTEMA HIDRAULICO	4	3.00	1		
		18/11/2018	1037.5	1040.5	SISTEMA DIRECCION	75	3.00	1		
		23/11/2018	1040.5	1043.6	SISTEMA ELECTRI CO	83	3.17	1		
		27/11/2018	1043.6	1046.8	SISTEMA HIDRAULICO	1	1.17	1		
		27/11/2018	1046.8	1047.2	SISTEMA DIRECCION	4	0.37	1		
		27/11/2018	1047.2	1050.2	SISTEMA ELECTRI CO	6	3.00	1		
		28/11/2018	1050.2	1051.1	SISTEMA DE MOTOR	14	1.00	1		
		28/11/2018	1051.1	1051.7	SISTEMA DE TRANSMISION	18	0.50	1		
		30/11/2018	1051.7	1052.6	SISTEMA ELECTRI CO	117	1.00	1	5.42	Diciembre
7/12/2018	1052.6	1053.8	SISTEMA DE TRANSMISION	0	1.17					
6/12/2018	1053.8	1054.2	SISTEMA DE TRANSMISION	25	0.42	2				
8/12/2018	1054.2	1054.4	SISTEMA DE TRANSMISION	41	0.17					
10/12/2018	1054.4	1054.7	SISTEMA HIDRAULICO	40	0.33					
15/12/2018	1054.7	1056.1	SISTEMA HIDRAULICO	18	1.33	2				
14/12/2018	1056.1	1057.1	SISTEMA HIDRAULICO	54	1.00					
17/12/2018	1057.1	1058.1	SISTEMA DIRECCION	194	1.00	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>3547</b>	<b>100</b>	<b>40</b>		

Tomada de Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco

**Tabla 58.**  
**Reporte de fallas global**

Resumen de suma totales				
Excavadora 336	Suma total cuadro 7	2608	82	113
Tractor D6T	Suma total cuadro 8	1664	11.7	3
ARA-711	Suma total cuadro 9	2528	61	30
ARA-805	suma total cuadro 10	2201	31	37
ATK-845	suma total cuadro 11	976	26	15
AWH-886	suma total cuadro 12	2400	56.8	34
AWH-887	suma total cuadro 13	672	51	16
AWH-913	suma total cuadro 14	3547	100	40
Suma general		14416	419.5	274
MTBF: tiempo medio entre fallas		34.37		
MTTR: tiempo medio entre reparaciones		52.6		
% disponibilidad		40%		

El cálculo de los indicadores de resumen como MTBF y MTTR, así como disponibilidad, se realizaron de acuerdo a las fórmulas consignadas para tiempo medio entre fallas. Para el cálculo respectivo del tiempo medio entre reparaciones, mientras que la disponibilidad se calculó de acuerdo a la fórmula descrita.

Tiempo medio entre fallas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total entre operaciones}}{\text{N.º de fallas}}$$

**Tabla 59.**  
**Cálculo del tiempo medio entre falla MTBF**

CÁLCULO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA MTBF (REPORTE JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE, OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE)					
EQUIPOS	SISTEMAS	HORAS TRABAJADAS	N° DE REPARACIONES	MTBF TIEMPO TOTAL DE OPERACIONES N° DE FALLAS	MTBF POR EQUIPO
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MOTOR	484	16	30	20
	SISTEMA HIDRÁULICO	315	20	16	
	SISTEMA ELÉCTRICO	396	22	18	
	SISTEMA DIRECCIÓN	487	22	22	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	510	33	15	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MOTOR	325	6	54	288
	SISTEMA HIDRÁULICO	928	1	928	
	SISTEMA ELÉCTRICO	900	8	113	
	SISTEMA DIRECCIÓN	500	5	100	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	736	3	245	
ARA-711	SISTEMA DE MOTOR	506.67	4	127	71
	SISTEMA HIDRÁULICO	497.6	7	71	
	SISTEMA ELÉCTRICO	277.43	6	46	
	SISTEMA DIRECCIÓN	626.78	8	78	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	156.07	5	31	
ARA-805	SISTEMA DE MOTOR	479	8	60	49
	SISTEMA HIDRÁULICO	641	9	71	
	SISTEMA ELÉCTRICO	264	6	44	
	SISTEMA DIRECCIÓN	101	4	25	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	443	10	44	
ATK-845	SISTEMA DE MOTOR	210	1	210	70
	SISTEMA HIDRÁULICO	35.5	2	18	
	SISTEMA ELÉCTRICO	399	4	98	
	SISTEMA DIRECCIÓN	75	4	19	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	15	3	5	
AWH-886	SISTEMA DE MOTOR	1092	8	137	66
	SISTEMA HIDRÁULICO	116	5	23	
	SISTEMA ELÉCTRICO	461	8	58	
	SISTEMA DIRECCIÓN	173	3	58	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	557	10	56	
AWH-887	SISTEMA DE MOTOR	696.78	7	100	78
	SISTEMA HIDRÁULICO	822	10	82	
	SISTEMA ELÉCTRICO	153	1	153	
	SISTEMA DIRECCIÓN	111.5	4	28	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	106	4	27	
AWH-913	SISTEMA DE MOTOR	334	7	48	46
	SISTEMA HIDRÁULICO	286	10	29	
	SISTEMA ELÉCTRICO	422	8	53	
	SISTEMA DIRECCIÓN	368	8	46	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	330	6	55	

Tiempo medio de reparación o MTTR

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{N.º de fallas}}$$

**Tabla 60.**  
**Cálculo del tiempo medio entre reparaciones MTTR**

CALCULO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA MTTR (REPORTE JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE, OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE)					
EQUIPOS	SISTEMAS	HORAS DE REPARACIÓN	N° DE REPARACIONES	MTBF TIEMPO TOTAL DE OPERACIONES N° DE FALLAS	MTBF POR EQUIPO
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MOTOR	30.4	16	2	1
	SISTEMA HIDRÁULICO	29.6	20	1	
	SISTEMA ELÉCTRICO	19.5	22	1	
	SISTEMA DIRECCIÓN	18.3	22	1	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	43.3	33	1	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MOTOR	8.7	4	2	10
	SISTEMA HIDRÁULICO	9.9	1	35	
	SISTEMA ELÉCTRICO	48	8	2	
	SISTEMA DIRECCIÓN	32	5	7	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1.8	3	1	
ARA-711	SISTEMA DE MOTOR	7.08	4	2	2
	SISTEMA HIDRÁULICO	9	7	1	
	SISTEMA ELÉCTRICO	12.39	6	2	
	SISTEMA DIRECCIÓN	11.81	8	1	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	9.54	5	2	
ARA-805	SISTEMA DE MOTOR	14	8	2	3
	SISTEMA HIDRÁULICO	12	9	1	
	SISTEMA ELÉCTRICO	61	6	10	
	SISTEMA DIRECCIÓN	6	4	2	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	17	10	2	
ATK-845	SISTEMA DE MOTOR	2	1	2	2
	SISTEMA HIDRÁULICO	5	2	3	
	SISTEMA ELÉCTRICO	10.13	4	3	
	SISTEMA DIRECCIÓN	3.6	4	1	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	4	3	1	
AWH-886	SISTEMA DE MOTOR	19	8	2	2
	SISTEMA HIDRÁULICO	6	5	1	
	SISTEMA ELÉCTRICO	12.3	8	2	
	SISTEMA DIRECCIÓN	6	3	2	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	14	10	1	
AWH-887	SISTEMA DE MOTOR	17	7	2	6
	SISTEMA HIDRÁULICO	59.27	10	6	
	SISTEMA ELÉCTRICO	16	1	16	
	SISTEMA DIRECCIÓN	24.6	4	6	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	4	4	1	
AWH-913	SISTEMA DE MOTOR	25	7	4	3
	SISTEMA HIDRÁULICO	25.5	10	3	
	SISTEMA ELÉCTRICO	24	8	3	
	SISTEMA DIRECCIÓN	36	8	5	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	7	6	1.2	

Disponibilidad final de los vehículos.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

**Tabla 61.**  
**Cálculo de disponibilidad por cada vehículo**

CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD (REPORTE JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE, OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE)					
EQUIPOS	SISTEMAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD POR CADA UNIDAD
EXCAVADORA 336	SISTEMA DE MOTOR	30	2	94%	94%
	SISTEMA HIDRÁULICO	16	1	91%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	18	1	95%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	22	1	96%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	15	1	92%	
TRACTOR D6T	SISTEMA DE MOTOR	54	2	96%	97%
	SISTEMA HIDRÁULICO	928	35	96%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	113	2	98%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	100	7	93%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	245	1	100%	
ARA-711	SISTEMA DE MOTOR	127	2	99%	97%
	SISTEMA HIDRÁULICO	71	1	98%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	46	2	96%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	78	1	98%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	31	2	94%	
ARA-825	SISTEMA DE MOTOR	60	2	97%	99%
	SISTEMA HIDRÁULICO	71	1	98%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	44	10	81%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	25	2	94%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	44	2	96%	
ATK-845	SISTEMA DE MOTOR	210	2	99%	92%
	SISTEMA HIDRÁULICO	18	3	88%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	98	3	97%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	19	1	95%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	5	1	79%	
AWH-886	SISTEMA DE MOTOR	137	2	98%	97%
	SISTEMA HIDRÁULICO	23	1	95%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	58	2	97%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	58	2	97%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	56	1	98%	
AWH-887	SISTEMA DE MOTOR	100	2	98%	92%
	SISTEMA HIDRÁULICO	82	6	93%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	153	16	91%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	28	6	82%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	27	1	96%	
AWH-913	SISTEMA DE MOTOR	48	4	92%	93%
	SISTEMA HIDRÁULICO	29	3	91%	
	SISTEMA ELÉCTRICO	53	3	95%	
	SISTEMA DIRECCIÓN	46	5	91%	
	SISTEMA DE TRANSMICIÓN	55	1	98%	

El estímulo fue aplicado en los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre, de donde se puede determinar que se dio un aumento de la disponibilidad de los vehículos a 40% que demuestra que el plan elaborado ayuda a incrementar la disponibilidad de los vehículos de la empresa multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco este análisis se demuestra en la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 62.**

**Resumen de información de reporte de fallas**

<b>Impacto del plan de mantenimiento en la disponibilidad de los equipos</b>	
Disponibilidad inicial total	Disponibilidad final total
Disponibilidad final (tabla 24) - Disponibilidad inicial (tabla 59)	
40%-18%=22%	

Donde se demuestra que la disponibilidad final de los vehículos aumentó en un 22%, este aumento se da después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, este 22% genera a la empresa una serie de beneficios, ya que disminuye paradas inesperadas de los vehículos, mejora los ingresos y al contar con actividades programadas se mejora la ejecución de tareas de mantenimiento, en la siguiente tabla se muestra una comparativa de la disponibilidad inicial y final de cada equipo.

