



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Aplicación de la metodología AMFE para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

AUTORES:

Albujar Arango, Brayand Alexis (ORCID: 0000-0002-8349-942X)

Jesusi Venturo, Miguel Andrés (ORCID: 0000-0002-8509-6296)

ASESORA:

Mg. Egúsqiza Rodriguez, Margarita Jesús (ORCID: 0000-0001-9734-0244)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LIMA – PERÚ

(2020)

Dedicatoria

Albujar Arango, Brayand Alexis:

El presente trabajo de investigación lo dedico
a mis padres y hermanas, quienes me brindaron
todo su apoyo a lo largo de mi carrera.

Jesusi Venturo, Miguel Andrés:

El presente trabajo de investigación lo dedico
a mis padres y a mis hermanos, quienes me
motivaron desde el inicio de la carrera

Agradecimiento

Albujar Arango, Brayand Alexis:

A mi familia, amigos, colegas de estudio y docentes quienes me compartieron su sabiduría, experiencia, aporte y apoyo para poder llevar a cabo esta meta en mi carrera profesional.

Jesusi Venturo, Miguel Andrés:

Agradezco a mis docentes, a mi asesor de igual forma a los jurados y a la universidad por darnos los conocimientos necesarios para poder realizar y presentar la investigación

Índice de contenidos

Caratula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	xiii
Resumen.....	xvi
Abstract	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variable y Operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos.....	127
3.7. Aspectos éticos	132
IV. RESULTADOS	133
V. DISCUSIÓN.....	142
VI. CONCLUSIONES	148
VII. RECOMENDACIONES.....	151
REFERENCIAS.....	153
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Modelos de mini cargadores de la marca CASE CONSTRUCTION EQUIPMENT	2
Tabla 2. Modelos de mini cargadores de la marca CATERPILLAR Inc.....	2
Tabla 3. Modelos de mini cargadores de la marca BOBCAT Inc.	3
Tabla 4. Lista de los mini cargadores.....	20
Tabla 5. Formación del equipo de mantenimiento.....	24
Tabla 6. Descripción de los mini cargadores.....	24
Tabla 7. Tiempo total de operación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A).....	25
Tabla 8. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A)	26
Tabla 9. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A)	27
Tabla 10. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Pre Test).....	28
Tabla 11. Tiempo total de operación del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B).....	31
Tabla 12. Tiempo total de operación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)	32
Tabla 13. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B).....	33
Tabla 14. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Pre Test).....	34
Tabla 15. Duración de paradas de las maquinas (Pre-Test).....	36
Tabla 16. Reporte de fallas del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)	37
Tabla 17. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A).....	37
Tabla 18. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A).....	38
Tabla 19. Reporte de fallas del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)	38
Tabla 20. Reporte de fallas del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B).....	39

Tabla 21. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B).....	39
Tabla 22. Tiempo total de reparación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A).....	40
Tabla 23. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A).....	41
Tabla 24. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A).....	42
Tabla 25. Tiempo total de reparación del mini cargador JOHN DEERE - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B).....	43
Tabla 26. Tiempo total reparación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)	44
Tabla 27. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B).....	45
Tabla 28. Resumen de disponibilidad del Grupo experimental A (PRE TEST)	46
Tabla 29. Resumen de disponibilidad del Grupo de control B (PRE TEST).....	47
Tabla 30. Ingreso y perdida del mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)	48
Tabla 31. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A).....	49
Tabla 32. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A).....	50
Tabla 33. Ingreso y perdida del mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)	51
Tabla 34. Ingreso y perdida del mini cargador CASE SR 220 – AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B).....	52
Tabla 35. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B).....	53
Tabla 36. Ingreso y pérdida total de los mini cargadores del grupo experimental A (PRE TEST)	54
Tabla 37. Ingreso y pérdida total de los mini cargadores del grupo control B (PRE TEST).....	54
Tabla 38. Tiempo promedio entre fallas de la maquinaria.....	55

Tabla 39. Tiempo promedio de atención de la falla de la máquina	56
Tabla 40. Mantenimientos correctivos de la maquinaria	57
Tabla 41. Mantenimientos correctivos de la maquinaria	57
Tabla 42. Relación entre cantidad de mini cargadores y mecánico	59
Tabla 43. Inversión para aplicar la metodología AMFE	62
Tabla 44. Cronograma de ejecución del proyecto y su desarrollo.....	63
Tabla 45. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador CATERPILLAR 252B –AMS 10 (Experimentación)	65
Tabla 46. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Experimentación)	67
Tabla 47. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Experimentación)	69
Tabla 48. Presupuesto de filtros de los mini cargadores.....	72
Tabla 49. Presupuesto de aceites de los mini cargadores	73
Tabla 50. Presupuesto de reparación al sistema eléctrico	73
Tabla 51. Presupuesto de la capacitación.....	74
Tabla 52. Cronograma de actividades de mantenimiento	75
Tabla 53. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Post Test).....	79
Tabla 54. Comparación de IPR del Pre test y Post test (mini cargador AMS – 10)	81
Tabla 55. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Post Test).....	83
Tabla 56. Comparación de IPR entre Pre test y Post test (mini cargador AMS – 05)	85
Tabla 57. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Post Test).....	87
Tabla 58. Comparación de IPR entre Pre test y Post test (mini cargador AMS – 05)	89
Tabla 59. Tiempo total de operación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A).....	91
Tabla 60. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A).....	92

Tabla 61. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A).....	93
Tabla 62. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Post Test)	94
Tabla 63. Tiempo total de operación del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B).....	96
Tabla 64. Tiempo total de operación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B).....	97
Tabla 65. Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B).....	98
Tabla 66. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Post Test)	99
Tabla 67. Duración de paradas de las maquinas (Post-Test)	101
Tabla 68. Reporte de fallas del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A)	102
Tabla 69. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A).....	102
Tabla 70. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A).....	103
Tabla 71. Reporte de fallas del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)	103
Tabla 72. Reporte de fallas del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B).....	104
Tabla 73. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B).....	104
Tabla 74. Tiempo total de reparación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A).....	105
Tabla 75. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A).....	106
Tabla 76. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A).....	107
Tabla 77. Tiempo total de reparación del mini cargador JOHN DEERE - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B).....	108
Tabla 78. Tiempo total reparación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B)	109

Tabla 79. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B).....	110
Tabla 80. Resumen de disponibilidad del Grupo experimental A (POST TEST)	111
Tabla 81. Resumen de disponibilidad del Grupo control B (POST TEST)	112
Tabla 82. Ingreso y pérdida del mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 08 (POST TEST – GRUPO A).....	113
Tabla 83. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (POST TEST – GRUPO A).....	114
Tabla 84. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (POST TEST – GRUPO A).....	115
Tabla 85. Ingreso y pérdida del mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)	116
Tabla 86. Ingreso y pérdida del mini cargador CASE SR 220 – AMS 10 (POST TEST – GRUPO B).....	117
Tabla 87. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07 (POST TEST – GRUPO B)	118
Tabla 88. Comparación de ingresos ganados y perdidos del Grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)	119
Tabla 89. Comparación de ingresos ganados y perdidos del Grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)	119
Tabla 90. Costo de combustible para los mini cargadores del grupo experimental A (Pre Test)	120
Tabla 91. Costo de combustible para los mini cargadores del Grupo control B (Pre Test)	120
Tabla 92. Costo de mano de obra directa (Pre Test)	121
Tabla 93. Costos indirectos de fabricación CIF (Pre Test)	121
Tabla 94. Costo de reparación para las fallas de los mini cargadores del grupo experimental A (Pre Test)	121
Tabla 95. Costo de reparación para las fallas de los mini cargadores del grupo control B (Pre Test)	122
Tabla 96. Costo total para el grupo experimental A (Pre test).....	122
Tabla 97. Egreso total para el grupo control B (Pre test)	122

Tabla 98. Costo de combustible para los mini cargadores del grupo experimental A (Post Test).....	123
Tabla 99. Costo de combustible para los mini cargadores del Grupo control B (Post Test).....	123
Tabla 100. Costo de reparación de los mini cargadores del grupo experimental A (Post Test).....	124
Tabla 101. Costo de reparación de los mini cargadores del grupo control B (Post Test).....	124
Tabla 102. Egreso total para el grupo experimental A (Post test)	124
Tabla 103. Egreso total para el grupo control B (Post test).....	125
Tabla 104. Datos previos para calcular el VAN y el TIR del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)	125
Tabla 105. Flujo de caja del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)	126
Tabla 106. Análisis Beneficio/Costo del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	127
Tabla 107. Resultado VAN y TIR del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	127
Tabla 108. Datos previos para calcular el VAN y el TIR del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	127
Tabla 109. Flujo de caja del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	128
Tabla 110. Análisis Beneficio/Costo del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	129
Tabla 111. Resultado VAN y TIR del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test).....	129
Tabla 112. Matriz de comparación (Grupo A Pre Test – Grupo A Post Test).....	130
Tabla 113. Matriz de comparación (Grupo B Post Test – Grupo A Post Test) ...	131
Tabla 114. Análisis descriptivo del resultado de disponibilidad.....	134
Tabla 115. Análisis descriptivo del resultado de Tiempo promedio entre fallas (TPEF).....	135
Tabla 116. Análisis descriptivo del resultado de Tiempo promedio de reparación (TPDR)	136