**Tabla 63.**

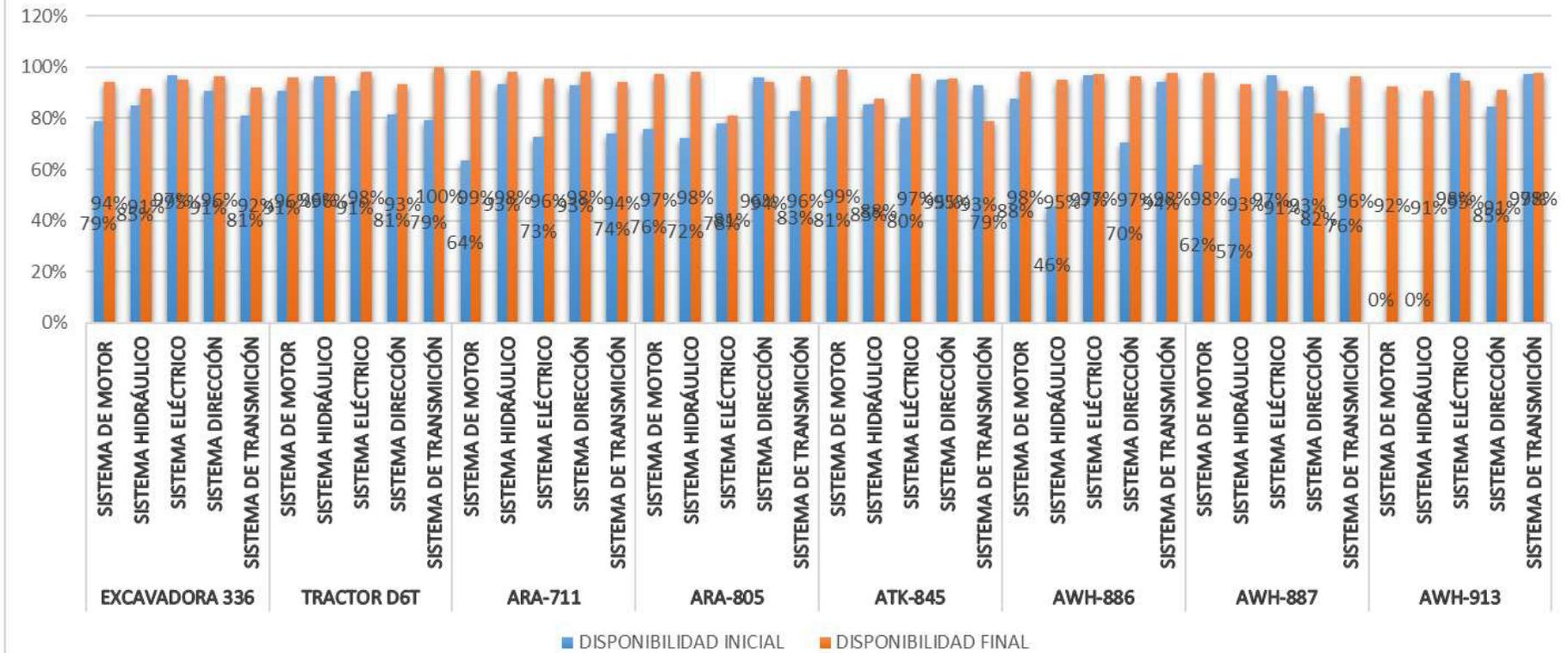
**Tabla de comparaciones de las disponibilidades inicial y final de cada equipo**

<b>Equipos</b>	<b>Sistemas</b>	<b>Disponibilidad inicial</b>	<b>Disponibilidad inicial por equipo</b>	<b>Disponibilidad final</b>	<b>Disponibilidad final por equipo</b>
Excavadora 336	Sistema de motor	79%	87%	94%	94%
	Sistema hidráulico	85%		91%	
	Sistema eléctrico	97%		95%	
	Sistema dirección	91%		96%	
	Sistema de transmisión	81%		92%	
Tractor D6T	Sistema de motor	91%	88%	96%	97%
	Sistema hidráulico	96%		96%	
	Sistema eléctrico	91%		98%	
	Sistema dirección	81%		93%	
	Sistema de transmisión	79%		100%	
Promedio de disponibilidad línea amarilla			87%		95%
ARA-711	Sistema de motor	64%	79%	99%	97%
	Sistema hidráulico	93%		98%	
	Sistema eléctrico	73%		96%	
	Sistema dirección	93%		98%	
	Sistema de transmisión	74%		94%	
ARA-805	Sistema de motor	76%	81%	97%	93%
	Sistema hidráulico	72%		98%	
	Sistema eléctrico	78%		81%	
	Sistema dirección	96%		94%	
	Sistema de transmisión	83%		96%	
ATK-845	Sistema de motor	81%	87%	99%	92%
	Sistema hidráulico	85%		88%	
	Sistema eléctrico	80%		97%	

	Sistema dirección	95%		95%	
	Sistema de transmisión	93%		79%	
AWH-886	Sistema de motor	88%	79%	98%	97%
	Sistema hidráulico	46%		95%	
	Sistema eléctrico	97%		97%	
	Sistema dirección	70%		97%	
	Sistema de transmisión	94%		98%	
AWH-887	Sistema de motor	62%	77%	98%	92%
	Sistema hidráulico	57%		93%	
	Sistema eléctrico	97%		91%	
	Sistema dirección	93%		82%	
	Sistema de transmisión	76%		96%	
AWH-913	Sistema de motor	0%	56%	92%	93%
	Sistema hidráulico	0%		91%	
	Sistema eléctrico	98%		95%	
	Sistema dirección	85%		91%	
	Sistema de transmisión	97%		98%	
Promedio de disponibilidad camiones			77%	94%	94%

De esta tabla se concluye que antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se obtiene una disponibilidad mecánica promedio de los volquetes, que es de 77% y de las maquinarias pesadas (línea amarilla) es de 87%, luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se obtiene una disponibilidad de 94% en los volquetes y un 95% en las maquinarias pesadas (línea amarilla) que evidencia un incremento significativo de la disponibilidad en las unidades.

## Comparación de disponibilidad



**Figura 12. Comparaciones de la disponibilidad inicial y final de cada equipo**

En la figura anterior se muestra la diferencia existente en la disponibilidad inicial y disponibilidad final, donde se demuestra que las actividades del plan de mantenimiento ayudaron a mejorar la disponibilidad de cada uno de los vehículos.

#### 4.1.13 Análisis de resultados

##### 4.1.13.1 Disponibilidad mecánica previa

Considerando que los equipos son destinados para acarreo de mineral y desmonte, las horas de trabajo tanto de la excavadora como de los volquetes son las mismas dentro de las 12 horas por guardia, 24 horas del día en turno mañana y noche.

Para el cálculo de la disponibilidad mecánica previa; es decir, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, programa de mantenimiento preventivo semanal y cartillas de mantenimiento, según lo especificado en la metodología de investigación, se procede a analizar los datos obtenidos de los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018, que servirá como grupo control, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Es así que, en primer lugar, se presentan las horas programadas para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 por cada equipo, que según contrato con el cliente Nexa Resources se establece a veinticuatro horas por día multiplicado por el número de días del mes, esto abre la posibilidad de realizar cambio en caliente, es decir; que el operador saliente entrega el equipo al operador entrante.

**Tabla 64.**  
**Horas programadas en octubre, noviembre y diciembre**

Equipo	Horas programadas		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EX – 003	744.00	720.00	744.00
VQ – 079	744.00	720.00	744.00

En segundo lugar, se presentan las horas en mantenimiento; es decir, las horas requeridas para la realización de las actividades según órdenes de trabajos registrados en el “CCOT”, para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018.

**Tabla 65.**

***Horas en mantenimiento de octubre, noviembre y diciembre***

Equipo	Horas en mantenimiento		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EX – 003	325.80	548.73	370.83
VQ – 079	117.30	142.47	113.98

Finalmente, se procede a presentar la disponibilidad mecánica obtenida en el grupo control, con el uso de la fórmula definida en el marco teórico de la disponibilidad mecánica, correspondientes a los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018.

**Tabla 66.**

***Disponibilidad mecánica (%) octubre, noviembre y diciembre***

Equipo	Disponibilidad mecánica (%)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EX – 003	56.21%	23.79%	50.16%
VQ – 079	84.23%	80.21%	84.68%

Como se observa, no se supera el mínimo establecido bajo contrato con la titular minera Nexa Resources, que es del 85% para la correcta realización de las actividades del área de operaciones, siendo una de las razones observadas en el historial de órdenes de trabajo, se trata de actividades que pudieron realizarse en la parada por mantenimiento preventivo, lo cual, al no ser realizadas de manera oportuna, genera una parada imprevista como un mantenimiento correctivo no programado, que disminuye la disponibilidad mecánica del equipo, por las dificultades que significan al realizar una actividad fuera de taller, o por el hecho de que la avería se ha complicado y requiere de mayores para la realización de la orden de trabajo para la puesta en marcha del equipo.

Dado que la empresa a la que se representa valoriza por horas-motor, es conveniente realizar un análisis del impacto de la disponibilidad mecánica sobre

las horas-motor registrado en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018.

**Tabla 67.**  
**Horas-motor octubre, noviembre y diciembre**

Equipo	Horas-motor		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EX – 003	245.10	63.10	191.80
VQ – 079	300.40	401.00	352.39

Como se aprecia, las horas-motor registradas no son muy alentadoras para generar utilidades para la empresa que sean rentables para la inversión inicial que realizaron, es en este sentido, uno de los puntos importantes que se pretende mejorar con la implementación del plan de mantenimiento y todo lo que conlleva este para poder establecer las bases que permitan ser una empresa competitiva no solo en la unidad minera Atacocha sino que permita expandir sus horizontes hacia otras unidades mineras y brindar un servicio de calidad, todo esto será posible si a partir de la implementación del plan de mantenimiento se obtiene una mejora en la disponibilidad mecánica.

Como punto de partida, la empresa se plantea como meta registrar en los próximos tres meses un mínimo de 450 horas motor para el volquete (VQ - 079) y 300 horas motor para la excavadora (EX - 003), esto tras un análisis en una reunión del directorio.

#### **4.1.13.2 Disponibilidad mecánica posterior**

Para el cálculo de la disponibilidad posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo, programa de mantenimiento, cartillas de mantenimiento de manera similar al procedimiento realizado en el cálculo de la disponibilidad mecánica previa y según lo especificado en la metodología de investigación, se procede a analizar los datos obtenidos de los meses de enero, febrero y marzo del 2019, que servirá como grupo experimental, para lo cual se utiliza la misma ecuación previamente definida:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Es así, que en primer lugar, se presenta las horas programadas para los meses de enero, febrero y marzo del 2019 por cada equipo, que de igual manera sigue en vigencia el contrato con el cliente Nexa Resources que establece a veinticuatro horas por día multiplicado por el número de días del mes.

**Tabla 68.**  
**Horas programadas enero, febrero y marzo**

Horas programadas			
Equipo	Enero	Febrero	Marzo
EX – 003	744.00	672.00	744.00
VQ – 079	744.00	672.00	744.00

En segundo lugar, se presentan las horas en mantenimiento; es decir, las horas que se requirió para la realización de las actividades según ordenes de trabajos registrados en el “CCOT”, para los meses de enero, febrero y marzo del 2019.

**Tabla 69.**  
**Horas en mantenimiento enero, febrero y marzo**

Horas en mantenimiento			
Equipo	Enero	Febrero	Marzo
EX – 003	26.83	62.85	30.95
VQ – 079	44.28	76.00	61.75

Finalmente, se presenta la disponibilidad mecánica obtenidas en el grupo experimental, con el uso de la fórmula definida en el marco teórico de la disponibilidad mecánica, correspondientes a los meses de enero, febrero y marzo del año 2019.

**Tabla 70.**  
**Disponibilidad mecánica (%) enero, febrero y marzo**

Disponibilidad mecánica (%)			
Equipo	Enero	Febrero	Marzo
EX – 003	96.39%	90.65%	95.84%
VQ – 079	94.05%	88.69%	91.70%

Como se observa en el grupo experimental, vale decir, luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, programa semanal de mantenimiento, cartillas de mantenimiento, que representa la manipulación de la variable independiente por ausencia y presencia, se obtiene una disponibilidad mecánica que se encuentra por el encima del mínimo solicitado por la titular

minera del 85% para el correcto desempeño de las actividades del área de operaciones. Esta mejoría se puede atribuir a la correcta realización de los mantenimientos preventivos, cuidando los detalles que podrían originar en el futuro paradas imprevistas, todas estas revisiones obligatorias se encuentran establecidas en las cartillas de mantenimiento que fueron elaboradas a raíz del análisis de las ordenes de trabajo donde se descubrieron aquellas paradas que podían ser evitadas tras una correcta inspección del equipo aprovechando que el equipo se encuentra en mantenimiento preventivo; es decir, solo se registra una parada para lo cual los recursos a utilizar representan menor valor, puesto que se cuentan con todas las condiciones para la realización de actividades, no interesa reducir el tiempo de parada del equipo en el mantenimiento preventivo si es que como efecto se presentarán menores paradas del equipo.

De la misma manera que en el análisis realizado en el grupo de control se analizó la influencia de la disponibilidad mecánica en las horas-motor registradas en los meses de enero, febrero y marzo del 2019 por cada equipo.