Tabla 117. Prueba de normalidad de la disponibilidad – Shapiro Wilk.....	137
Tabla 118. Análisis inferencial – Disponibilidad (Estadístico descriptivo).....	138
Tabla 119. Prueba T para muestras independientes - Disponibilidad	138
Tabla 120. Prueba de normalidad de la confiabilidad – Shapiro Wilk.....	139
Tabla 121. Análisis inferencial – Confiabilidad (Estadístico descriptivo)	139
Tabla 122. Prueba T para muestras independientes - Confiabilidad.....	139
Tabla 123. Prueba de normalidad de la mantenibilidad – Shapiro Wilk	140
Tabla 124. Análisis inferencial – mantenibilidad (Estadístico descriptivo)	140
Tabla 125. Prueba T para muestras independientes - Mantenibilidad	141
Tabla 126. Matriz de Operacionalización de las variables	162
Tabla 127. Ficha del tiempo total de operación (TTO)	163
Tabla 128. Ficha de reporte de fallas (F)	164
Tabla 129. Ficha del tiempo total de reparación (TTR)	165
Tabla 130. Matriz de consistencia	170
Tabla 131. Causas identificadas en la empresa.....	173
Tabla 132. Criterios de evaluación para realizar la Matriz Vester	173
Tabla 133. Matriz Vester	174
Tabla 134. Casusas ordenadas según su frecuencia.....	176
Tabla 135. Selección de herramienta.....	178
Tabla 136. Valoración de coeficiente de frecuencia (F)	179
Tabla 137. Valoración de coeficiente de gravedad (G)	179
Tabla 138. Valoración de coeficiente de detección (D)	179
Tabla 139. Tabla AMFE	180
Tabla 140. Formato resumen de disponibilidad.....	181
Tabla 141. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	182
Tabla 142. Interpretación de validación de expertos mediante la V de Aiken	182
Tabla 143. Responsabilidad del equipo de mantenimiento	184
Tabla 144. Inversiones tangibles para aplicar la metodología AMFE	194
Tabla 145. Inversión intangible de capacitación.....	195
Tabla 146. Inversión intangible por horas invertidas de los investigadores.....	195
Tabla 147. Inversión intangible de estudio de los investigadores.....	195
Tabla 148. Otras inversiones intangibles adicionales de los investigadores	195
Tabla 149. Inversiones intangibles para aplicar la metodología AMFE	196

Tabla 150. Plan de mantenimiento preventivo	199
Tabla 151. Formato de registro de último mantenimiento	200
Tabla 152. Formato de check list	201
Tabla 153. Formato de registro de fallas	202
Tabla 154. Registro del mantenimiento del BOBCAT 863 – AMS 06.....	236
Tabla 155. Registro del mantenimiento del CAT 252B – AMS 10.....	237
Tabla 156. Registro del mantenimiento del BOBCAT 873 – AMS 07.....	238

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Formula de disponibilidad.	13
Figura 2. Formula del índice prioritario de riesgo.	18
Figura 3. Formula del tiempo promedio entre fallas.	19
Figura 4. Formula del tiempo promedio de reparación.	19
Figura 5. Comportamiento de las horas de trabajo (Grupo A – Pre Test).	30
Figura 6. Comportamiento de las horas de trabajo (Grupo B – Pre Test).	35
Figura 7. Diagrama de dispersión del tiempo promedio entre fallas de la maquinaria.	55
Figura 8. Porcentaje de actividades de adquisición en noviembre.	58
Figura 9. Modos de fallo en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Pre- Test)	66
Figura 10. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Pre-Test)	68
Figura 11. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Pre-Test)	70
Figura 12. Modos de fallo en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Post- Test)	80
Figura 13. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.	82
Figura 14. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Post-Test)	84
Figura 15. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.	86
Figura 16. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Post-Test)	88
Figura 17. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.	90
Figura 18. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Post Test).	95
Figura 19. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Post Test).	100
Figura 20. Análisis descriptivo del resultado de disponibilidad.	134
Figura 21. Análisis descriptivo del Tiempo Promedio Entre Fallas.	135
Figura 22. Análisis descriptivo del Tiempo Promedio de Reparación.	136
Figura 23. Elevación de costo y mantenimiento de equipos pesados.	171
Figura 24. Auditorías a empresas de América Latina.	171
Figura 25. Diagrama de Ishikawa.	172

Figura 26. Relaciones de causalidad de la matriz Vester.....	175
Figura 27. Diagrama de Pareto de las causas de baja disponibilidad.	177
Figura 28. Diagrama de barras de selección de herramienta.....	178
Figura 29. Formula V de Aiken.....	182
Figura 30. Logotipo de la empresa.....	183
Figura 31. Localización geográfica de la empresa.	183
Figura 32. Organigrama de la empresa.....	184
Figura 33. Mini cargador CATERPILLAR 252 B – AMS 10.	185
Figura 34. Mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05.	185
Figura 35. Mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06.	186
Figura 36. Mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09.	186
Figura 37. Mini cargador CASE SR220 – AMS 08.	187
Figura 38. Mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07.....	187
Figura 39. Data base del mini cargador CATERPILLAR 252 (AMS 10).	191
Figura 40. Data base del mini cargador BOBCAT 873 (AMS 08).	191
Figura 41. Data base del mini cargador BOBCAT 863 (AMS 06).	192
Figura 42. Data base del mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS 09).	192
Figura 43. Data base del mini cargador CASE SR220 (AMS 08).	193
Figura 44. Data base del mini cargador BOBCAT S250.	193
Figura 45. Parte posterior de los mini cargadores.....	197
Figura 46. Pines y bocinas de los mini cargadores.	198
Figura 47. Parte interna del mini cargador.	198
Figura 48. Archivador de documentos de mantenimiento.	203
Figura 49. Stand de archivadores de la empresa.....	203
Figura 50. Cotización de filtros de mini cargadores.....	204
Figura 51. Stock de filtros.....	205
Figura 52. Baterías en mal estado.	206
Figura 53. Compra de batería nueva y bornes.	207
Figura 54. Partes de un mini cargador.	208
Figura 55. Partes de un motor de mini cargador.	209
Figura 56. Almacén de filtros.....	210
Figura 57. Tablero con formatos del plan de mantenimiento.	211
Figura 58. Mantenimiento a mini cargador AMS – 06.	213

Figura 59. Estado de los neumáticos.	215
Figura 60. Reparación sistema eléctrico.	216
Figura 61. Limpieza del mini cargador.	217
Figura 62. Unidad de transporte de la empresa.	219
Figura 63. Capacitación al personal.	223
Figura 64. Estado final del mini cargador AMS – 10.	227
Figura 65. Mantenimiento a mini cargador AMS – 05.	230
Figura 66. Estado final del mini cargador AMS – 05.	231
Figura 67. Residuos del mantenimiento.	232
Figura 68. Venta del aceite quemado.....	233
Figura 69. Consecuencia de la falta de mantenimiento.....	234
Figura 70. Caja de fusibles AMS – 06.....	252
Figura 71. Tablero en falla AMS – 06.....	252
Figura 72. Faja de transmisión AMS – 05.....	253
Figura 73. Reparación de arrancador AMS – 07.....	253
Figura 74. Motor Hidrostático AMS – 09.....	254
Figura 75. Mal prensado de manguera AMS – 09.....	255
Figura 76. Mal prensado de manguera AMS – 08.....	255
Figura 77. Pin – Pasado roto AMS – 07.....	256
Figura 78. Temario de capacitación.	264
Figura 79. Vista de datos y variables para comprobar la hipótesis.	265
Figura 80. Reporte de operarios Pre Test.....	268

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado, aplicación de la metodología AMFE para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020, tiene como objetivo general, analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020.

La investigación es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y de diseño cuasi experimental, teniendo un grupo experimental A y un grupo control B con 3 mini cargadores cada uno.

Al aplicar la metodología AMFE y las acciones preventivas, se obtuvo como resultado un tiempo promedio entre fallas (TPEF) de 117 horas para el grupo control B y de 298 horas para el grupo experimental A. Como segundo resultado el tiempo promedio de reparación (TPDR) es de 22 horas para el grupo control B y de 8 horas para el grupo experimental A. Y como resultado principal, se obtuvo una disponibilidad de 84.35% para el grupo control B y de 97.39% para el grupo experimental A. Finalmente se aceptó la hipótesis de investigación y se concluyó que la disponibilidad de los mini cargadores incrementa en un 15.46% en la empresa Arango Maquinarias S.A.C.

Palabras clave: Modo de fallo, confiabilidad y mantenibilidad

Abstract

The present research work entitled, application of the AMFE methodology to improve the availability of heavy machinery in a company in Metropolitan Lima 2020, has the general objective of analyzing how the application of the AMFE methodology improves the availability of heavy machinery in a Metropolitan Lima company 2020.

The research is of an applied type, quantitative approach and quasi-experimental design, having an experimental group A and a control group B with 3 mini chargers each group.

When applying the AMFE methodology and the preventive actions, a mean time between failures (TPEF) of 117 hours was obtained for the control group B and of 298 hours for the experimental group A. As a second result, the average time to repair (TPDR) is 22 hours for the control group B and 8 hours for the experimental group A. And as the main result, an availability of 84.35% was obtained for the control group B and 97.39% for the experimental group A. Finally, it was accepted the research hypothesis and it was concluded that the availability of mini chargers increased by 15.46% in the company Arango Maquinarias SAC

Keywords: Failure mode, reliability and maintainability

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional según Crespo, Gómez, Galán y Guillen (2020), los gastos de mantenimiento para el 2024 serán \$4.0 mil millones, impulsado por el desarrollo de nuevas tecnologías como la simulación de fallas. La revista HEAVY EQUIPMENT GUIDE, señala que en la actualidad la pandemia del COVID-19 continúa desacelerando, los fabricantes de vehículos y equipos pesados han realizado considerables inversiones en distintos tipos de mantenimiento y en la atención médica de sus trabajadores. Según Fuenmayor (2020), este año incremento los costos de operación y mantenimiento de los equipos pesados debido a la baja confiabilidad y al incremento de mantenibilidad, originando pérdida en ingresos adicionales (Anexo 8). La revista MANTENIMIENTO EN LATINOAMÉRICA hasta febrero del 2020 realizó una comparación de auditorías realizadas a más de 300 empresas dedicadas al servicio de mantenimiento a maquinaria pesada en América latina, donde se obtuvo un promedio no tan elevado del 60% en la disponibilidad de equipos (Anexo 9). Por su preferencia, uno de los principales equipos pesados más usados es el mini cargador debido a su pequeño tamaño y a su versatilidad al momento de realizar diferentes tipos de trabajo, los fabricantes más comunes de mini cargadores son CASE CONSTRUCTION EQUIPMENT, CATERPILLAR Inc. y BOBCAT Inc. A continuación, se presentan los modelos de mini cargadores de los fabricantes ya mencionados que están en operatividad hasta el día de hoy según la revista EQUIPMENT TODAY.

Tabla 1. Modelos de mini cargadores de la marca CASE CONSTRUCTION EQUIPMENT

Model	Net HP	Operating Weight (lbs.)	Rated Operating Capacity (lbs.)	Breakout Force (lbs.)	Height to Hinge Pin (in.)	Std. Hydraulic Flow (gpm)
SR160B	57	5,645	1,600	5,270	112	18.4
SR175B	64	6,270	1,750	7,270	122	20.6
SV185B	57	6,570	1,850	5,550	120	20.6
SR210B	68	6,970	2,100	7,270	123	24.2
SR240B	68	7,400	2,400	8,680	125.1	24.2
SR270B	84	8,117	2,700	8,677	125.1	24.2
SV280B	68	8,090	2,800	8,776	130	24.2
SV340B	84	9,100	3,400	9,531	130	24.2

Fuente: extraído de la revista AC BUSSINES MEDIA.