**Tabla 71.**  
**Horas-motor enero, febrero y marzo**

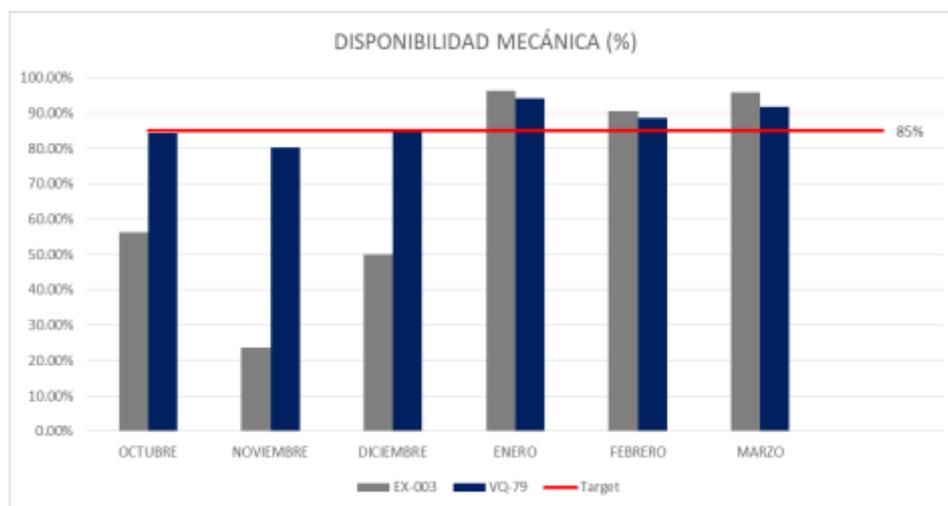
Equipo	Horas motor		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EX – 003	251.10	405.70	308.40
VQ – 079	495.53	465.00	434.10

La meta planteada por los miembros del directorio de la empresa representada, en promedio se ha cumplido, puesto que se obtienen picos de hasta 495.53 horas-motor que representan sin duda un mayor ingreso económico que permite ejecutar otras estrategias que serán discutidas en un tema aparte a la presente investigación como es la rotación de componentes mayores, análisis del *top ten* de fallas, el estudio de Jack Knife, entre muchos otros, con el objetivo de incrementar más aun la disponibilidad mecánica que permita obtener mayores horas-motor por equipo.

## **4.2 Discusión de resultados**

Realizados los cálculos en los grupos control y experimental de la disponibilidad mecánica, se procede a realizar una comparación de lo obtenido

en ambos grupos. En este sentido, se presenta una gráfica para el mejor entendimiento de la discusión de los resultados.



**Figura 13. Comparación de la disponibilidad mecánica (%)**

De la figura número 13, la disponibilidad promedio del volquete (VQ -079) en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018, fue de 83.04% por debajo del mínimo esperado del 85.0%, y de manera comparativa en los meses de enero, febrero y marzo del 2019 se obtuvo una disponibilidad mecánica promedio de 91.48%, no solo por encima del mínimo esperado, sino también 8.44% puntos porcentuales más por encima de lo obtenido en el grupo control. Lo que muestra que, efectivamente, un plan de mantenimiento preventivo, con todo lo que conlleva este, permite un incremento en la disponibilidad mecánica.

Ahora bien, de manera similar se comenta lo acontecido con la excavadora (EX - 003), en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 registra una disponibilidad mecánica en promedio de 43.38%, muy por debajo del mínimo esperado del 85.0%, considerándolo un equipo crítico por la baja disponibilidad que presenta, situación distinta se presenta en los meses de enero, febrero y marzo del 2019, donde en promedio registra 94.29%, disponibilidad mecánica bastante alentadora, obtenida principalmente por un análisis exhaustivo en las ordenes de trabajo en el grupo de control que permitieron elaborar cartillas de mantenimiento acorde a las condiciones presentadas en las labores a tajo abierto, considerado atípico por ser de minado selectivo; es decir, el equipo requería trasladarse frecuentemente durante el día,

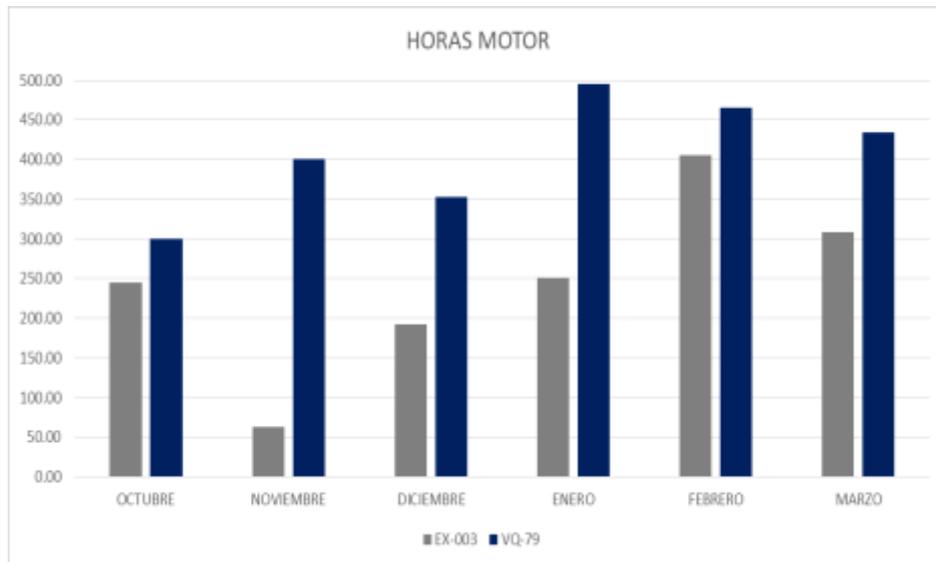
lo que generaba mayores dificultades en la carrilera, averías que representaron las mayores paradas en los anteriores meses. La disponibilidad mecánica obtenida no solo se encuentra por encima del mínimo esperado, sino que supera en creces a la obtenida en el grupo control, lo que ratifica que la implementación de un buen plan de mantenimiento preventivo permite el incremento de la disponibilidad mecánica.

De esta manera, queda demostrada que la hipótesis general es cierta, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019. Ahora bien, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se dificultaría si no se cuenta con un control computarizado de órdenes de trabajo que permitan un análisis del historial de mantenimiento para la elaboración de las cartillas de mantenimiento, mejorando los puntos en los que se presentan frecuentes fallas que pueden ser atendidas al momento de realizarse el mantenimiento preventivo. Por lo mencionado, la primera hipótesis específica también resulta cierta, la implementación de un gestor de órdenes de trabajo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019.

Uno de los puntos más importantes en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es la elaboración de las cartillas de mantenimiento, puesto que es una herramienta dinámica en constante cambio para la mejora de la realización del mantenimiento preventivo, adicionalmente viene a ser un documento auditable en el cumplimiento de los programas semanales de los mantenimientos preventivos, por lo que, la segunda hipótesis específica también resulta cierta, la implementación de cartillas de mantenimiento influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019.

Como se menciona líneas arriba, considerando que la empresa valoriza de acuerdo a las horas-motor, es conveniente realizar también una comparativa

de las horas-motor obtenido en los grupos control y experimental, por lo cual se presenta una gráfica que facilite el análisis.



**Figura 14. Comparación de horas-motor**

En la figura 14, el volquete (VQ-079), en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 promedió 351.26 horas-motor, haciendo un acumulado total de 1053.79 horas-motor, realizando una comparación con el grupo experimental, es decir, las horas motor registradas en los meses de enero, febrero y marzo del 2019, en promedio registra 464.88 horas motor por encima de la meta presentada por el directorio de la empresa, con un acumulado total de 1394.63 horas-motor; es decir, una diferencia de 340.84 horas-motor, situación que va acompañada de la disponibilidad mecánica registrada en cada periodo de tiempo.

De la misma manera, se realizó una comparación de lo sucedido con la excavadora (EX -003), que en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 registra en promedio 166.67 horas-motor con un acumulado total de 500 horas-motor, realizando una comparación con lo obtenido en el grupo experimental, que en los meses de enero, febrero y marzo del 2019 registra en promedio 321.73 horas-motor con un acumulado total de 965.20 horas-motor, vale decir; 465.2 horas-motor de diferencia en comparación con el grupo control, que ratifica y repite lo obtenido con los resultados del volquete, y que de igual

manera es producto de contar con una disponibilidad mecánica adecuada para los objetivos de la empresa.

## CONCLUSIONES

1. En esta tesis se determinó la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarsuyacan, Pasco, 2019. En el grupo de control (muestra de equipos previo a la implementación del plan de mantenimiento preventivo) se registró una disponibilidad mecánica promedio de 83.04% para el volquete (VQ-079), y un 86.6% para la excavadora (EX-336), en el grupo experimental (muestra de equipos posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo) se obtuvo una disponibilidad mecánica promedio de 91.48% para el volquete (VQ-079) y un 93.6% para la excavadora (EX-336), por lo que se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019.
2. Se determinó la influencia de la implementación de un gestor de órdenes de trabajo en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019. Para lo cual se desarrolló un control computarizado de las órdenes de trabajo, para poder facilitar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, basándose en la premisa que no se puede mejorar aquello que no se ha medido. En el grupo de control (muestra de equipos previo a la implementación del plan de mantenimiento preventivo) se registraron 54 órdenes de trabajo que acumularon 373.75 horas cronológicas de parada del volquete (VQ-079), y 68 órdenes de trabajo que acumularon 1245.36 horas cronológicas de parada en la excavadora (EX-003). En el grupo experimental (muestra de equipos posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo) se registraron 58 órdenes de trabajo que acumularon 182.03 horas cronológicas de parada del volquete (VQ-079), y 97 órdenes de trabajo que acumularon 120.63 horas cronológicas de parada de la excavadora (EX-003), por lo que se concluye que la implementación de un gestor de órdenes de

trabajo influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019.

3. Se determinó la influencia de la implementación de cartillas de mantenimiento en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019. Para lo cual se elaboraron cartillas de mantenimiento de acuerdo a las condiciones de trabajo y necesidades operativas propias de la unidad minera. La elaboración se realizó previo análisis del historial de mantenimiento de cada equipo, registradas en el control computarizado de órdenes de trabajo. Al término de la investigación se registraron un total de 112 órdenes de trabajo para el volquete (VQ-079) y 164 órdenes de trabajo para la excavadora (EX-003), que permitieron definir 45 actividades para la realización del mantenimiento preventivo para el volquete (VQ-079) y 57 actividades para la realización del mantenimiento preventivo para la excavadora (EX-003). Lo que permitió un incremento en las horas-motor registradas de 340.84 horas-motor para el volquete (VQ-079) y de 465.2 horas-motor en la excavadora (EX-003), por lo que se concluye que la implementación de cartillas de mantenimiento influye positivamente en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa de servicios múltiples San Francisco de Asís Yarusyacán, Pasco, 2019.

## REFERENCIAS

1. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar.** *Metodología de la Investigación.* [ed.] Jesús Mares Chacón. México : McGRAW-HILL, 2010. 978-607-15-0291-9.
2. **MEJÍA MEJÍA, Elías.** *Metodología de la Investigación Científica.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005. 9972-46-285-4.
3. **GARCÍA GARRIDO, Santiago.** *El Plan de Mantenimiento en Centrales Termosolares.* España : Renovetec, 2004. 978-84-616-1820-0 .
4. **MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto.** *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* México : Alfaomega, 2009. 978-958-682-769-0.
5. **CARBAJAL TACANGA, Pedro Oswaldo.** *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transporte El Dorado S.A.C.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
6. **GUEVARA VILLANUEVA, Juan Manuel y Tapia Farro, Ever.** *Propuesta de un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles - Proyecto Minero La Granja, 2015.* Chiclayo : Universidad César Vallejo, 2015.
7. **TUESTA YLIQUIN, Jehysson Miguel.** *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa.* Callao : Universidad Nacional del Callao, 2014.
8. **GUTIERREZ SERNA, Michael Darwin.** *Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal Caterpillar 966H en una empresa de servicios, Callao, 2018.* Lima : Universidad César Vallejo, 2018.
9. **ADAUTO ARANA, Luis Gabriel.** *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal New Holland en la Municipalidad de Huancán.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. pág. 141.
10. **BUELVAS DÍAS, Camilo Ernesto y MARTINEZ FIGUEROA, Kevin Jair.** *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.* Barranquilla : Universidad Autónoma del Caribe, 2014.

11. **MONTES VILLADA, Juan David.** *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de INTEGRA S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).* Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.
12. **MUÑOZ, Edelmira.** *Diseño del sistema de mantenimiento preventivo para la flota de unidades Yutong de la Empresa Transporte Público del Estado Bolívar C.A.* Guayana : Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, 2013.
13. **GARCÍA MÉNDEZ, Juan José y Velásquez, José María.** *Plan de mantenimiento preventivo para Procaes.* San Salvador : Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 2007.
14. **KNEZEVIC, Jezdimir.** *Mantenimiento.* Madrid : Isdefe, 1996. 84-89338-09-4.
15. **MOUBRAY, Jhon.** *Mantenimiento centrado en confiabilidad.* España : Aladon LLC, 2004. 09539603-2-3.
16. **ARIAS, Fidias.** *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* 6. s.l. : Arias Odón, 2012.
17. **GÓMEZ, Marcelo.** *Introducción a la metodología de investigación científica.* Argentina : Las Brujas, 2006.
18. **BALESTRINI ACUÑA, Mirían.** *Cómo se elabora el proyecto de investigación.* Caracas : BL Consultores Asociados, 2006. 980-6293-03-7.
19. **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA de Normalización y Certificación.** *UNE-ISO 55000 Gestión de activos Aspectos generales, principios y terminología.* Madrid : AENOR, 2015. M13460:2015.
20. **GARCÍA GARRIDO, Santiago.** *Organización y gestión integral de mantenimiento.* España : Ediciones Días de Santos S.A., 2003. 84-7978-548-9.