Tabla 2. Modelos de mini cargadores de la marca CATERPILLAR Inc.

Model	Net HP	Operating Weight (lbs.)	Rated Operating Capacity (lbs.)	Breakout Force (lbs.)	Height to Hinge Pin (in.)	Std. Hydraulic Flow (gpm)
226D3	65.8	5,849	1,550	3,927	110.9	18
236D3	73.2	6,567	1,800	5,003	122.9	20
232D3	65.8	6,514	1,900	3,928	118.1	18
242D3	73.2	7,138	2,200	4,963	121.1	20
246D3	72.9	7,478	2,200	7,355	124.2	23
262D3	72.9	8,296	2,700	7,355	124.9	23
272D3	95	9,133	3,450	7,443	127.1	23
272D3 XE	106	9,573	3,700	7,362	128.6	23

Fuente: extraído de la revista AC BUSSINES MEDIA.

Tabla 3. Modelos de mini cargadores de la marca BOBCAT Inc.

Model	Net HP	Operating Weight (lbs.)	Rated Operating Capacity (lbs.)	Breakout Force (lbs.)	Height to Hinge Pin (in.)	Std. Hydraulic Flow (gpm)
S70	22.5	2,892	760	2,028	94.5	9.8
S450	46.7	5,027	1,300	2,776	109.5	16.7
S550	58.2	6,213	1,750	3,643	114.5	17.1
S570	58.2	6,480	1,950	5,470	119	17.1
S590	62.9	6,593	2,100	5,470	119	17.1
S595	70.5	6,793	2,200	5,740	119	17.1
S740	70.9	8,794	3,100	6,676	132	23
A770	88.2	9,623	3,325	6,531	132	23
S770	88.2	9,314	3,350	6,831	132	23
S850	88	10,237	3,950	9,686	144	23
S64	70.5	6,974	2,300	6,960	120	17.6
S66	70.5	7,154	2,400	6,960	120	17.6
S76	70.5	8,615	2,900	5,851	128.3	23.3

Fuente: extraído de la revista AC BUSSINES MEDIA.

Según la revista EQUIPMENT TODAY, lo que buscan las empresas en un mini cargador es una buena maniobrabilidad, que el equipo se recaliente más lento y que el diseño facilite su mantenimiento. Por excelencia el mantenimiento preventivo (RCM) es el más usado en equipos pesados, el RCM se relaciona a la norma SAE JA1012, el cual obliga a la metodología a identificar el modo de fallo como evento que origina la falla funcional, lo cual resulta beneficioso para alargar el ciclo de vida de los activos en base a la aplicación del AMEF para detectar los modos de fallos en equipo pesado (Campos, Tolentino, Toledo y Tolentino, 2019, p. 52). A nivel nacional, el gobierno del Perú hasta el día de hoy ejerce la Resolución de Presidencia N°438-2017-SINEACE/CDAH-P que obliga el mantenimiento y operación del equipo mecánico de propiedad del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además la resolución establece los mantenimientos obligatorios como cambio de filtro hidráulico, filtro de petróleo, revisión de transmisión, cambio de aceite. Además, la Resolución de Presidencia del Consejo Directivo Ad Hoc llegó al acuerdo N°310-2017-CDAH mediante el cual aprueba el documento técnico “Normas de Competencia del Operador de Maquinaria Pesada”, en dicho documento se obliga al operador de un equipo pesado que revise el estado del equipo antes de realizar un trabajo y que la entidad contrate operarios capacitados con estudio técnico. A nivel local, las empresas se acatan al acuerdo N°319-2017-CDAH, para usar la maquinaria pesada solo en el rubro de la construcción y algunas empresas están empleando el RCM con el fin de extender la vida útil de sus equipos, además de mejorar la confiabilidad (Diestra, Esquiviel y Guevara, 2017, p.2). El problema es que muchas de ellas siguen estancadas en el clásico mantenimiento correctivo, concretamente en el distrito de San Juan de Miraflores se identificó la empresa Arango Maquinaria S.A.C., ubicada en la Avenida El triunfo

de la Cooperativa Umamarca, dedicada al servicio de alquiler de mini cargadores, teniendo Lima como campo de operaciones. La presente investigación se enfoca en dicha empresa, la cual presenta deficiencias en la estrategia de mantenimiento de sus equipos, puesto que la maquinaria presenta desperfectos en plena jornada de trabajo comprometiendo su disponibilidad. Según Duffua (2000), si un trabajo no cumple con las expectativas, se debe emplear un diagrama causa-efecto, que busca clasificar las causas del problema, y el efecto se considera como una característica que se debe mejorar (p. 264). Por ello, se realizó un Diagrama de Ishikawa (Anexo 10) con las causas potenciales del problema, en total fueron 07 causas que se identificaron. Luego se evaluó la relación que existen entre ellas en base a los criterios de evaluación 0, 1, 2, y 3, (Anexo 11) estos fueron plasmados en la Matriz Vester (Anexo 12) donde se obtuvo el total de activos y pasivos para ser ubicados en la gráfica de relaciones de causalidad (Anexo 13), identificándose una causa crítica (C7), tres causas activas (C1, C2 y C6), ninguna causa pasiva y por último tres causas indiferentes (C3, C4 y C5) que tienen poca influencia en el problema. En el Diagrama de Pareto (Anexo 15) se identificó que el 82% del problema de la baja disponibilidad de los mini cargadores, es generado por: las paradas de máquina no previstas 25% (C2), tiempo excesivo de atención a las fallas 20% (C7), mantenimientos correctivos 18% (C6) y planificación inadecuada de reparación 18% (C1). Tras identificar las causas del problema de la baja disponibilidad, se evaluó tres herramientas para dar solución a dicho problema (Anexo 16), donde la metodología AMFE resultó ser la indicada para solucionar la baja disponibilidad por cumplir con los parámetros. Después de haber identificado las principales causas del problema y haber seleccionado la herramienta a aplicar, se propuso el siguiente problema general, ¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejorará la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020? y dos problemas específicos: ¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejorará la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020?, ¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE reducirá la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020?. Justificando el motivo de resolverlo. Hernández, Fernández y Baptista (2014), señalan que justificar el estudio deja en claro el para qué y el por qué debe realizarse, a partir de ello se

establecen criterios formulados como la relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y la conveniencia (p. 40). Por lo tanto, la investigación tiene justificación práctica ya que se dará solución al problema de la baja disponibilidad al aplicar la metodología AMFE en cada mini cargador e implementar medidas de mantenimiento que la empresa pueda seguir realizando después de la investigación. Además, tiene justificación teórica ya que se discutirán los resultados obtenidos en esta investigación con los resultados de otras investigaciones, además de contribuir como ejemplo para futuras investigaciones similares. A esto argumentamos que la investigación tiene justificación económica ya que al aplicar el AMFE, se busca reducir las horas de paradas que originan la pérdida de ingresos en cada mini cargador, además de reducir los costos de mantenimiento al evitar el correctivo. Luego de lo justificado, se planteó el objetivo general, “analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”. Se planteó dos objetivos específicos: “analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”; y “analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”. Para terminar, se planteó la siguiente hipótesis general de investigación, “la aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”. Se planteó dos hipótesis específicas: “la aplicación de la metodología AMFE mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”; por último, “la aplicación de la metodología AMFE reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020”. El problema, objetivos e hipótesis general como específicos, se muestran en la matriz de consistencia. (Anexo 7)

II. MARCO TEÓRICO

Para iniciar con el marco teórico, en los antecedentes nacionales consideramos la investigación de ALVAREZ. L (2017), titulada *El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa EMTRAFESA SAC*. Tuvo como objetivo de investigación elaborar el AMEF para aumentar la disponibilidad de buses. Fue un estudio de tipo aplicada con diseño pre experimental, la muestra fueron los Buses y el muestreo es no probabilístico; como instrumento se utilizaron fichas de registros, el principal resultado fue que 6 buses presentan fallos de un 20%. Se concluyó que el AMEF produce un incremento de 77% a 96% en la disponibilidad y de 68% a 98% de confiabilidad y de 77% a 96% de eficiencia en los buses. En síntesis, la investigación logro incrementar la disponibilidad de los buses en un 24.7 % aplicando los mantenimientos necesarios en los modos de fallo identificados por el AMFE. El segundo antecedente nacional es la investigación de JUAREZ. A (2019), titulada *Aplicación del AMEF para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la Empresa S. M. R. L minera JUPITHER*. Tuvo como objetivo de investigación aplicar la herramienta AMEF para incrementar la disponibilidad de los equipos. Es de tipo aplicada con diseño experimental, la muestra fueron los equipos del taller de maestranza y el muestreo es no probabilístico; como instrumentos se utilizaron las fichas técnicas, el principal resultado fue la diferencia de 1.65% en la disponibilidad entre enero y junio del 2019. Se concluyó que incremento la disponibilidad de 95.65% a 97.30%, reduciendo el tiempo TPDR de 468 a 290 horas. En síntesis, esta investigación demuestra la utilidad del AMFE al lograr aumentar en un 1.72% la disponibilidad de los equipos. El tercer antecedente nacional es la investigación de BARRIENTOS. G (2017), titulada *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF*. Tuvo como objetivo de investigación mejorar la gestión de mantenimiento aplicando el AMEF. Fue un estudio de tipo aplicada de diseño experimental, la muestra fueron 11 excavadoras y el muestreo es no probabilístico; como instrumento se utilizó el Check List, los principales resultados fueron que la investigación logro un incremento de disponibilidad a 94% y se genera un VAN de US \$53,495.24. Se concluyó que el MTTR se redujo de 150 horas del año 2016 a 147 horas hasta el mes de julio del 2017 y que la disponibilidad operativa subió del 85% del año 2016 a un 94% en el año 2017. En síntesis, el AMFE permite incrementar la disponibilidad, en la investigación del autor la maquinaria pesada