## **ANEXOS**

## Anexos 1

### Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento

Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento					
Personal de mantenimiento		Puntuación			
N.º	Criterio	0	1	2	3
1	¿Cómo calificaría la capacitación de inducción que le brindó la empresa?	Mala	Regular	Buena	Muy buena
2	¿Cómo calificaría la capacitación continua que le brinda la empresa?	Mala	Regular	Buena	Muy buena
3	¿Los conocimientos adquiridos en la capacitación le ayudaron a mejorar en el mantenimiento de la planta?	No	No siempre	Casi siempre	Sí
4	¿El plan de formación hace que mejoren los conocimientos en otras áreas de la planta? (áreas como operaciones, seguridad, medio ambiente. administración, etc.)	No	No siempre	Casi siempre	Sí
5	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación sencillas?	Ninguno	Solo algunos	Casi todos	Todos
6	El personal de mantenimiento mecánico Puedo realizar todo tipo de tareas especializadas en el área mecánica, eléctrica o de instrumentación.	Ninguno	Solo algunos	Casi todos	Todos
7	El personal de mantenimiento eléctrico puedo realizar todo tipo de tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación sencillas.	Ninguno	Solo algunos	Casi todos	Todos
8	El personal de mantenimiento eléctrico puedo realizar todo tipo de tareas especializadas en el área mecánica, eléctrica o de instrumentación.	Ninguno	Solo algunos	Casi todos	Todos
9	Considera usted que está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad. control de residuos, etc.)	Ninguno	Solo algunos	Casi todos	Todos
10	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	No	A menudo no	En general sin excepción	Siempre
11	¿Considera usted que se siente reconocido por su trabajo?	En absoluto	En general no	Algunas veces	Sí
12	¿Considera usted que la empresa se preocupa por sus necesidades para poder realizar su trabajo?	En absoluto	En general no	Algunas veces	Sí
13	¿Considera usted que tiene proyección profesional dentro de su empresa?	En absoluto	En general no	Algunas veces	Sí

14	¿Se encuentra comprometido con los objetivos de la empresa?	En absoluto	En general no	Algunas veces	Sí
15	¿Qué concepto tiene de sus mandos superiores?	Mala	Regular	Buena	Muy buena
16	¿Considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?	En absoluto	En general no	Algunas veces	Sí
17	¿El nivel de absentismo del personal es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	normal	Muy bajo
18	¿Cuanta con todas las herramientas necesarias para garantizar el mantenimiento de las maquinarias?	No	A menudo no	En general sin excepción	Siempre
19	¿Cuanta con el stock de repuestos necesaria para garantizar el mantenimiento de las maquinarias?	No	A menudo no	En general sin excepción	Siempre
20	¿El taller este situado en un lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No	Mejorable	Lugar óptimo
21	¿El cumple con las condiciones de trabajo básico como servicios higiénicos?	No	En general no	Algunas veces	Sí
22	¿El taller cumple con las condiciones de iluminación necesaria?	No	En general no	Algunas veces	Sí
23	¿Se disponen con los medios de elevación necesaria para elementos pesados (polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)?	No	En general no	Algunas veces	Sí
24	¿Cuenta con medios de transporte necesarios para el traslado de personal en casos de auxilio mecánico?	No	En general no	Algunas veces	Sí
25	¿Usted cree que las instalaciones son adecuadas para realizar este tipo de operaciones?	No	En general no	Algunas veces	Sí

Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento					
N.º	Cumplimiento del plan de mantenimiento por parte de la empresa	Puntuación			
		0	1	2	3
1	¿La empresa cumple con un plan de mantenimiento?	No	En general no	En general sí	Sí
2	¿Se cumple con la programación de tareas del plan de mantenimiento?	No	En general no	En general sí	Sí
3	¿El plan de mantenimiento respeta las instrucciones del fabricante?	No	En general no	En general sí	Sí
4	¿Después de un fallo catastrófico se aplicaron acciones correctivas?	No	En general no	En general sí	Sí
5	¿El plan de mantenimiento está orientado a reducir los fallos críticos?	No	En general no	En general sí	Sí

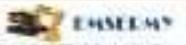
6	¿La proporción de horas/hombre dedicadas al mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No	En general no	En general sí	Sí
7	¿Bajó el número de averías repetitivas?	No	En general no	En general sí	Sí
8	¿El tiempo medio de resolución de avería es bajo?	No	En general no	En general sí	Sí
9	¿Existe un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Si tiene graves defectos	Sí, pero es mejorable	Sí
10	¿El número de averías con máximo nivel de prioridad es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
11	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
12	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	No nunca	En general, no	En general sí	Sí
13	¿Existe un protocolo definido para el personal referido al protocolo de mantenimiento?	No	En general no	En general sí	Sí
14	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No	En general no	En general sí	Sí
15	¿Todos los trabajos realizados se reflejan en una orden de trabajo?	No	En general no	En general sí	Sí
16	¿Se cuenta con un formato para las ordenes de trabajo?	No	En general no	En general sí	Sí
17	¿Existe una auditoría para verificar que los operarios cumplan correctamente con estas órdenes de trabajo?	No	En general no	En general sí	Sí
18	¿El tiempo medio entre fallos entre equipos significativos es adecuado?	No	En general no	En general sí	Sí
19	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	En general no	En general sí	Sí
20	¿El número de OT?	No	En general no	En general sí	Sí
21	¿La disponibilidad media de los equipos es adecuada?	No	Baja	Sí	excelente
22	¿El tiempo de implementación de un procedimiento nuevo es adecuado?	No	En general no	En general sí	Sí
23	¿El número de averías repetitivas es desconocido?	No	En general no	En general sí	Sí
24	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	No	En general no	En general sí	Sí

25	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	En general no	En general sí	Sí
26	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general no	En general sí	Sí

<b>Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento</b>					
Disponibilidad de repuestos y materiales para garantizar el mantenimiento		Puntuación			
N.º	Criterio	0	1	2	3
1	¿Se realizan periódicamente inventarios de presupuesto?	No	En general no	En general sí	Sí
2	¿Se cuenta con registros de los movimientos realizados en el almacén (sistema informático, hoja de cálculo, libros, etc.)?	No	En general no	En general sí	Sí
3	¿Cuándo se realizan auditorías para ver si coincide lo que se cree que se tiene con lo que se tiene realmente?	No	En general no	En general sí	Sí
4	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No	En general no	En general sí	Sí
5	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	No	En general no	En general sí	Sí
6	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	No	En general no	En general sí	Sí
7	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general no	En general sí	Sí
8	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general no	En general sí	Sí
9	¿Se elaboró una lista de repuestos que siempre debe de permanecer en stock?	No	En general no	En general sí	Sí
10	¿La lista de stock mínimo se actualiza y se mejora periódicamente?	No	En general no	En general sí	Sí
11	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuestos?	No	En general no	En general sí	Sí
12	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general no	En general sí	Sí
13	¿El almacén está en un lugar adecuado?	No	En general no	En general sí	Sí
14	¿Dentro del almacén se puede ubicar cualquier objeto con facilidad?	No	En general no	En general sí	Sí
15	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	En general no	En general sí	Sí

## Anexo 2

### Cartilla de mantenimiento preventivo PM1 excavadora Caterpillar 336D2L

	<b>FORMATO</b>	Código:	F-PM1-MAN-02
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM1	Versión:	1.0
		Páginas:	1/4

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	PM1
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



\*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.  
 \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.  
 \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR				
<b>CABINA</b>			SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.			
2	FILTROS DE CABINA. Verificar estado. Limpiar o reemplazar de ser necesario.			
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.			
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Verificar buen estado.			
<b>MOTOR</b>			SI	NO
5	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.			
6	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 11 galones.			
7	RESPIRADERO DE CARTER. Lavar con combustible Diesel, reemplazar de ser necesario			
8	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.			
9	FILTROS DE AIRE. Reemplazar filtro primario.			
10	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.			
11	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Verificar estado de tapa y rejilla. Reemplazar de ser necesario.			
12	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.			
13	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.			
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.			
15	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.			
16	Revisar nivel de refrigerante			
17	CONDENSADOR DE REFRIGERANTE: Verificar estado de suciedad. Limpiar de ser necesario.			
19	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.			
20	Tomar y rotular muestra de refrigerante. Nivel uno.			
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>			SI	NO
21	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Revisar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario.			
22	Revisar si tienes fugas o rajaduras.			
23	Limpiar rejilla del tanque hidráulico.			
24	FILTROS HIDRÁULICOS. Verificar. Reemplazar de ser necesario.			
25	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.			
26	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.			
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>			SI	NO
27	TREN DE RODAJE: Verificar desgaste, pernos flojos, fugas, de rodillos, ruedas guías, zapatas de cadena, ruedas motrices			
28	CADENA DE RODAMIENTO: Verificar ajuste. Si está demasiado flojo o apretado, ver proceder en el Manual de Operac y Mtto.			
29	BASTIDOR: Verificar rajaduras y deformaciones.			
30	MANDO DE ROTACIÓN. Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD 30			
31	Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD30.			
32	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene fugas o rajaduras.			

	FORMATO	Código	FJFVX-MAN-02
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 3302L PM1	Versión	1.0
		Páginas	24

33	MANDOS FINALES: Revisar si tiene fugas de aceite.		
34	Tomar y rotular muestra de aceite de mandos finales.		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
35	ALTERNADOR: Verificación de parámetros.		
36	ARRANCADOR: Verificación de parámetros.		
37	BATERIAS: Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario		
<b>IMPLEMENTOS</b>		SI	NO
38	CUCHARÓN: Verificar estado de las cuchillas y puntas del cucharón. Reemplazar de ser necesario.		
39	VARILLAS DEL CUCHARÓN: Medir, ajustar. Ver procedimiento en el Manual de Mantenimiento y Operaciones		

FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Filtro de aceite de motor	1				
2	Filtro separador de agua	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Filtro de combustible tercero	1				
5	Filtro primario de aire	1				

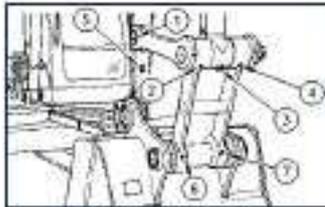
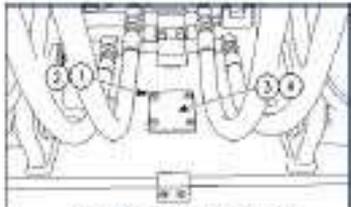
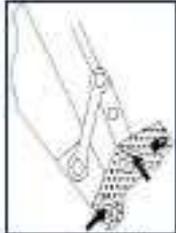
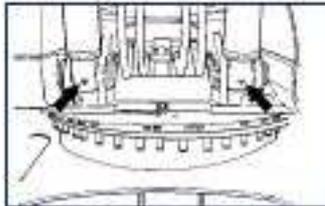
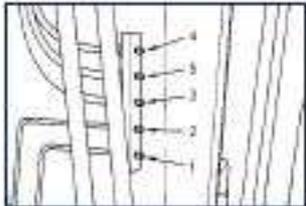
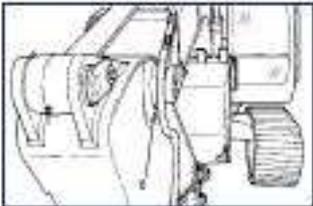
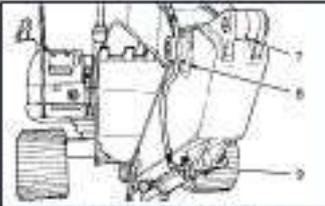
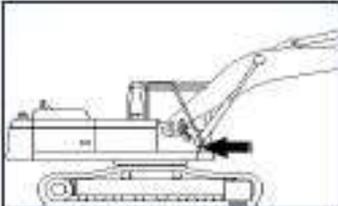
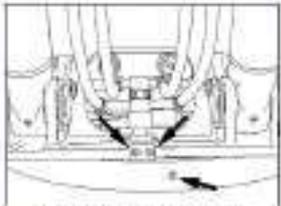
LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (GL.)	SI	NO
1	Motor	MOBIL DELVAC MX SAE 15W/40	11		
2	Tanque Hidráulico	MOBIL HYDRAULIC OIL 10W	31		
3	Mando de rotación	MOBILTRANS HD 50	5		
4	Mandos finales (c/u)	MOBILTRANS HD 50	2,5		
5	Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	9,2		
6	Combustible D2	DIESEL 2	163		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO				
MOTOR			SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, sonidos, vibración y humos			
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha			
3	PRESION DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha			
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.			
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor			
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>			SI	NO
6	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.			
7	MOTOR DE ROTACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.			
<b>SISTEMA DE SEGURIDAD</b>			SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.			
9	CIRCUUNA: Verificar funcionamiento			
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>			SI	NO
10	FUNCIÓN DE VIGILANCIA: Abrir el contacto, en la pantalla del monitor debe visualizarse el logo CAT, temperatura del refrigerante, nivel de combustible y posición de selector de velocidad del motor, luego nivel de refrigerante, aceite del motor e hidráulico. Finalmente Horas de servicio de los filtros y fluidos.			
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente			