incremento en un 10.5% su disponibilidad, además ayuda a reducir el tiempo promedio de reparación o MTTR. Como cuarto antecedente nacional consideramos el artículo científico de QUEVEDO. J, PAREDES. L y CHINCHAYAN. R (2017), titulada *Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad*. Tuvo como objetivo diseñar un RCM ejecutado con un análisis AMEF. Fue un estudio de tipo aplicada, la muestra son las maquinas industriales y el muestreo es probabilístico, escogiendo las máquinas que presentan más fallas en base a un historial de 3 años, como instrumento se utilizó la ficha de registro, los principales resultados fueron identificar que los puentes grúas son los equipos más críticos ya que se usan todos los días y su capacidad de trabajo diaria es de un 120%. Se concluyó que aplicar el AMFE permitió identificar como equipo más crítico al puente grúa y en base al resultado se hizo un estudio de TPEF y TPDR para determinar su disponibilidad actual de 91.76%. En síntesis, esta investigación determino la disponibilidad actual del equipo crítico, además, ayudo a determinar la pérdida de fabricación de 4.62% y una pérdida de \$ 3530.1 dólares. El quinto antecedente nacional es la investigación de CACERES. R y LEÓN. A (2017), titulada *Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo CATERPILLAR 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional*. Tuvo como objetivo aplicar el RCM para reducir las fallas en los equipos. Fue un estudio de tipo aplicada, la muestra es una flota de 18 camiones CATERPILLAR 793F y el muestreo es no probabilístico, como instrumento se utilizó un Check list, los principales resultados fueron que la disponibilidad de la flota mejoro en 4.95% y el TPEF mejoro en un 34.98%. Se concluyó que el RCM logro aumentar la disponibilidad a 85.92%, el TPEF a 37.37 horas/falla y el TPDR a 4.23 horas/fallas. En síntesis, la flota de camiones presentó la mayoría fallas dentro del motor ya que se apagan en pleno trabajo, el AMFE determino 10 modos de fallo lo cual permitió llevar a cabo el mantenimiento. Y el sexto antecedente nacional es el artículo científico de IDROGO. W (2016), titulada *Estudio de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los motores asíncronos trifásicos de la empresa Cogorno S.A.- Trujillo*. Tuvo como objetivo mejorar el funcionamiento y ciclo de vida de dichos motores. Fue un estudio de tipo aplicada, la muestra son los motores eléctricos

asíncronos trifásicos de la empresa Cogorno S.A.-Trujillo y no hay técnica de muestreo; como instrumento se utilizó la ficha de registro de fallas y el cuestionario, los principales resultados fueron que el AMFE determinó que el 69% de modos de fallo es inaceptable, el 23% es reducible y el 8% es aceptable, se determinó los resultados de la disponibilidad 90.45%, una confiabilidad de 90.98% y una mantenibilidad de 7.19%, además el rotor es el elemento que toma más tiempo reparar con 588 intervenciones registradas. Se concluyó que el AMFE determinó 13 modos de fallo, la disponibilidad incremento a 97.04% la confiabilidad incremento a 97.31% y la mantenibilidad se mantuvo constante en 7.19%, además se concluyó que el estado de mejora reduciría los costos de mantenimiento en S/466221.96 al año. En síntesis, en el artículo científico, el resultado del AMFE permitió identificar las partes más críticas del motor con exactitud y esto logro incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de una forma sencilla además de determinar la reducción del costo de mantenimiento anual.

En los antecedentes internacionales consideramos la investigación de ÁLVAREZ. I (2017), titulada *Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca*. Tuvo como objetivo de investigación desarrollar un plan de mantenimiento aplicando RCM en los vehículos de emergencia. Fue un estudio de tipo aplicada con diseño experimental, la muestra fueron los vehículos de emergencia y el muestreo es no probabilístico; como instrumentos se utilizó fichas de registro para identificar el número de fallas de cada vehículo, los principales resultados fueron identificar la criticidad de los vehículos de emergencia, siendo los más altos el de la ambulancia y el vehículo tanquero con un CR de 504. Se concluyó que aplicar el RCM en conjunto con el AMEF permitió identificar 257 modos, unos 27 críticos y además de identificar 3 vehículos con menos de 70% de disponibilidad. En síntesis, el AMFE permite identificar y clasificar los equipos más críticos para luego determinar su disponibilidad como se hizo en el cuerpo de bomberos de cuenca. El segundo antecedente internacional es la investigación de MIÑO. M (2015), titulada *Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna Wartsila 18V32LNGD*. Tuvo como objetivo analizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del motor Wartsila 18V32LNGD. Fue de tipo aplicada, la muestra fue el motor Wartsila 18V32LNGD y el muestreo es no

probabilístico; como instrumento se usó un software IC-versión 2005, como principal resultado se identificó 25 modos de fallos y un 80% de fallas es originado por las bombas de inyección, inyectoros, cabezotes y termocuplas. Se concluyó que en conjunto el RCC y el AMEF, identificaron un deficiente estado del motor, con la confiabilidad de 17.16%, mantenibilidad 55.18% y disponibilidad de 95.27%. En síntesis, el AMFE sirvió de apoyo para identificar las fallas del motor en conjunto con el software IC-versión 2005, para determinar de forma rápida la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del motor. Como tercer antecedente internacional consideramos el artículo científico de MEDINA. E (2017), titulada *Análisis de fallas mecánicas en turbo cargadores*. Tuvo como objetivo analizar las fallas mecánicas en los Turbo cargadores de la empresa SERETURBO DIESEL S.A. Fue un estudio de tipo aplicada, la muestra son 10 turbo cargadores y el muestreo fue probabilístico; como instrumento se usó la ficha técnica, los principales resultados fueron que la metodología AMFE determinó 4 modos de fallos, las partes más dañadas fueron las bocinas y anillos con un IPR por encima de 500, ocasionando que se pierda aceite y se contamine el motor, como resultado del análisis Weibull se obtuvo una confiabilidad de 378% es decir no se encuentran confiables los equipos para trabajar y se obtuvo una mantenibilidad de 1%, es decir, el equipo se puede reparar. Se concluyó que los Turbo cargadores pueden alcanzar una disponibilidad del 100% si se reparan, el autor concluye que los datos históricos de fallas son importantes y que se debe hacer un análisis minucioso antes de cambiar una pieza. En síntesis, este artículo científico nos muestra la utilidad de los datos históricos de un equipo para facilitar la aplicación del AMFE. El cuarto antecedente internacional es la investigación de GUTIÉRREZ. E (2017), titulada *Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado para las máquinas de la empresa MANRIQUE LOSADA Y COMPAÑÍA S.A.S.* Tuvo como objetivo implementar un plan de mantenimiento planificado para las máquinas de la empresa MANRIQUE LOSADA Y COMPAÑÍA S.A.S. Fue un estudio de tipo aplicada, la muestra está conformada por 11 equipos menores, 5 equipos pesados, 4 equipos de transporte y no hay técnica de muestreo; como instrumento se utilizó un software de mantenimiento, los principales resultados fueron que el AMFE detectó 13 modos de fallo, la disponibilidad incremento en un 50% y el costo de hora de trabajo disminuyó en 28.3%. Se concluyó que el proyecto es viable para la

empresa y el software de mantenimiento brindó un aporte notable en la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de las máquinas. En síntesis, el software de mantenimiento es una herramienta adicional a un plan de mantenimiento muy útil para hacer seguimiento a los equipos y permitió al investigador saber las horas trabajadas, el consumo de combustible y las actividades que realizó el equipo. Y el quinto antecedente internacional es la investigación de OLIVO. J (2018), titulada *Diseño del plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada del gobierno autónomo descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa*. Tuvo como objetivo diseñar un RCM para maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa. Es de tipo aplicada, la muestra está conformada por 2 retroexcavadoras, 1 mini cargador, una motoniveladora y no hay técnica de muestreo; como instrumento se utilizó la ficha de registros, los principales resultados fueron que la retroexcavadora 580 SN tuvo una disponibilidad 75.40%, la retroexcavadora 580 SL tuvo 62.16%, el mini cargador SR200 tuvo 61.11% y la motoniveladora GD5555 tuvo 90%. Se concluyó que la disponibilidad aumento en 3.01% y se reforzó el conocimiento de mantenimiento a los jefes de área, operadores y mecánicos. En síntesis, el AMFE permite identificar cual es el equipo más crítico, en la presente investigación el mini cargador SR 220 fue el más crítico ya que presenta problemas en el motor y los sistemas.

En el fundamento teórico, se consideró a Cuatrecasas (2005) como teórico principal para la variable AMFE. Como texto informativo, Lluís menciona que el análisis modal de fallos y efectos (AMFE), fue desarrollado en el ejército de los Estados Unidos por ingenieros de la NASA en los años sesenta, era conocido como norma MIL-STD-16291 (Cuatrecasas, 2005, p. 151). Luego se empleó en el programa APOLLO para evaluar la confiabilidad y determinar los efectos de falla, y fue FORD quien lo aplicó en las empresas de automóviles (Prajapati, 2012, p. 264). Para Cuatrecasas (2005) el AMFE, “es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta y, por tanto, tratando de prevenir problemas futuros” (p. 149). Existen tres tipos de AMFE según Cuatrecasas (2005) y estas dependen de la actividad que se realiza. El primero es el AMFE de diseño, este se orienta al producto o servicio, en este AMFE es posible detectar un problema en la

fabricación, siendo esto útil si se incluye en el AMFE de proceso. El segundo es el AMFE de procesos, se aplica para buscar fallos y causas en la producción. Su objetivo es vincular las características del producto con el proceso. Es decir, se centra en la producción del producto o el cumplimiento de un servicio. El tercero es el AMFE de medios, este tipo de AMFE se relaciona a la presente investigación, enfocándose en aumentar la disponibilidad de los medios de producción. Según Cuatrecasas (2005), el AMFE de medios se logra trabajando con la fiabilidad para reducir la tasa de fallos en máquinas, utensilios, motores, etc., por ello el AMFE de medios es esencial para prevenir fallos en las máquinas, asegurando una adecuada disponibilidad y mantenibilidad (p. 173). Todos los tipos de AMFE se evalúa mediante el IPR, la única diferencia es su tabulación, ya que comprende valores del 1 al 4 para cada coeficiente, a diferencia de los anteriores que van del 1 al 10. Cuatrecasas (2005) nos explica que el AMFE está compuesto de:

- Elementos de información general: Es la cabeza del AMFE, ahí se describe el proceso, componente o subconjunto a analizar, con su referencia (p. 154).
- Modos de fallos, efectos y causas: Los modos de fallos, o dimensionado del AMFE, se define como la manera en que una pieza o sistema puede fallar potencialmente (p. 154). El siguiente elemento importante es el efecto de falla, siendo esta la consecuencia del modo de fallo, a partir del efecto se identifica el modo de fallo (p. 156). Por último, el otro elemento determinante es la causa de fallos, siendo este el factor desencadenante del modo de fallo y esta debe ser descrita lo más detallada posible (p. 157).
- Índice prioritario de riesgo (IPR): Con un valor máximo de 64 puntos para el AMFE de medios, este permite clasificar los modos de fallos (p.158). El IPR se divide en rangos leves, moderados y críticos, siendo los IPR graves y críticos los que requieren atención inmediata.
- Acciones correctivas: Es la parte del documento donde se describe las acciones correctivas recomendadas, la finalidad es eliminar los fallos críticos y minimizar el IPR. Esto se logra eliminando causas de fallos, reduciendo el coeficiente de frecuencia, reduciendo el coeficiente de gravedad y aumentando la probabilidad del coeficiente de detección (p. 169).

Las teorías presentadas desde este puesto se aplicarán totalmente. De la teoría presentada en relación a la variable independiente metodología AMFE, se planteó

la siguiente definición operacional: Se avaluó la metodología AMFE al haber identificado los modos de fallos y estos serán clasificados según su IPR obtenido del producto de sus coeficientes, para prevenir problemas. Continuando con el maco teórico, se recurrió a los autores Zambrano, Prieto y Castillo (2015), quienes explican cómo se determina la disponibilidad mediante cálculos y estudio. La definición conceptual de la variable dependiente disponibilidad, según Duffua (como se citó en Zambrano et al., 2015, p. 499), “es la capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un periodo de tiempo específico”. La disponibilidad se calcula dividiendo el tiempo promedio entre fallas (TPEF), sobre la diferencia del tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio de reparación (TTR) (Zambrano et al., 2015, p. 499).

$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPDR}$	<p>Leyenda</p> <p>D : Disponibilidad TPEF : Tiempo promedio entre fallas TPDR : Tiempo promedio de reparación</p>
--------------------------------	--

Figura 1. Formula de disponibilidad.

Para los autores, Zambrano et al. (2015), la disponibilidad varía de 0 a 1, la disponibilidad incrementa si el resultado se aproxima a 1, para ello se debe mejorar la confiabilidad (aumentando el TPEF) o la mantenibilidad (reduciendo el TPDR) (p. 499). Rodríguez (como se citó en Zambrano et al., 2015, p. 499), define la confiabilidad como “la probabilidad de que un equipo o sistema de producción desarrolle su función bajo condiciones específicas y durante un periodo de tiempo determinado”. Según los autores Zambrano et al. (2015), la confiabilidad depende de la aplicación correcta de un mantenimiento y su diseño, por lo tanto, si existe un mantenimiento deficiente, la confiabilidad tendrá niveles bajos (p. 500). Según los autores, la confiabilidad se relaciona con el tiempo promedio entre fallas (TPEF), este resultado debe aumentarse para incrementar la disponibilidad. El TPEF se calcula dividiendo las horas totales de servicio o tiempo total de operación sobre la cantidad de fallas. Por último, Rodríguez (como se citó en Zambrano et al., 2015, p. 500), define la mantenibilidad como “la probabilidad de que un equipo en estado de falla sea restablecido a una condición determinada de operación en un periodo de tiempo”. Según los autores Zambrano et al. (2015), la mantenibilidad se relaciona con el Tiempo promedio de reparación (TPDR), este resultado debe reducirse para aumentar la disponibilidad (p. 500). El TPDR se calcula dividiendo

las horas de mantenimiento o tiempo total de reparación sobre la cantidad de fallas. De la teoría presentada en relación a la variable dependiente disponibilidad, se planteó como definición operacional: Se evaluó la disponibilidad a partir de su confiabilidad y mantenibilidad para alcanzar con éxito la función requerida en el momento específico. Para terminar, se presentan las definiciones de algunos términos que se trataron en el marco teórico. El Coeficiente de frecuencia (F), es la probabilidad de ocurrencia de un modo de fallo, compuesta de dos sucesos, que ocurra una causa potencial de fallo y que este dé lugar a un modo de fallo (Cuatrecasas, 2005, p. 159). (Anexo 18). El coeficiente de gravedad (G), es una valoración del perjuicio ocasionado al cliente, por el modo de fallo, generando insatisfacción, coste y pérdida de tiempo (Cuatrecasas, 2005, p. 163). (Anexo 19). El coeficiente de detección (D), es la probabilidad de que no se detecte el modo de fallo y su causa antes de entregar el producto al cliente, es un coeficiente de no-detección, para reducir este índice debe mejorarse el control de calidad (Cuatrecasas, 2005, p. 165). (Anexo 20). El Tiempo promedio entre fallas (TPEF) es el tiempo promedio que trabaja la maquina sin presentar fallas y es una estimación basada en promedios generalmente derivados de pruebas o experiencia en el campo. (Lewis, 2017, p. 34). El tiempo promedio de reparación (TPDR) es el tiempo que lleva diagnosticar una falla, contactar a un técnico de reparación y restaurar el sistema para que funcione (Lewis, 2017, p. 34).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Según el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica CONCYTEC (2018), la investigación aplicada determina los medios para cubrir necesidades específicas y la investigación básica se dirige a los conocimientos para comprender aspectos de los fenómenos (p. 7). Para Hernández et al. (2014), si la investigación resuelve problemas, esto la hace aplicada (p. 29). De igual forma Bentley, Gulbrandsen y Kyvik (2015), consideran que la investigación aplicada busca encontrar soluciones a problemas que existen en la sociedad (p. 693). Por lo tanto, la presente investigación fue de tipo aplicada, ya que se dio solución al problema de la baja disponibilidad de maquinaria, aplicando la metodología AMFE en una entidad que pertenece al rubro de la construcción con operaciones en lima metropolitana.

Nivel de la investigación: Según Hernández et al. (2014), la investigación explicativa es aquella que pretende establecer las causas del evento o fenómeno sometido, buscando responder el por qué ocurre el fenómeno y bajo qué condiciones se manifiesta (p. 84). De igual manera, Breed y Vester (2019), consideran que la investigación de nivel explicativo, se centra en el "por qué" suceden las cosas y ofrecer las causas y efectos, para explicar la relación entre las variables (p. 92). Por lo tanto, la presente investigación fue de nivel explicativo ya que se presentó las causas principales que ocasionan la baja disponibilidad en los mini cargadores, y se aplicó la metodología AMFE donde se identificó y clasifíco los modos de fallo para llevar a cabo el mantenimiento preventivo con el fin de mitigar las causas del problema.

Enfoque de investigación: Según Hernández et al. (2014), un enfoque cuantitativo sigue un orden estricto de fases, donde se establecen objetivos y preguntas, de estas parten las hipótesis las cuales serán probadas tras la recolección y análisis de datos, como base tiene la medición numérica y se apoya en la estadística (p. 4). De igual manera, Eyisi (2016) define al enfoque cuantitativo, como aquel donde el investigador toma mediciones objetivas a través de instrumentaciones y no a través del juicio humano, se basa en datos numéricos que se utilizan para realizar diversos procedimientos estadísticos para analizar datos (p. 92). Por lo tanto, la presente investigación fue de enfoque cuantitativo ya que se trabajó con datos numéricos y

el análisis estadístico para comprobar las hipótesis y expresar los resultados en porcentajes.

Diseño de investigación: Según Hernández et al. (2014), existen dos tipos de diseños, el primero es el diseño experimental conformado por pre experimentos, experimentos puros y cuasi experimentos, el segundo tipo es el diseño no experimental dividido en diseños transversales y longitudinales (p. 129). Para Hernández et al. (2014), los diseños cuasi experimentales manipulan al menos una variable independiente para ver el efecto sobre las variables dependientes, además los grupos con los que se trabajan ya están previamente conformados antes del experimento (p. 151). Por lo tanto, la presente investigación fue de diseño cuasi experimental, específicamente del tipo que desarrolla una pre-prueba, post-prueba y que tiene un grupo de control. En la investigación se tuvo dos grupos de 3 mini cargadores cada uno, previamente definidos por el gerente como Grupo A y Grupo B debido a un diseño particular, a lo cual se realizó una pre-prueba a ambos grupos para tener una situación inicial. Posterior a ello se aplicó la herramienta AMFE solo al Grupo A, y finalmente se hizo una post-prueba a ambos grupos para comparar los resultados.

G ₁	O ₁	X	O ₂
G ₂	O ₃	----	O ₄

G₁: Grupo experimental A (conformado por 3 mini cargadores)

G₂: Grupo control B (conformado por 3 mini cargadores)

O₁: Pre-test del grupo experimental A

O₃: Pre-test del grupo control B

X: Aplicación de la metodología AMFE sobre el grupo experimental A

O₂: Post-test del grupo experimental A (resultado del tratamiento)

O₄: Post-test del grupo control B (intervalo de confianza)

3.2. Variable y Operacionalización

La Operacionalización de variable se puede apreciar en el (Anexo 1).

Variable independiente: Análisis modal de fallos y efectos AMFE.

- Definición conceptual: Para Cuatrecasas (2005) el AMFE, “es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño y, por tanto, tratando de prevenir problemas futuros de calidad” (p. 149).
- Definición operacional: Se evaluó la metodología AMFE al haber identificado los modos de fallos y estos serán clasificados según su IPR obtenido del producto de sus coeficientes, para prevenir problemas.
- Indicador de la dimensión modo de fallo: Índice prioritario de riesgo (IPR).

$\text{IPR} = F \cdot G \cdot D$	Leyenda IPR: Índice prioritario de riesgo F: Coeficiente de frecuencia G: Coeficiente de gravedad D: Coeficiente de detección
----------------------------------	--

Figura 2. Formula del índice prioritario de riesgo.

- Escala de medición: Razón.

Variable dependiente: Disponibilidad.

- Definición conceptual: según Duffua (2000) “es la capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un periodo de tiempo específico” (p. 41).
- Definición operacional: Se evaluó la disponibilidad a partir de su confiabilidad y mantenibilidad para alcanzar con éxito la función requerida en el momento específico.
- Indicador de la dimensión confiabilidad: Tiempo promedio entre fallas (TPEF).