	FORMATO	Código	F-IVV-MAN-02
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX.CAT 330D2L PM1	Versión	1.0
		Páginas	34

12	CLAXON: Comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

 <p align="center">Varillaje del cucharón</p>	 <p align="center">Engranaje de la rotación</p>	 <p align="center">Acoplador rápido</p>
 <p align="center">Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p align="center">Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p align="center">Varillaje de la pluma y del brazo</p>
 <p align="center">Cojinetes de rotación</p>	 <p align="center">Cojinetes de rotación</p>	 <p align="center">Cojinetes de rotación</p>

<b>OBSERVACIONES Y JUSTIFICACIONES DEL SERVICIO NO EJECUTADO</b>

\_\_\_\_\_  
TÉCNICO MECÁNICO

\_\_\_\_\_  
INGENIERO DE MANTENIMIENTO

\_\_\_\_\_  
INGENIERO RESIDENTE

### Anexo 3

#### Cartilla de mantenimiento preventivo PM2 excavadora Caterpillar 336D2L

	FORMATO	Código	FJ/VX-MAN-03
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM2	Versión:	1.0
		Páginas:	1/3

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	PM2
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



- \*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.
- \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.
- \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR			
<b>CABINA</b>		SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.		
2	FILTROS DE CABINA. Verificar estado. Limpiar o reemplazar de ser necesario.		
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.		
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Verificar buen estado.		
<b>MOTOR</b>		SI	NO
5	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.		
6	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 11 galones.		
7	RESPIRADERO DE CARTER. Reemplazar.		
8	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.		
9	FILTROS DE AIRE. Reemplazar filtro primario y secundario.		
10	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.		
11	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Verificar estado de rejilla. Reemplazar tapa de tanque.		
12	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.		
13	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.		
15	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.		
16	Revisar nivel de refrigerante		
17	CONDENSADOR DE REFRIGERANTE: Verificar estado de suciedad. Limpiar de ser necesario.		
19	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.		
20	Tomar y rotular muestra de refrigerante. Nivel uno.		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>		SI	NO
21	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Revisar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario.		
22	Revisar si tienes fugas o rajaduras.		
23	Limpiar rejilla del tanque hidráulico.		
24	FILTROS HIDRÁULICOS. Verificar. Reemplazar de ser necesario.		
25	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.		
26	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.		
27	Tomar y rotular muestra de aceite hidráulico.		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>		SI	NO
28	TREN DE RODAJE: Verificar desgaste, pernos flojos, fugas, de rodillos, ruedas guías, zapatas de cadena, ruedas motrices		
29	CADENA DE RODAMIENTO: Verificar ajuste. Si está demasiado flojo o apretado, ver proceder en el Manual de Operac y Mttto.		
30	BASTIDOR: Verificar rajaduras y deformaciones.		
31	MANDO DE ROTACIÓN. Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD 50		
32	Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD50.		

	FORMATO		Código	FJFVX-MAN-03
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 3302L PM2		Versión	1.0
			Páginas	2/3

33	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene fugas o rasaduras.		
34	MANDOS FINALES: Revisar si tiene fugas de aceite.		
35	Tomar y rotular muestra de aceite de mandos finales.		
36	Tomar y rotular muestra de aceite de mando de rotación.		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
37	ALTERNADOR: Verificación de parámetros.		
38	ARRANCADOR: Verificación de parámetros.		
39	BATERIAS: Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario.		
IMPLEMENTOS		SI	NO
40	CUCHARÓN: Verificar estado de las cuchillas y puntas del cucharón. Reemplazar de ser necesario.		
41	VARILLAJE DEL CUCHARÓN: Medir, ajustar. Ver procedimiento en el Manual de Mantenimiento y Operaciones		

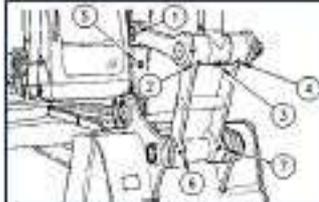
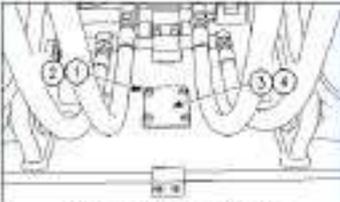
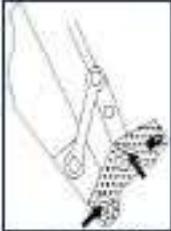
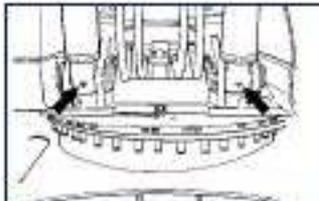
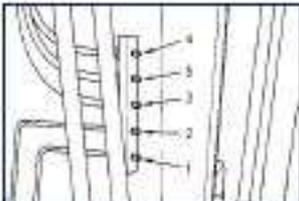
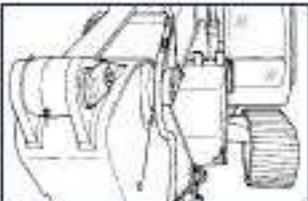
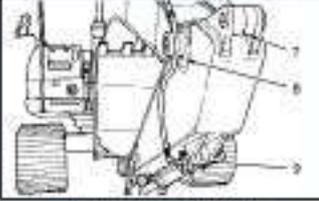
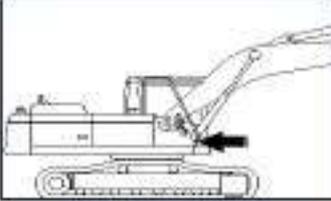
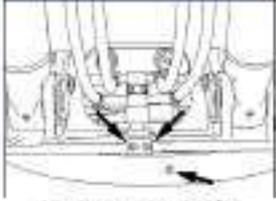
FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Filtro de aceite de motor	1				
2	Filtro separador de agua	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Filtro de combustible tercero	1				
5	Filtro primario de aire	1				
6	Filtro secundario de aire	1				

LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (G.)	SI	NO
1	Motor	MOBIL DELVAC MX SAE 15W/40	11		
2	Tanque Hidráulico	MOBIL HYDRAULIC OIL 10W	31		
3	Mando de rotación	MOBILTRANS HD 50	5		
4	Mandos finales (c/u)	MOBILTRANS HD 50	2,5		
5	Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	9,2		
6	Combustible D2	DIESEL 2	163		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO			
MOTOR		SI	NO
1	MOTOR: Pruebas de funcionamiento, sonidos, vibración y humos		
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha		
3	PRESION DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha		
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.		
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN		SI	NO
6	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
7	MOTOR DE ROTACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
SISTEMA DE SEGURIDAD		SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULUNA: Verificar funcionamiento		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
10	FUNCION DE VIGILANCIA: Abrir el contacto, en la pantalla del monitor debe visualizarse el logo CAT, temperatura del refrigerante, nivel de combustible y posición de selector de velocidad del motor,		

	luego nivel de refrigerante, aceite del motor e hidráulico. Finalmente Horas de servicio de los filtros y fluidos.		
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente		
12	CLAXON: Comprobar sonido que puede escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

 <p>Varillaje del cucharón</p>	 <p>Engranaje de la rotación</p>	 <p>Acoplador rápido</p>
 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>
 <p>Cojinetes de rotación</p>	 <p>Cojinetes de rotación</p>	 <p>Cojinetes de rotación</p>

**OBSERVACIONES Y JUSTIFICACIONES DEL SERVICIO NO EJECUTADO**


TÉCNICO MECÁNICO	INGENIERO DE MANTENIMIENTO	INGENIERO RESIDENTE
------------------	----------------------------	---------------------

## Anexo 4

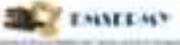
### Cartilla de mantenimiento preventivo PM3 excavadora Caterpillar 336D2L

	FORMATO	Código:	F-PM3-MAN-04
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM3	Versión:	1.0
		Páginas:	14

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	PM3
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			

- \*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.
- \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.
- \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR			
CABINA		SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.		
2	FILTROS DE CABINA. Verificar estado. Limpiar o reemplazar de ser necesario.		
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.		
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Verificar buen estado.		
MOTOR		SI	NO
5	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.		
6	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 11 galones.		
7	RESPIRADERO DE CARTER. Reemplazar.		
8	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.		
9	FILTROS DE AIRE. Reemplazar filtro primario y secundario.		
10	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.		
11	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Verificar estado de rejilla. Reemplazar tapa de tanque.		
12	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.		
13	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.		
15	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.		
16	Revisar nivel de refrigerante		
17	CONDENSADOR DE REFRIGERANTE: Verificar estado de suciedad. Limpiar de ser necesario.		
19	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.		
20	Tomar y rotular muestra de refrigerante. Nivel uno.		
21	VÁLVULA DE ADMISIÓN DE ESCAPE. Reemplazar		
SISTEMA HIDRÁULICO		SI	NO
22	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Revisar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario.		
23	Revisar si tienes fugas o rajaduras.		
24	Limpiar rejilla del tanque hidráulico.		
25	FILTROS HIDRÁULICOS. Reemplazar.		
26	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.		
27	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.		
28	Tomar y rotular muestra de aceite hidráulico.		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN		SI	NO
29	TREN DE RODAJE: Verificar desgaste, pernos flojos, fugas, de rodillos, ruedas guías, zapatas de cadena, ruedas motrices		
30	CADENA DE RODAMIENTO: Verificar ajuste. Si está demasiado flojo o apretado, ver proceder en el Manual de Operac y Mtto.		
31	BASTIDOR: Verificar rajaduras y deformaciones.		
32	MANDO DE ROTACIÓN. Reemplazar 3 galones de aceite de transmisión.		

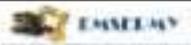
	FORMATO	Código	F-PPVX-MAN-04
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 33602L PMS	Versión	1.0
		Páginas	204

33	Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD30.		
34	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene fugas o rajaduras.		
35	MANDOS FINALES: Revisar si tiene fugas de aceite.		
36	RESPIRADERO REDUCTOR DE GIRO: Reemplazar.		
37	Tomar y rotular muestra de aceite de mandos finales.		
38	Tomar y rotular muestra de aceite de mando de rotación.		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
39	ALTERNADOR: Verificación de parámetros.		
40	ARRANCADOR: Verificación de parámetros.		
41	BATERIAS: Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario.		
IMPLEMENTOS		SI	NO
42	CUCHARÓN: Verificar estado de las cuchillas y puntas del cucharón. Reemplazar de ser necesario.		
43	VARILLAJE DEL CUCHARÓN: Medir, ajustar. Ver procedimiento en el Manual de Mantenimiento y Operaciones		

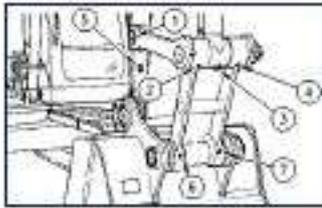
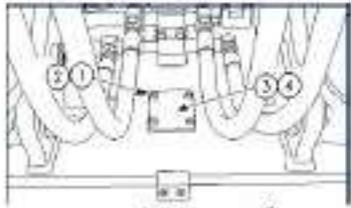
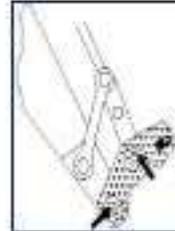
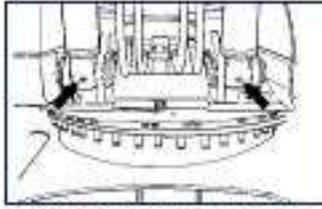
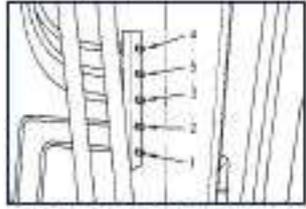
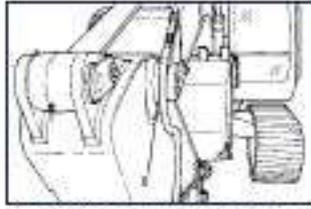
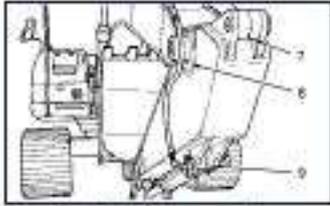
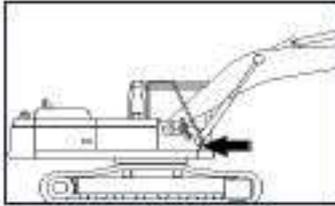
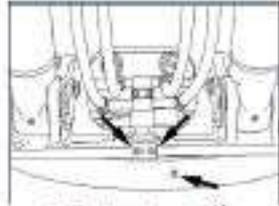
FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Filtro de aceite de motor	1				
2	Filtro separador de agua	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Filtro de combustible tercero	1				
5	Filtro primario de aire	1				
6	Filtro secundario de aire	1				
7	Filtro hidráulico línea	1				
8	Filtro hidráulico pilotaje	1				
9	Elemento de retorno hidráulico	1				

LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (GL.)	SI	NO
1	Motor	MOBIL DELVAC MX SAE 15W/40	11		
2	Tanque Hidráulico	MOBIL HYDRAULIC OIL 10W	31		
3	Mando de rotación	MOBILTRANS HD 30	3		
4	Mandos finales (c/u)	MOBILTRANS HD 30	2,3		
5	Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	9,2		
6	Combustible D2	DIESEL 2	163		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO			
MOTOR		SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, ruidos, vibración y humos		
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha		
3	PRESIÓN DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha		
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.		
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN:		SI	NO
6	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
7	MOTOR DE ROTACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
SISTEMA DE SEGURIDAD:		SI	NO

	FORMATO	Código:	F-PVX-MAN-04
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM3	Versión:	1.0
		Páginas:	3/4

8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULINA: Verificar funcionamiento		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
10	FUNCIÓN DE VIGILANCIA: Abrir el contacto, en la pantalla del monitor debe visualizarse el logo CAT, temperatura del refrigerante, nivel de combustible y posición de selector de velocidad del motor, luego nivel de refrigerante, aceite del motor e hidráulico. Finalmente Horas de servicio de los filtros y fluidos.		
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente		
12	CLAXON: Comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

PUNTOS DE LUBRICACIÓN		
 <p>Varillaje del cucharón</p>	 <p>Engranaje de la rotación</p>	 <p>Acoplador rápido</p>
 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p>Varillaje de la pluma y del brazo</p>
 <p>Cojinetes de rotación</p>	 <p>Cojinetes de rotación</p>	 <p>Cojinetes de rotación</p>

	FORMATO	Código:	F-PVX-MAN-04
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM3	Versión:	1.0
		Páginas:	4/4

OBSERVACIONES Y JUSTIFICACIONES DEL SERVICIO NO EJECUTADO

_____ TÉCNICO MECÁNICO	_____ INGENIERO DE MANTENIMIENTO	_____ INGENIERO RESIDENTE
---------------------------	-------------------------------------	------------------------------

## Anexo 5

### Cartilla de mantenimiento preventivo PM4 excavadora Caterpillar 336D2L

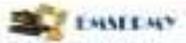
	FORMATO	Código:	F-PM4-MAN-05
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 336D2L PM4	Versión:	1.0
		Páginas:	1/4

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	PM4
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



- \*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.
- \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.
- \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR				
<b>CABINA</b>			SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.			
2	FILTROS DE CABINA. Reemplazar.			
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.			
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Verificar buen estado.			
<b>MOTOR</b>			SI	NO
5	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.			
6	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 11 galones.			
7	RESPIRADERO DE CARTER. Reemplazar.			
8	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.			
9	FILTROS DE AIRE. Reemplazar filtro primario y secundario.			
10	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpiar.			
11	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Verificar estado de rejilla. Reemplazar tapa de tanque.			
12	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.			
13	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.			
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.			
15	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.			
16	Reemplazar 9,2 galones de refrigerante.			
17	CONDENSADOR DE REFRIGERANTE: Verificar estado de suciedad. Limpiar de ser necesario.			
19	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.			
20	Tomar y rotular muestra de refrigerante. Nivel uno.			
21	VÁLVULA DE ADMISIÓN DE ESCAPE. Reemplazar			
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>			SI	NO
22	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Reemplazar 51 galones aceite hidráulico.			
23	Revisar si tienes fugas o rajaduras.			
24	Limpiar rejilla del tanque hidráulico.			
25	FILTROS HIDRÁULICOS. Reemplazar.			
26	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.			
27	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.			
	RESPIRADERO SISTEMA HIDRÁULICO. Reemplazar.			
	SELLO DE TAPA DE LLENADO DE ACEITE. Reemplazar.			
28	Tomar y rotular muestra de aceite hidráulico.			
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>			SI	NO
29	TREN DE RODAJE: Verificar desgaste, pernos flojos, fugas, de rodillos, ruedas guías, zapatas de cadena, ruedas motrices.			
30	CADENA DE RODAMIENTO: Verificar ajuste. Si está demasiado flojo o apretado, ver proceder en el Manual de Operac y Mtto.			
31	BASTIDOR: Verificar rajaduras y deformaciones.			

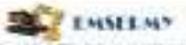
	FORMATO	Código:	FJ-PVX-MAN-05
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 33602L PM4	Versión:	1.0
		Página:	2/4

32	MANDO DE ROTACIÓN: Reemplazar 3 galones de aceite de transmisión.		
33	Verificar nivel de aceite. Rellenar de ser necesario con Mobiltrans HD50.		
34	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene fugas o rajaduras.		
35	MANDOS FINALES: Revisar si tiene fugas de aceite. Reemplazar 3 galones de aceite de mandos finales.		
36	RESPIRADERO REDUCTOR DE GIRO: Reemplazar.		
37	Tomar y rotular muestra de aceite de mandos finales.		
38	Tomar y rotular muestra de aceite de mando de rotación.		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
39	ALTERNADOR: Verificación de parámetros.		
40	ARRANCADOR: Verificación de parámetros.		
41	BATERIAS: Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario		
<b>IMPLEMENTOS</b>		SI	NO
42	CUCHARÓN: Verificar estado de las cuchillas y puntas del cucharón. Reemplazar de ser necesario.		
43	VARILLAJE DEL CUCHARÓN: Medir, ajustar. Ver procedimiento en el Manual de Mantenimiento y Operaciones		

FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Filtro de aceite de motor	1				
2	Filtro separador de agua	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Filtro de combustible tercero	1				
5	Filtro primario de aire	1				
6	Filtro secundario de aire	1				
7	Filtro hidráulico línea	1				
8	Filtro hidráulico pilotsaje	1				
9	Elemento de retorno hidráulico	1				
10	Filtro de cabina aire	1				
11	Filtro de cabina re-circulación	1				

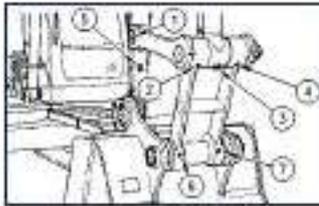
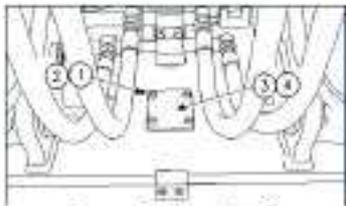
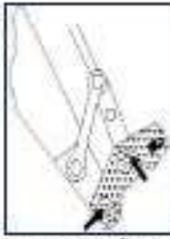
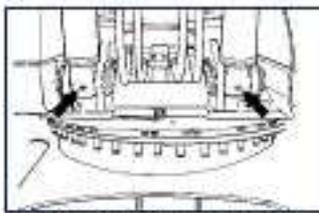
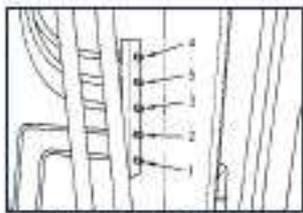
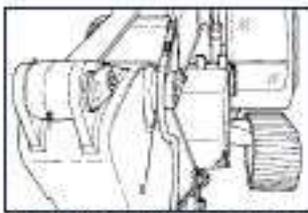
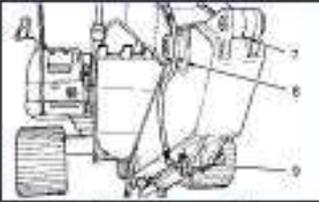
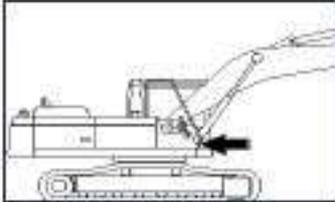
LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (Gt.)	SI	NO
1	Motor	MOBIL DELVAC MX SAE 15W/40	11		
2	Tanque Hidráulico	MOBIL HYDRAULIC OIL 10W	31		
3	Mando de rotación	MOBILTRANS HD 50	3		
4	Mandos finales (c/u)	MOBILTRANS HD 50	2,5		
5	Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	9,2		
6	Combustible D2	DIESEL 2	163		

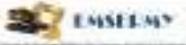
PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO				
MOTOR:			SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, sonidos, vibración y humos			
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha			
3	PRESION DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha			
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.			
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor			
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN:</b>			SI	NO

	FORMATO	Código	FJVVX-MAN-05
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 3302L PM4	Versión	1.0
		Páginas	34

6	MOTORES HIDRÁULICOS DE TRASLACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
7	MOTOR DE ROTACIÓN: Revisar si tiene ruidos anormales.		
SISTEMA DE SEGURIDAD		SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULINA: Verificar funcionamiento		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
10	FUNCIÓN DE VIGILANCIA: Abrir el contacto, en la pantalla del monitor debe visualizarse el logo CAT, temperatura del refrigerante, nivel de combustible y posición de selector de velocidad del motor, luego nivel de refrigerante, aceite del motor e hidráulico. Finalmente Horas de servicio de los filtros y fluidos.		
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente		
12	CLAXON: Comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

 <p style="text-align: center;">Varillaje del cucharón</p>	 <p style="text-align: center;">Engranaje de la rotación</p>	 <p style="text-align: center;">Acoplador rápido</p>
 <p style="text-align: center;">Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p style="text-align: center;">Varillaje de la pluma y del brazo</p>	 <p style="text-align: center;">Varillaje de la pluma y del brazo</p>
 <p style="text-align: center;">Cojinetes de rotación</p>	 <p style="text-align: center;">Cojinetes de rotación</p>	 <p style="text-align: center;">Cojinetes de rotación</p>

	FORMATO	Código	FJVVX-MAN-05
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO EX CAT 3302L PM4	Versión	1.0
		Páginas	44

<b>OBSERVACIONES Y JUSTIFICACIONES DEL SERVICIO NO EJECUTADO</b>	

TÉCNICO MECÁNICO	INGENIERO DE MANTENIMIENTO	INGENIERO RESIDENTE
------------------	----------------------------	---------------------

## Anexo 6

### Cartilla de mantenimiento preventivo M volquete Mercedes Benz Actros 4144K

	FORMATO	Código:	FJVVX-MAN-08
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VO MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión:	1.0
		Páginas:	1/4

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	M
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



- \*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.
- \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.
- \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR			
<b>CABINA</b>		SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.		
2	TABLERO DE INSTRUMENTOS. Verificar sistema de señales, testigo de control.		
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.		
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Revisar abastecimiento del gas refrigerante.		
3	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.		
<b>MOTOR</b>		SI	NO
6	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.		
7	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 32 litros.		
8	ANILLO TAPÓN DE CARTER. Reemplazar.		
9	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.		
10	FILTROS DE AIRE. Verificar estado de filtros reemplazar de ser necesario.		
11	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.		
12	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Limpiar el filtro de tela y si es necesario efectuar limpieza interior.		
13	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtro de combustible ACTROS. Verificar estado del otro filtro.		
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.		
15	TENSOR DE CORREAS. Verificar los rodillos tensores. Reemplazar de ser necesario.		
16	FRENO DE MOTOR. Verificar el estado y correcto funcionamiento.		
17	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.		
18	Verificar nivel adecuado de refrigerante.		
19	VÁLVULAS. Ajusta el juego de las válvulas con motor frío.		
20	EMPAQUETADURA TAPA BALANCINES. Reemplazar.		
21	ACEITE DE RETARDADOR. Verificar que se encuentre en nivel adecuado. Rellenar de ser necesario.		
22	ADMISIÓN. Verificar estado de tubo de admisión entre el filtro de aire y el motor.		
23	ESCAPE. Verificar estado de tubos de escape.		
<b>SISTEMA DE FRENOS</b>		SI	NO
24	PASTILLAS. Verificar estado de desgaste. Reemplazar de ser necesario.		
25	FRENO DE SERVICIO. Verificar posición de los ejes de levas de frenos.		
26	ZAPATAS. Regular juego de zapatas.		
27	REGULADORES AUTOMÁTICOS. Verificar correcto funcionamiento.		
28	ACUMULADOR DE FUERZA ELÁSTICA. Verificar correcto funcionamiento.		
29	LIQUIDO DE FRENO. Verificar nivel.		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>		SI	NO
30	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Reemplazar 51 galones aceite hidráulico.		
31	ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE EMBRAGUE. Verificar estado y buen funcionamiento.		
32	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.		
33	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.		
34	RESPIRADERO SISTEMA HIDRÁULICO. Verificar buen estado. Reemplazar de ser necesario.		