$\text{TPEF} = \frac{\text{TTO}}{F}$	Leyenda TPEF : Tiempo promedio entre fallas TTO : Tiempo total de operación F : Cantidad de fallas
--------------------------------------	--

Figura 3. Formula del tiempo promedio entre fallas.

- Indicador de dimensión mantenibilidad: Tiempo promedio de reparación (TPDR).

$\text{TPDR} = \frac{\text{TTR}}{F}$	Leyenda TPDR : Tiempo promedio de reparación TTR : Tiempo total de reparación F : Cantidad de fallas
--------------------------------------	--

Figura 4. Formula del tiempo promedio de reparación.

- Escala de medición: Razón.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

Según Hernández et al. (2014), la población es un grupo de casos que tienen especificaciones similares (p. 174). Para Taherdoost (2017), la población es el conjunto completo de individuos u objetos a los que se extrapolará la muestra (p. 237).

Para la presente investigación se determinó como población a los seis mini cargadores de la empresa, los cuales ya estaban divididos en dos grupos definidos previamente por la empresa, debido a una característica de diseño particular de adaptación a un accesorio que no afecta en lo absoluto en su rendimiento, capacidad, fuerza, etc. (Anexo 30). Tal diseño permite al mini cargador tener una conexión tipo enganche para un accesorio de excavación, pero que no tiene ningún tipo de conexión directa con algún sistema de funcionamiento del mini cargador, más que solo con el chasis de la maquinaria. La segmentación hecha de manera interna por la empresa la denominan equipos full o no full, debido a esto fue la decisión de adoptar dicha división de cada grupo compuesto por tres mini cargadores, el grupo A con el diseño de adaptación y el grupo B sin dicho diseño. No hubo muestreo porque se tomó el total de la población.

Tabla 4. *Lista de los mini cargadores*

		MARCA	MÁQUINA	CÓDIGO
Grupo A		CATERPILLAR	MINICARGADOR	AMS - 10
		BOBCAT	MINICARGADOR	AMS - 05
		BOBCAT	MINICARGADOR	AMS - 06
Grupo B		JOHN DEERE	MINICARGADOR	AMS - 09
		CASE	MINICARGADOR	AMS - 08
		BOBCAT	MINICARGADOR	AMS - 07

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.1. Criterios de selección

3.3.1.1.1. Criterios de inclusión

Dentro de los criterios de inclusión se consideró a los cargadores pertenecientes a la empresa, que hayan realizado labores desde el segundo semestre del año 2019 y que se encuentren aún en actividad cuando se realiza la presente investigación.

3.3.1.1.2. Criterios de exclusión

No se consideró dentro de la población a los mini cargadores que no pertenezcan a la empresa, aquellos que fueron adquiridos durante o después de la investigación, que no hayan tenido actividad en el segundo semestre del año 2019 y los que ya no se encuentran operativos en términos de funcionalidad.

3.3.2. Unidad de análisis

Para Hernández et al. (2014), la unidad de análisis señala a los participantes o casos a quien se aplicara los instrumentos de medida (p. 183).

En la presente investigación, las unidades de análisis fueron los mini cargadores, estos son alquilados a contratistas y constructoras, llevan un control diario por parte de los operadores el cual rinden al área de administración para su base de datos. Las actividades de mantenimiento de las máquinas se realizan en la misma empresa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Hernández et al. (2014), señalan que el investigador usa técnicas para recolectar datos (p. 9). Según Ander-Eggs (como se citó en Ñaupas, 2014, p. 205), la técnica de observación se considera como la reina de las técnicas de investigación por ser la más antigua y al mismo tiempo la más confiable (p. 205). En la técnica de observación, el investigador básicamente observa al sujeto, objetivo o fenómeno para extraer información (Riesman, 2016, p. 571).

Según Pardinás (como se citó en Ñaupas, 2014, p. 207), para la mayor recolección de información y datos de los documentos, es imprescindible el uso de fichas de recolección de los datos e información.

La observación documental va de la mano con el análisis de documentos, que es donde según Pardinás (como se citó en Ñaupas, 2014, p. 208) encontramos el análisis clásico, este a su vez comprende el análisis tanto interno como externo, el análisis externo tiene como objetivo determinar la autenticidad textual, histórica y literaria, es decir que no haya sufrido adulteraciones, que los eventos o sucesos sean veraces y que haya sido escrito por el autor. Según Ñaupas (2014), el análisis de documentos se realiza de la mejor forma con fichas de recolección de datos (p. 208).

En la presente investigación se empleó la técnica de observación documental, basada en documentos impresos y digitales de la empresa, con la ayuda de las fichas de recolección de datos se obtuvo la información para realizar la investigación. A su vez se empleó la técnica de análisis documental porque la información recolectada debe ser relevante.

Como fuente de información se tuvo la base de datos de la empresa donde se registra de manera diaria diferentes campos de datos de manera digital, esta información se guarda en un libro Excel por el área administrativa de la empresa. Como se ve en el (Anexo 31), se dejó constancia de la entrega de información confidencial por parte del gerente de la empresa, quien entregó dicha base de datos personalmente a través de un USB, con la condición de ser usada con fines únicos de investigación y bajo el compromiso de no manipular, alterar o publicar dicha información entregada.

3.4.2. Instrumento

Los instrumentos de investigación son simplemente dispositivos para registrar información relevante para una investigación, y hay muchas alternativas para elegir (Rahi, 2017, p. 4). En la presente investigación los instrumentos fueron fichas de recolección de datos diseñados acorde a la información que es necesario recoger, la empresa tiene una base de datos donde registra toda la información relacionada pero no la tiene segmentada, por lo que las fichas servirán como el instrumento para recolectar solo los datos relevantes para la investigación. (Anexo 21)

- Como primer instrumento para extraer información y determinar el tiempo total de operación (TTO) dentro de la dimensión de confiabilidad de la variable dependiente disponibilidad, se usó una ficha del tiempo total de operación (TTO).
- Como segundo instrumento para extraer información y determinar la cantidad de fallas (F) dentro de las dimensiones de confiabilidad y mantenibilidad de la variable dependiente disponibilidad, se usó una ficha de reporte de fallas (F).
- Y como tercer instrumento para extraer información y determinar el tiempo total de reparación (TTR) dentro de la dimensión de mantenibilidad de la variable dependiente disponibilidad, se usó una ficha del tiempo total de reparación (TTR), esta ficha se trabaja con información de la ficha de reporte de fallas (F).

Las técnicas e instrumentos utilizados se pueden apreciar en el Anexo 23.

3.4.3. Validez y confiabilidad

Según Sireci y Geisinger (como se citó en Cardona, Bribiescas, Romero y Corona, 2016, p. 208), el índice V de Aiken proporciona una medida práctica de la congruencia de los expertos de la materia. Los instrumentos fueron evaluados al igual que los indicadores por 3 expertos que dominan el tema y tienen una ardua experiencia en el campo de la investigación (*Anexo 3, Anexo 4 y Anexo 5*). Se empleó la fórmula V de Aiken (*Anexo 24*) en el software Microsoft Excel 2016 para evaluar la valoración de los expertos, en este caso tenemos 2 grados de valoración (Sí=1) y (No=0). Como se puede apreciar en la Tabla 142, los indicadores e

instrumentos son válidos cumpliendo la condición de pertinencia, relevancia y claridad, para asegurar la confiabilidad de los datos recopilados.

3.5. Procedimientos

Antes de comenzar con el procedimiento se muestra los datos de la empresa.

Descripción general de la empresa.

Arango Maquinarias S.A.C., identificada con RUC: 20538104206, es una empresa dedicada a brindar el servicio de alquiler de maquinaria pesada de la línea amarilla en toda lima metropolitana en el rubro de la construcción. En el *Anexo 25* se muestra el logo de la empresa.

Base legal:

- Razón social: ARANGO MAQUINARIAS S.A.C
- Actividad económica: Alquiler de maquinaria pesada de la línea amarilla
- Sector: Construcción

Localización:

- País: Perú
- Capital: Lima
- Distrito: San Juan de Miraflores
- Dirección: Av El triunfo Mz A1 Lt 11 Coop Umamarca

La localización geográfica de la empresa e puede apreciar en el *Anexo 26*.

Plataforma estratégica:

- Visión: Ser reconocidos como una empresa que brinda calidad con un servicio de alquiler de maquinaria pesada, rápido y económico para los clientes del rubro constructor.
- Misión: Brindar un servicio eficiente y confiable, ofreciendo maquinarias de calidad y prestigio mundial para proporcionar solución inmediata a las necesidades de los clientes.

El organigrama de Arango Maquinaria S.A.C. se observa en el *Anexo 27*, el gerente general es el que asigna las funciones al jefe de mantenimiento y al administrador. El jefe de mantenimiento se encarga de asignar y supervisar las actividades del auxiliar mecánico y de los operarios. (*Anexo 28*)

Tabla 5. Formación del equipo de mantenimiento

CARGO	CANTIDAD
Jefe de mantenimiento	1 jefe
Auxiliar mecánico	1 auxiliar
Operador de maquinaria	6 operarios

Fuente: elaboración propia.

Mini cargadores de la empresa

Las imágenes de los mini cargadores se encuentran en el Anexo 29.

Tabla 6. Descripción de los mini cargadores

	MAQUINA	DESCRIPCIÓN
GRUPO EXPERIMENTAL A	CATERPILLAR 252B – AMS 10	MARCA: CATERPILLAR MODELO: 252B AÑO: 2009 MOTOR: CATERPILLAR 3044 CDIT
	BOBCAT 873 – AMS 05	MARCA: BOBCAT MODELO: 873 AÑO: 2004 MOTOR: DEUTZ
	BOBCAT 863 – AMS 06	MARCA: BOBCAT MODELO: 863 AÑO: 2003 MOTOR: DEUTZ
GRUPO CONTROL B	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	MARCA: JOHN DEERE MODELO: 320D AÑO: 2013 MOTOR: JOHN DEERE 4024T
	CASE SR 220 – AMS 08	Marca: CASE Modelo: SR220 Año: 2015 Motor: CASE FPT/432t/m3
	BOBCAT S250 – AMS 07	MARCA: BOBCAT MODELO: S250 AÑO: 2010 MOTOR: KUBOTA V3300

Fuente: elaboración propia.

PRE TEST – Evaluación de la variable dependiente (DISPONIBILIDAD)

Para calcular la disponibilidad, es necesario calcular el indicador tiempo promedio entre fallas (confiabilidad) y el indicador tiempo promedio de reparación (mantenibilidad).