	FORMATO	Código	F-PVX-MAN-08
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VO MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión	1.0
		Páginas	2/4

35	ELEMENTO DE DIRECCIÓN HID. Verificar buen estado. Reemplazar de ser necesario.		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DIRECCIÓN</b>		SI	NO
36	ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS. Verificar que se encuentre en nivel adecuado.		
37	ACEITE DIFERENCIAL. Verificar que se encuentre en nivel adecuado. Rellenar de ser necesario.		
38	EJE TRASERO. Verificar el nivel de aceite de la carcasa central y de los cubos.		
39	ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN. Examinar si las articulaciones presentan juego y/o desgaste.		
40	EMBRAGUE. Comprobar el espesor del disco.		
41	ACEITE DE DIRECCIÓN. Verificar que se encuentre en nivel adecuado. Rellenar de ser necesario.		
42	FILTRO DE DIRECCIÓN. Reemplazar.		
43	SERVO DIRECCIÓN. Verificar nivel de aceite.		
44	VARILLA DE LA DIRECCIÓN. Verificar estado y el juego.		
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y NEUMÁTICOS</b>		SI	NO
45	MUELLES. Examinar visualmente.		
46	ABRAZADERAS. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
47	ESTABILIZADORES. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
48	NEUMÁTICO. Verificar que la cocada se encuentre sobre los 10mm.		
49	RUEDAS. Verificar correcto torque de apriete de espárragos.		
50	PRESIÓN DE INFLADO. Verificar correcta presión.		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
51	ALTERNADOR. Verificación de parámetros.		
52	ARRANCADOR. Verificación de parámetros.		
53	BATERIAS. Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario.		
54	TERMINALES. Verificar estado, respetar de ser necesario.		
55	FAROS Y LUCES. Comprobar el enfoque y ajustarlos.		
56	BOCINA Y ALARMA. Verificar correcto funcionamiento.		
<b>IMPLEMENTOS</b>		SI	NO
57	TOLVA. Verificar el estado de las planchas de sacrificio.		

FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Elemento de aceite de motor	1				
2	Filtro de combustible – ACTROS	1				

LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (L.)	SI	NO
1	Motor		32		
2	Aceite diferencial 85W90		38		
3	Aceite retardador 5W40		3,5		
4	Aceite de dirección ATF		4		
5	Refrigerante genatyn		19		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO					
MOTOR				SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, sonidos, vibración y humos.				
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha.				
3	PRESION DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha.				
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.				
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de				

	FORMATO	Código:	F-PPV-MAN-DE
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión:	1.0
		Páginas:	34

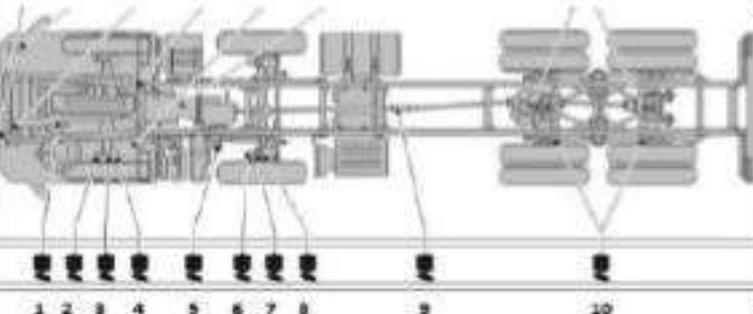
	encender el motor		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>		SI	NO
6	CAMBIO INTELIGENTE. Verificar correcto funcionamiento.		
<b>SISTEMA DE SEGURIDAD</b>		SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULINA: Verificar funcionamiento		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente		
12	CLAXON: Comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

**LUBRICACIÓN DE CABINA**



- A Cerradura y bisagra
- B Tapa de puerta
- C Cerradura de cabina

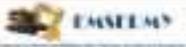


1	Aljamiento de la palanca de cambios
2	Levas de freno (2)
3	Tapa de superior del pivote (4)
4	Tapa de superior del pivote (2)
5	Barra de dirección
6	Levas de freno (2)
7	Tapa de superior del pivote (4)
8	Tapa de superior del pivote (2)
9	Bloque de cojinete central
10	Levas de los frenos



## Anexo 7

### Cartilla de mantenimiento preventivo M + Z1 volquete Mercedes Benz Actros 4144K

	<b>FORMATO</b>	Código	F2PVX-MAN-07
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión	1.0
		Páginas	14

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	M + Z1
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



\*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.  
 \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.  
 \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR			
<b>CABINA</b>		SI	NO
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.		
2	TABLERO DE INSTRUMENTOS. Verificar sistema de señales, testigo de control.		
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.		
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Revisar abastecimiento del gas refrigerante.		
5	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.		
<b>MOTOR</b>		SI	NO
6	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.		
7	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 32 litros.		
8	ANILLO TAPÓN DE CARTER. Reemplazar.		
9	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.		
10	FILTROS DE AIRE. Reemplazar elemento de aire. Verificar estado de filtro secador de aire.		
11	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.		
12	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Limpiar el filtro de tela y si es necesario efectuar limpieza interior.		
13	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.		
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.		
15	TENSOR DE CORREAS. Verificar los rodillos tensores. Reemplazar de ser necesario.		
16	FRENO DE MOTOR. Verificar el estado y correcto funcionamiento.		
17	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.		
18	Verificar nivel adecuado de refrigerante.		
19	VÁLVULAS. Ajusta el juego de las válvulas con motor frío.		
20	EMPAQUETADURA TAPA BALANCINES. Reemplazar.		
21	ACEITE DE RETARDADOR. Reemplazar 5,5 litros.		
22	ADMISIÓN. Verificar estado de tubo de admisión entre el filtro de aire y el motor.		
23	ESCAPE. Verificar estado de tubos de escape.		
<b>SISTEMA DE FRENSOS</b>		SI	NO
24	PASTILLAS. Verificar estado de desgaste. Reemplazar de ser necesario.		
25	FRENO DE SERVICIO. Verificar posición de los ejes de levas de frenos.		
26	ZAPATAS. Regular juego de zapatas.		
27	REGULADORES AUTOMÁTICOS. Verificar correcto funcionamiento.		
28	ACUMULADOR DE FUERZA ELÁSTICA. Verificar correcto funcionamiento.		
29	LIQUIDO DE FRENO. Verificar nivel.		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>		SI	NO
30	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Reemplazar 51 galones aceite hidráulico.		
31	ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE EMBRAGUE. Verificar estado y buen funcionamiento.		
32	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.		
33	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.		
34	RESPIRADERO SISTEMA HIDRÁULICO. Verificar buen estado. Reemplazar de ser necesario.		

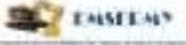
	FORMATO	Código	FJ-PVX-MAN-07
	: CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión	1.0
		Páginas	24

35	ELEMENTO DE DIRECCIÓN HID. Reemplazar elemento.		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DIRECCIÓN</b>		SI	NO
36	ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS. Reemplazar 17,5 L.		
37	ACEITE DIFERENCIAL. Verificar que se encuentre en nivel adecuado. Rellenar de ser necesario.		
38	EJE TRASERO. Verificar el nivel de aceite de la carcasa central y de los cubos.		
39	ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN. Examinar si las articulaciones presentan juego y/o desgaste.		
40	EMBRAGUE. Comprobar el espesor del disco.		
41	ACEITE DE DIRECCIÓN. Reemplazar 4L.		
42	FILTRO DE DIRECCIÓN. Reemplazar.		
43	SERVO DIRECCIÓN. Verificar nivel de aceite.		
44	VARILLAJE DE LA DIRECCIÓN. Verificar estado y el juego.		
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y NEUMÁTICOS</b>		SI	NO
45	MUELLES. Examinar visualmente.		
46	ABRAZADERAS. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
47	ESTABILIZADORES. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
48	NEUMÁTICO. Verificar que la cocada se encuentre sobre los 10mm.		
49	RUEDAS. Verificar correcto torque de apriete de espárragos.		
50	PRESIÓN DE INFLADO. Verificar correcta presión.		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
51	ALTERNADOR. Verificación de parámetros.		
52	ARRANCADOR. Verificación de parámetros.		
53	BATERIAS. Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario.		
54	TERMINALES. Verificar estado, respetar de ser necesario.		
55	FAROS Y LUCES. Comprobar el enfoque y ajustarlos.		
56	BOCINA Y ALARMA. Verificar correcto funcionamiento.		
<b>IMPLEMENTOS</b>		SI	NO
57	TOLVA. Verificar el estado de las planchas de sacrificio.		

FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Elemento de aceite de motor	1				
2	Filtro de combustible – ACTROS	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Elemento de dirección HID	1				
5	Elemento de aire	1				

LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (L.)	SI	NO
1	Motor		32		
2	Aceite diferencial 85W90		38		
3	Aceite retardador 5W40		5,5		
4	Aceite de dirección ATF		4		
5	Refrigerante genatyn		19		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO				
MOTOR			SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, sonidos, vibración y humos			
2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha			

	FORMATO	Código:	F-PVX-MAN-07
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VO MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión:	1.0
		Páginas:	34

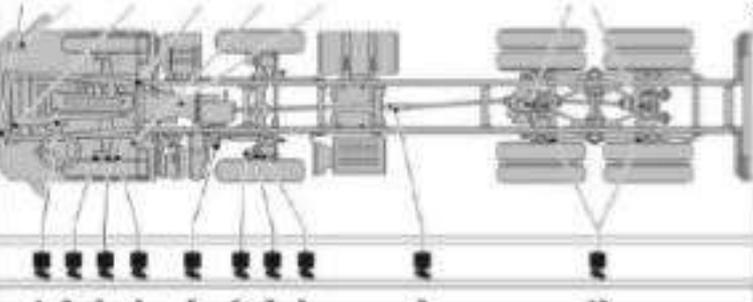
3	PRESION DE AJRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha		
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.		
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN		SI	NO
6	CAMBIO INTELIGENTE: Verificar correcto funcionamiento.		
SISTEMA DE SEGURIDAD		SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULINA: Verificar funcionamiento		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente		
12	CLAXON: Comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

**LUBRICACIÓN DE CABINA**



A	Cerradura y bisagra
B	Tope de puerta
C	Cerradura de cabina



1	Alojamiento de la palanca de cambios
2	Levas de freno (2)
3	Tapa de superior del pivote (4)
4	Tapa de superior del pivote (2)
5	Barras de dirección
6	Levas de freno (2)
7	Tapa de superior del pivote (4)
8	Tapa de superior del pivote (2)
9	Bloque de cojinete central
10	Levas de los frenos



## Anexo 8

### Cartilla de mantenimiento preventivo M + Z2 volquete Mercedes Benz Actros 4144K

	FORMATO	Código:	FJ/PVX-MAN-08
	CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K	Versión:	1.0
		Página:	1/4

Proyecto:	Tajo San Gerardo	Horometro:	
Fecha:		Tipo:	M + Z2
Cod. Equipo:		Ciclo:	
Técnico:			



\*Todo trabajo de reparación requiere el bloqueo de la máquina.  
 \*Todo bloqueo es individual y se hace en la llave de corte general de energía.  
 \*El aceite caliente puede causar daños severos a la piel.

SERVICIO A EJECUTAR			
		SI	NO
<b>CABINA</b>			
1	Verificar estado de suciedad de interior de cabina. Limpiar de ser necesario.		
2	TABLERO DE INSTRUMENTOS. Verificar sistema de señales, testigo de control.		
3	CINTURON DE SEGURIDAD: Verificar buen estado y ajuste apropiado.		
4	ACCESORIOS AAC Y CALEFACCIÓN: Revisar abastecimiento del gas refrigerante.		
5	DEPÓSITO DE LIMPIAPARABRISAS: Verificar nivel. Llenar de ser necesario.		
<b>MOTOR</b>			
6	Tomar y rotular muestra de aceite de motor.		
7	ACEITE DE MOTOR. Reemplazar 32 litros.		
8	ANILLO TAPÓN DE CARTER. Reemplazar.		
9	FILTRO DE ACEITE. Reemplazar filtro.		
10	FILTROS DE AIRE. Reemplazar filtros.		
11	PRE-FILTRO DE AIRE: Verificar estado. Limpieza.		
12	TANQUE DE COMBUSTIBLE. Limpiar el filtro de tela y si es necesario efectuar limpieza interior.		
13	FILTROS DE COMBUSTIBLE. Reemplazar filtros.		
14	CORREAS TRAPECIALES. Verificar estado. Reemplazar de ser necesario.		
15	TENSOR DE CORREAS. Verificar los rodillos tensores. Reemplazar de ser necesario.		
16	FRENO DE MOTOR. Verificar el estado y correcto funcionamiento.		
17	RADIADOR: Limpiar exteriormente. Al limpiar hacerlo con presión máxima de 30 psi.		
18	Reemplazar 19 litros de refrigerante.		
19	VÁLVULAS. Ajuste el juego de las válvulas con motor frío.		
20	EMPAQUETADURA TAPA BALANCINES. Reemplazar.		
21	ACEITE DE RETARDADOR. Reemplazar 5,5 litros.		
22	ADMISIÓN. Verificar estado de tubo de admisión entre el filtro de aire y el motor.		
23	ESCAPE. Verificar estado de tubos de escape.		
<b>SISTEMA DE FRENS</b>			
24	PASTILLAS. Verificar estado de desgaste. Reemplazar de ser necesario.		
25	FRENO DE SERVICIO. Verificar posición de los ejes de levas de frenos.		
26	ZAPATAS. Regular juego de zapatas.		
27	REGULADORES AUTOMÁTICOS. Verificar correcto funcionamiento.		
28	ACUMULADOR DE FUERZA ELÁSTICA. Verificar correcto funcionamiento.		
29	LIQUIDO DE FRENO. Verificar nivel.		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>			
30	TANQUE HIDRAULICO: Revisar si tienes fugas o rajaduras. Reemplazar 31 galones aceite hidráulico.		
31	ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE EMBRAGUE. Verificar estado y buen funcionamiento.		
32	CILINDROS HIDRÁULICOS: Verificar daños, rayaduras de pistones, desgaste y ajuste de pines.		
33	MANGUERAS HIDRÁULICAS: Verificar si existen fugas o daños a las mangueras.		
34	RESPIRADERO SISTEMA HIDRÁULICO. Verificar buen estado. Reemplazar de ser necesario.		



FORMATO		Código	F-PVX-MAN-08
CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K		Version:	1.0
		Páginas:	2/4

35	ELEMENTO DE DIRECCIÓN HID. Reemplazar elemento.		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DIRECCIÓN</b>		SI	NO
36	ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS. Reemplazar 17,5 L.		
37	ACEITE DIFERENCIAL. Reemplazar 38 L.		
38	EJE TRASERO. Verificar el nivel de aceite de la carcasa central y de los cubos.		
39	ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN. Examinar si las articulaciones presentan juego y/o desgaste.		
40	EMBRAGUE. Comprobar el espesor del disco.		
41	ACEITE DE DIRECCIÓN. Reemplazar 4L.		
42	FILTRO DE DIRECCIÓN. Reemplazar.		
43	SERVO DIRECCIÓN. Verificar nivel de aceite.		
44	VARILLAJE DE LA DIRECCIÓN. Verificar estado y el juego.		
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y NEUMÁTICOS</b>		SI	NO
45	MUELLES. Examinar visualmente.		
46	ABRAZADERAS. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
47	ESTABILIZADORES. Verificar correcto torque de apriete de pernos y tuercas.		
48	NEUMÁTICO. Verificar que la cocada se encuentre sobre los 10mm.		
49	RUEDAS. Verificar correcto torque de apriete de espárgos.		
50	PRESIÓN DE INFLADO. Verificar correcta presión.		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		SI	NO
51	ALTERNADOR. Verificación de parámetros.		
52	ARRANCADOR. Verificación de parámetros.		
53	BATERIAS. Revisar estado de bornes, cables. Cambiar si es necesario.		
54	TERMINALES. Verificar estado, reapretar de ser necesario.		
55	FAROS Y LUCES. Comprobar el enfoque y ajustarlos.		
56	BOCINA Y ALARMA. Verificar correcto funcionamiento.		
<b>IMPLEMENTOS</b>		SI	NO
57	TOLVA. Verificar el estado de las planchas de sacrificio.		

FILTROS						
ITEM	FILTRO	CANTIDAD	MARCA	NRO PARTE	SI	NO
1	Elemento de aceite de motor	1				
2	Filtro de combustible – ACTROS	1				
3	Filtro de combustible	1				
4	Elemento de dirección HID	1				
5	Elemento de aire	1				
6	Filtro secador de aire	1				

LUBRICANTES					
ITEM	COMPARTIMENTO	TIPO DE ACEITE	CANTIDAD (L.)	SI	NO
1	Motor		32		
2	Aceite diferencial 85W90		38		
3	Aceite retardador 3W40		5,5		
4	Aceite de dirección ATF		4		
5	Refrigerante genatyn		19		

PRUEBAS DEL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO					
MOTOR				SI	NO
1	MOTOR: Prueba de funcionamiento, sonidos, vibración y humos				



FORMATO		Código:	F-PPVX-MAN-08
: CARTILLA DE MANTENIMIENTO VQ MERCEDES BENZ ACTROS 4144K.		Versión:	1.0
		Páginas:	34

2	PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha.		
3	PRESION DE AIRE DE MOTOR: Verificar la lectura con el motor en marcha.		
4	RPM: Comprobar el funcionamiento con el motor en marcha.		
5	AIRE ACONDICIONADO: Observar cantidad de burbujas en la mirilla del refrigerante luego de encender el motor.		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN		SI	NO
6	CAMBIO INTELIGENTE: Verificar correcto funcionamiento.		
SISTEMA DE SEGURIDAD		SI	NO
8	ALARMA DE RETROCESO: Verificar funcionamiento correcto.		
9	CIRCULINA: Verificar funcionamiento.		
SISTEMA ELÉCTRICO		SI	NO
11	LUCES: Comprobar si funcionan correctamente.		
12	CLAXON: Comprobar sonido que puede escucharse con motor encendido.		
13	LIMPIAPARABRISAS: Verificar estado y funcionamiento.		
14	INDICADORES Y MEDIDORES DE CABINA: Verificar funcionamiento.		

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

**LUBRICACIÓN DE CABINA**

A	Cerradura y bisagra
B	Tope de puerta
C	Cerradura de cabina

1	Alojamiento de la palanca de cambios
2	Levas de freno (2)
3	Tapa de superior del pivote (4)
4	Tapa de superior del pivote (2)
5	Barras de dirección
6	Levas de freno (2)
7	Tapa de superior del pivote (4)
8	Tapa de superior del pivote (2)
9	Bloque de cojinete central
10	Levas de los frenos







## Anexo 11

Ejemplo de reporte de fallas. Extracto del reporte para excavadora 336

EQUIPOS	PLACA	Fecha	HMI	HMF	SISTEMAS INVOLUCRADOS	Horas trabajadas	Horas	Número de reparaciones	Mes	
<b>EXCAVADORA 336</b>	<b>EX-003</b>	25/04/2018	6219.9	6224.50	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.60	2	<b>ABRIL</b>	
		26/04/2018	6224.50	6231.20	SISTEMA HIDRAULICO	32	6.70			
		28/04/2018	6249.60	6255.50	SISTEMA DE MOTOR	0	5.90			
		28/04/2018	6255.50	6259.00	SISTEMA DE MOTOR	16	3.50			
		29/04/2018	6262.80	6269.70	SISTEMA DE MOTOR	0	6.90			
		29/04/2018	6269.70	6278.50	SISTEMA DE MOTOR	16	8.80			
		30/04/2018	6278.50	6279.00	SISTEMA DE MOTOR	0	0.50			
		30/04/2018	6285.60	6294.10	SISTEMA DE MOTOR	16	8.50			
		1/05/2018	6294.10	6295.00	SISTEMA DE MOTOR	0	0.90	2		<b>MAYO</b>
		1/05/2018	6295.90	6298.00	SISTEMA DE MOTOR	16	2.10			
		2/05/2018	6295.9	6296.80	SISTEMA DE MOTOR	0	0.90			
		2/05/2018	6295.90	6295.90	SISTEMA DE MOTOR	0	1.00			
		2/05/2018	6295.90	6295.90	SISTEMA DE MOTOR	0	1.00			
		2/05/2018	6298.00	6305.00	SISTEMA DE MOTOR	0	7.00			
		2/05/2018	6305.00	6308.00	SISTEMA DE MOTOR	16	3.00			
		3/05/2018	6297.8	6298.40	SISTEMA HIDRAULICO	0	0.60			
		3/05/2018	6308.00	6310.00	SISTEMA HIDRAULICO	32	2.00	1		
		5/05/2018	6323.5	6326.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.80			
		5/05/2018	6323.50	6323.50	SISTEMA HIDRAULICO	0	2.50			
		5/05/2018	6323.50	6323.50	SISTEMA DE MOTOR	16	2.50	2		
		6/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA DE MOTOR	0	8.00			
		6/05/2018	6326.30	6333.00	SISTEMA DIRECCION	32	6.70	1		
		8/05/2018	6333.0	6342.0	SISTEMA DE TRANSMISION	16	9.00	1		
		9/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	32	5.00	5		
		11/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	96	2.00			
		17/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.00			
		18/05/2018	6333	6337.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	4.30			
		18/05/2018	6333.00	6333.00	SISTEMA HIDRAULICO	0	8.00			
		18/05/2018	6337.30	6342.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	4.70			
		19/05/2018	6351.10	6354.00	SISTEMA HIDRAULICO	16	2.90			
		20/05/2018	6354.00	6361.30	SISTEMA HIDRAULICO	0	7.30			
		20/05/2018	6361.30	6365.50	SISTEMA DE TRANSMISION	16	4.20		2	
		21/05/2018	6365.50	6368.30	SISTEMA DE TRANSMISION	16	2.80			
		22/05/2018	6380.60	6380.60	SISTEMA DE MOTOR	240	3.00	1		
		6/06/2018	6505.80	6505.80	SISTEMA ELECTRICO	16	0.00	1	<b>JUNIO</b>	
		7/06/2018	6505.80	6511.60	SISTEMA DIRECCION	0	5.80	2		
		7/06/2018	6511.60	6511.60	SISTEMA DIRECCION	32	0.00			
		9/06/2018	6527.10	6536.50	SISTEMA DE TRANSMISION	0	9.40	1		
		9/06/2018	6536.50	6544.70	SISTEMA DE TRANSMISION	96	8.20			
		15/06/2018	6621.30	6626.90	SISTEMA ELECTRICO	0	5.60	2		
		15/06/2018	6626.90	6630.80	SISTEMA ELECTRICO	16	3.90			
		16/06/2018	6635.90	6641.10	SISTEMA DIRECCION	32	5.20	1		
		18/06/2018	6656.90	6663.90	SISTEMA HIDRAULICO	48	7.00	1		
		21/06/2018	6676.70	6677.40	SISTEMA ELECTRICO	32	0.70	1		
		23/06/2018	6705.90	6707.70	SISTEMA DIRECCION	96	1.80	1		
29/06/2018	6767.60	6768.50	SISTEMA ELECTRICO	304	0.90	1				
18/07/2018	6663.90	6671.60	SISTEMA HIDRAULICO	32	7.70	1				
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>1376</b>	<b>198</b>	<b>29</b>		