Tiempo total de operación (TTO) – Ítem de la dimensión de confiabilidad

Se recogió información de Tiempo total de operación (TTO) de los mini cargadores del grupo experimental A y el grupo control B de 20 días operativos entre noviembre

del 2019, el mínimo de horas que se trabaja en un día es 5 horas y el máximo es 8 horas. El TTO permitirá calcular el indicador tiempo promedio entre fallas (TPEF).

Tabla 7. Tiempo total de operación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 06/11/2019 hasta 28/11/2019			MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	06/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
2	07/11/2019	5.0 hrs	10.0 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
3	08/11/2019	5.0 hrs	15.0 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
4	09/11/2019	5.0 hrs	20.0 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
5	11/11/2019	5.0 hrs	25.0 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
6	12/11/2019	6.5 hrs	31.5 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
7	13/11/2019	5.0 hrs	36.5 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
8	14/11/2019	5.0 hrs	41.5 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
9	15/11/2019	5.0 hrs	46.5 hrs	Casimiro Espejo 190-198 esq.
10	16/11/2019	5.0 hrs	51.5 hrs	Benavides - surco
11	18/11/2019	5.0 hrs	56.5 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
12	19/11/2019	5.5 hrs	62.0 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
13	20/11/2019	5.5 hrs	67.5 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
14	21/11/2019	5.0 hrs	72.5 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
15	22/11/2019	6.0 hrs	78.5 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
16	23/11/2019	4.0 hrs	82.5 hrs	Mar alt. Grifo repsol - Asia
17	25/11/2019	.0 hrs	82.5 hrs	Alipio - Taller
18	26/11/2019	.0 hrs	82.5 hrs	Alipio - Taller
19	27/11/2019	.0 hrs	82.5 hrs	Alipio - Taller
20	28/11/2019	.0 hrs	82.5 hrs	Alipio - Taller
Tiempo total de operación (Horas)			82.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo A trabajó 82.5 horas en 20 días operativos en el mes de noviembre del 2019.

Tabla 8. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 05	
FECHA: 31/10/2019 hasta 27/11/2019			MARCA: BOBCAT 873	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	31/10/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	Av. El Ejercito Con Salaberry
2	01/11/2019	.0 hrs	5.0 hrs	Alipio - Taller
3	07/11/2019	5.0 hrs	10.0 hrs	Av argentina
4	08/11/2019	5.0 hrs	15.0 hrs	Av argentina
5	09/11/2019	5.0 hrs	20.0 hrs	Av argentina
6	11/11/2019	5.0 hrs	25.0 hrs	Av argentina
7	12/11/2019	5.0 hrs	30.0 hrs	Av argentina
8	13/11/2019	5.0 hrs	35.0 hrs	Av argentina
9	14/11/2019	2.0 hrs	37.0 hrs	Av argentina
10	15/11/2019	.0 hrs	37.0 hrs	Av argentina
11	16/11/2019	5.0 hrs	42.0 hrs	Av argentina
12	18/11/2019	5.0 hrs	47.0 hrs	Av argentina
13	19/11/2019	5.0 hrs	52.0 hrs	Av argentina
14	20/11/2019	5.0 hrs	57.0 hrs	Av argentina
15	21/11/2019	5.0 hrs	62.0 hrs	Av argentina
16	22/11/2019	5.0 hrs	67.0 hrs	Av argentina
17	23/11/2019	5.0 hrs	72.0 hrs	Av argentina
18	25/11/2019	5.0 hrs	77.0 hrs	Av argentina
19	26/11/2019	6.5 hrs	83.5 hrs	Av argentina
20	27/11/2019	5.0 hrs	88.5 hrs	Av argentina
Tiempo total de operación (Horas)			88.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo A trabajó 88.5 horas en 20 días operativos en el mes de noviembre del 2019.

Tabla 9. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 06	
FEN6:T6CHA: 04/11/2019 hasta 02/12/2019			MARCA: BOBCAT 863	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	04/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	Av. Colonial
2	05/11/2019	6.5 hrs	11.5 hrs	Av. Colonial
3	06/11/2019	5.0 hrs	16.5 hrs	Av. Colonial
4	07/11/2019	4.0 hrs	20.5 hrs	Av. Colonial
5	08/11/2019	.0 hrs	20.5 hrs	Alipo - Taller
6	09/11/2019	.0 hrs	20.5 hrs	Alipo - Taller
7	11/11/2019	4.0 hrs	24.5 hrs	Av. Colonial
8	12/11/2019	5.0 hrs	29.5 hrs	Av. Primavera
9	13/11/2019	5.0 hrs	34.5 hrs	Av. Primavera
10	14/11/2019	5.0 hrs	39.5 hrs	Av. Primavera
11	15/11/2019	5.0 hrs	44.5 hrs	Av. Primavera
12	16/11/2019	5.0 hrs	49.5 hrs	Av. Primavera
13	18/11/2019	5.5 hrs	55.0 hrs	Av. Primavera
14	19/11/2019	7.0 hrs	62.0 hrs	Av. Primavera
15	25/11/2019	6.5 hrs	68.5 hrs	Av. El Ejercito - Magdalena
16	26/11/2019	5.0 hrs	73.5 hrs	Av. El Ejercito - Magdalena
17	27/11/2019	5.0 hrs	78.5 hrs	Av. El Ejercito - Magdalena
18	28/11/2019	5.0 hrs	83.5 hrs	Av. El Ejercito - Magdalena
19	29/11/2019	5.0 hrs	88.5 hrs	Av. El Ejercito - Magdalena
20	02/12/2019	5.0 hrs	93.5 hrs	La Malvinas-Cerdado de Lima
Tiempo total de operación (Horas)			93.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo A trabajo 93.5 horas en 20 días operativos en el mes de noviembre del 2019.

Tabla 10. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Pre Test)

COMPORTAMIENTO DE HORAS DE TRABAJO (GRUPO A - PRE TEST)						
FECHA	AMS 10	AMS 05	AMS 06	TTO GRUPO A	N° MAQUINAS QUE TRABAJARON EN EL DÍA	PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS
	A	B	C	D=A+B+C	E	F=D/E
31/10/2019	-	5.0 hrs	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
1/11/2019	-	0.0 hrs	-	0.0 hrs	1 MAQUINA	0.0 hrs
4/11/2019	-	-	5.0 hrs	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
5/11/2019	-	-	6.5 hrs	6.5 hrs	1 MAQUINA	6.5 hrs
6/11/2019	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
7/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	4.0 hrs	14.0 hrs	3 MAQUINAS	4.7 hrs
8/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	0.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
9/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	0.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
11/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	4.0 hrs	14.0 hrs	3 MAQUINAS	4.7 hrs
12/11/2019	6.5 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	16.5 hrs	3 MAQUINAS	5.5 hrs
13/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
14/11/2019	5.0 hrs	2.0 hrs	5.0 hrs	12.0 hrs	3 MAQUINAS	4.0 hrs
15/11/2019	5.0 hrs	0.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
16/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
18/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	5.5 hrs	15.5 hrs	3 MAQUINAS	5.2 hrs
19/11/2019	5.5 hrs	5.0 hrs	7.0 hrs	17.5 hrs	3 MAQUINAS	5.8 hrs
20/11/2019	5.5 hrs	5.0 hrs	-	10.5 hrs	2 MAQUINAS	5.3 hrs
21/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
22/11/2019	6.0 hrs	5.0 hrs	-	11.0 hrs	2 MAQUINAS	5.5 hrs
23/11/2019	4.0 hrs	5.0 hrs	-	9.0 hrs	2 MAQUINAS	4.5 hrs
25/11/2019	0.0 hrs	5.0 hrs	6.5 hrs	11.5 hrs	3 MAQUINAS	3.8 hrs
26/11/2019	0.0 hrs	6.5 hrs	5.0 hrs	11.5 hrs	3 MAQUINAS	3.8 hrs
27/11/2019	0.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
28/11/2019	0.0 hrs	-	5.0 hrs	5.0 hrs	2 MAQUINAS	2.5 hrs
29/11/2019	-	-	5.0 hrs	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
2/12/2019	-	-	5.0 hrs	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Pre Test) se sumó el total de horas trabajadas para cada día y se promedió según el número de mini cargadores que trabajo en el mismo día para determinar con mayor exactitud cómo afecta una falla al promedio. La tabla solo se usó para realizar la Figura 5 (no guarda relación directa con los resultado de los instrumentos).

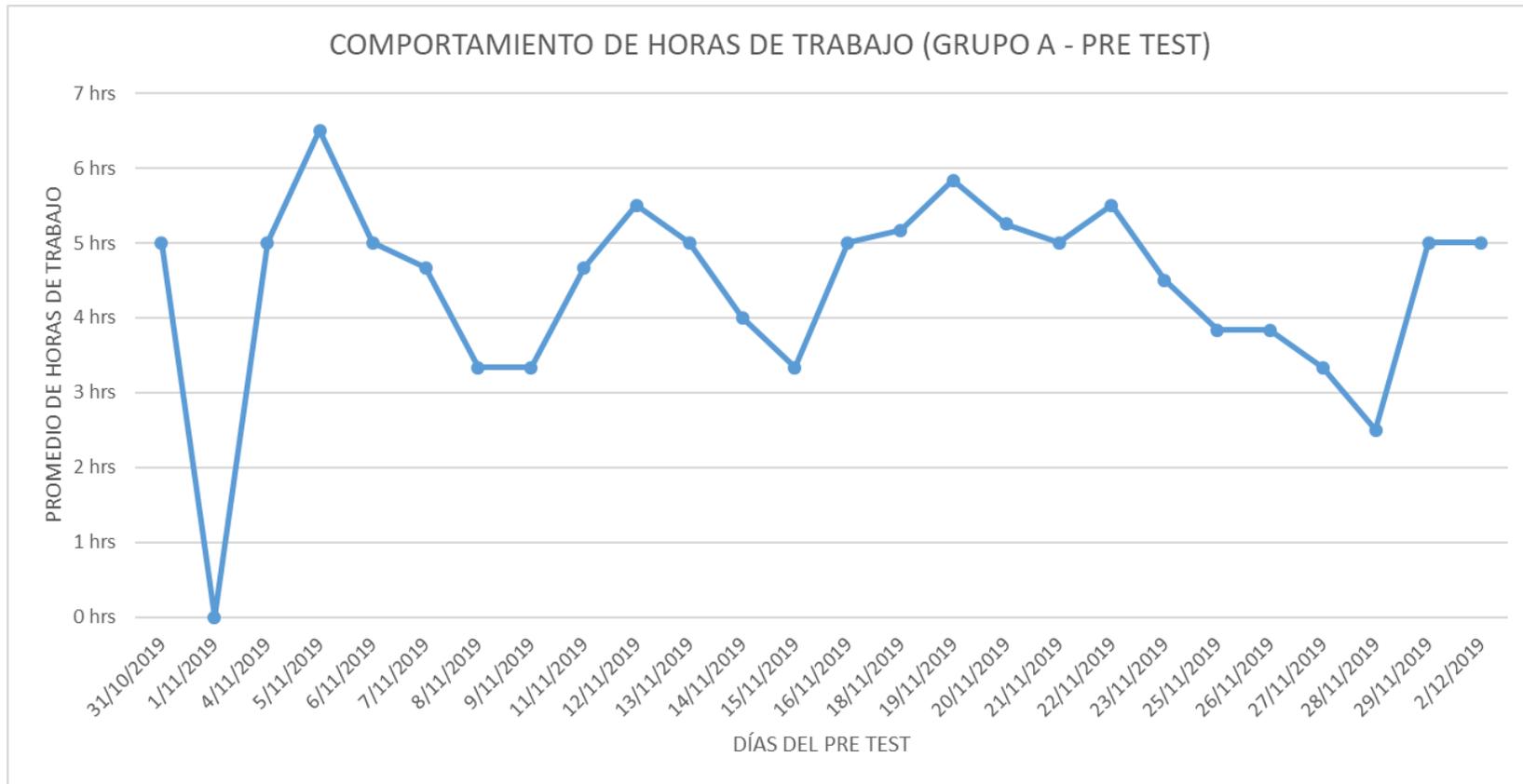


Figura 5. Comportamiento de las horas de trabajo (Grupo A – Pre Test).

En la Tabla 10 se muestra el promedio de tiempo total de operación TTO de los 3 mini cargadores del grupo A (Pre Test). Se evidencia la caída de horas promedias de trabajo en los días que ocurren las fallas imprevistas.

Tabla 11. *Tiempo total de operación del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 09	
FECHA: 05/11/2019 hasta 29/11/2019			MARCA: JOHN DEERE 320D	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	05/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	Los sauces-Surco
2	06/11/2019	4.5 hrs	9.5 hrs	Los sauces-Surco
3	07/11/2019	5.0 hrs	14.5 hrs	Los sauces-Surco
4	08/11/2019	5.0 hrs	19.5 hrs	Los sauces-Surco
5	09/11/2019	5.0 hrs	24.5 hrs	La molina - Colegio
6	11/11/2019	5.0 hrs	29.5 hrs	La molina - Colegio
7	12/11/2019	5.0 hrs	34.5 hrs	La molina - Colegio
8	13/11/2019	5.0 hrs	39.5 hrs	La molina - Colegio
9	14/11/2019	5.0 hrs	44.5 hrs	La molina - Colegio
10	18/11/2019	5.0 hrs	49.5 hrs	Av El sol Chorrillos
11	19/11/2019	5.0 hrs	54.5 hrs	Av El sol Chorrillos
12	20/11/2019	5.0 hrs	59.5 hrs	Av El sol Chorrillos
13	21/11/2019	5.0 hrs	64.5 hrs	Av El sol Chorrillos
14	22/11/2019	5.0 hrs	69.5 hrs	Av El sol Chorrillos
15	23/11/2019	5.0 hrs	74.5 hrs	Av El sol Chorrillos
16	25/11/2019	5.0 hrs	79.5 hrs	Av El sol Chorrillos
17	26/11/2019	5.0 hrs	84.5 hrs	Av El sol Chorrillos
18	27/11/2019	.0 hrs	84.5 hrs	Alipio
19	28/11/2019	.0 hrs	84.5 hrs	Alipio
20	29/11/2019	.0 hrs	84.5 hrs	Alipio
Tiempo total de operación (Horas)			84.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo B trabajo 84.5 horas en 20 días operativos en el mes de noviembre del 2019.

Tabla 12. *Tiempo total de operación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 08	
FECHA: 01/11/2019 hasta 06/12/2019			MARCA: CASE SR220	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	01/11/2019	5.5 hrs	5.5 hrs	Roosevelt 6448 - Miraflores
2	11/11/2019	5.0 hrs	10.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
3	12/11/2019	2.0 hrs	12.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
4	13/11/2019	5.0 hrs	17.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
5	14/11/2019	6.5 hrs	24.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
6	15/11/2019	5.0 hrs	29.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
7	16/11/2019	5.0 hrs	34.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
8	18/11/2019	5.0 hrs	39.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
9	19/11/2019	5.5 hrs	44.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
10	20/11/2019	5.0 hrs	49.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
11	21/11/2019	5.0 hrs	54.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
12	22/11/2019	5.5 hrs	60.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
13	23/11/2019	.0 hrs	60.0 hrs	Calle san camilo 205-surco
14	25/11/2019	5.5 hrs	65.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
15	26/11/2019	5.0 hrs	70.5 hrs	Calle san camilo 205-surco
16	02/12/2019	5.0 hrs	75.5 hrs	Barranco
17	03/12/2019	5.0 hrs	80.5 hrs	Barranco
18	04/12/2019	5.0 hrs	85.5 hrs	Barranco
19	05/12/2019	5.0 hrs	90.5 hrs	Barranco
20	06/12/2019	5.0 hrs	95.5 hrs	Barranco
Tiempo total de operación (Horas)			95.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR220 (AMS-08) del grupo B trabajo 95.5 horas en 20 días operativos en el mes de noviembre del 2019.

Tabla 13. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINICARGADOR			CÓDIGO: AMS - 07	
FECHA: 31/10/2019 hasta 06/12/2019			MARCA: BOBCAT S250	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	31/10/2019	4.0 hrs	4.0 hrs	Nestor Gambetta 1265
2	01/11/2019	.0 hrs	4.0 hrs	Alipio - Taller
3	02/11/2019	4.0 hrs	8.0 hrs	Nestor Gambetta 1265
4	04/11/2019	4.5 hrs	12.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
5	05/11/2019	5.0 hrs	17.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
6	06/11/2019	5.0 hrs	22.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
7	07/11/2019	5.0 hrs	27.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
8	08/11/2019	5.0 hrs	32.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
9	09/11/2019	5.0 hrs	37.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
10	15/11/2019	4.0 hrs	41.5 hrs	Miraflores calle José Gálvez
11	21/11/2019	5.0 hrs	46.5 hrs	Av. Elmer Faucett 3452
12	22/11/2019	5.0 hrs	51.5 hrs	Av. Elmer Faucett 3452
13	23/11/2019	5.0 hrs	56.5 hrs	Av. Elmer Faucett 3453
14	25/11/2019	5.0 hrs	61.5 hrs	Av. Elmer Faucett 3454
15	26/11/2019	5.0 hrs	66.5 hrs	Av. Contralmirante Mora 590
16	27/11/2019	5.0 hrs	71.5 hrs	Av. Contralmirante Mora 590
17	28/11/2019	5.0 hrs	76.5 hrs	Av. Contralmirante Mora 591
18	29/11/2019	5.0 hrs	81.5 hrs	Av. Contralmirante Mora 592
19	05/12/2019	5.0 hrs	86.5 hrs	Movimiento de tierras Tecsur
20	06/12/2019	5.0 hrs	91.5 hrs	Movimiento de tierras Tecsur
Tiempo total de operación (Horas)			91.5 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo B trabajo 91.5 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 14. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Pre Test)

COMPORTAMIENTO DE HORAS DE TRABAJO (GRUPO B - PRE TEST)						
FECHA	AMS 09	AMS 08	AMS 07	TTO GRUPO B	N° MAQUINAS QUE TRABAJARON EN EL DÍA	PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS
	A	B	C	D=A+B+C	E	F=D/E
31/10/2019	-	-	4.0 hrs	4.0 hrs	1 MAQUINA	4.0 hrs
1/11/2019	-	5.5 hrs	0.0 hrs	5.5 hrs	2 MAQUINAS	2.8 hrs
2/11/2019	-	-	4.0 hrs	4.0 hrs	1 MAQUINA	4.0 hrs
4/11/2019	-	-	4.5 hrs	4.5 hrs	1 MAQUINA	4.5 hrs
5/11/2019	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
6/11/2019	4.5 hrs	-	5.0 hrs	9.5 hrs	2 MAQUINAS	4.8 hrs
7/11/2019	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
8/11/2019	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
9/11/2019	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
11/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
12/11/2019	5.0 hrs	2.0 hrs	-	7.0 hrs	2 MAQUINAS	3.5 hrs
13/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
14/11/2019	5.0 hrs	6.5 hrs	-	11.5 hrs	2 MAQUINAS	5.8 hrs
15/11/2019	-	5.0 hrs	4.0 hrs	9.0 hrs	2 MAQUINAS	4.5 hrs
16/11/2019	-	5.0 hrs	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
18/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
19/11/2019	5.0 hrs	5.5 hrs	-	10.5 hrs	2 MAQUINAS	5.3 hrs
20/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
21/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
22/11/2019	5.0 hrs	5.5 hrs	5.0 hrs	15.5 hrs	3 MAQUINAS	5.2 hrs
23/11/2019	5.0 hrs	0.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
25/11/2019	5.0 hrs	5.5 hrs	5.0 hrs	15.5 hrs	3 MAQUINAS	5.2 hrs
26/11/2019	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
27/11/2019	0.0 hrs	-	5.0 hrs	5.0 hrs	2 MAQUINAS	2.5 hrs
28/11/2019	0.0 hrs	-	5.0 hrs	5.0 hrs	2 MAQUINAS	2.5 hrs
29/11/2019	0.0 hrs	-	5.0 hrs	5.0 hrs	2 MAQUINAS	2.5 hrs
2/12/2019	-	5.0 hrs	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
3/12/2019	-	5.0 hrs	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
4/12/2019	-	5.0 hrs	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
5/12/2019	-	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
6/12/2019	-	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Pre Test) se sumó el total de horas trabajadas para cada día y se promedió según el número de mini cargadores que trabajo en el mismo día para determinar con mayor exactitud cómo afecta una falla al promedio. La tabla solo se usó para realizar la Figura 6 (no guarda relación directa con los resultado de los instrumentos).

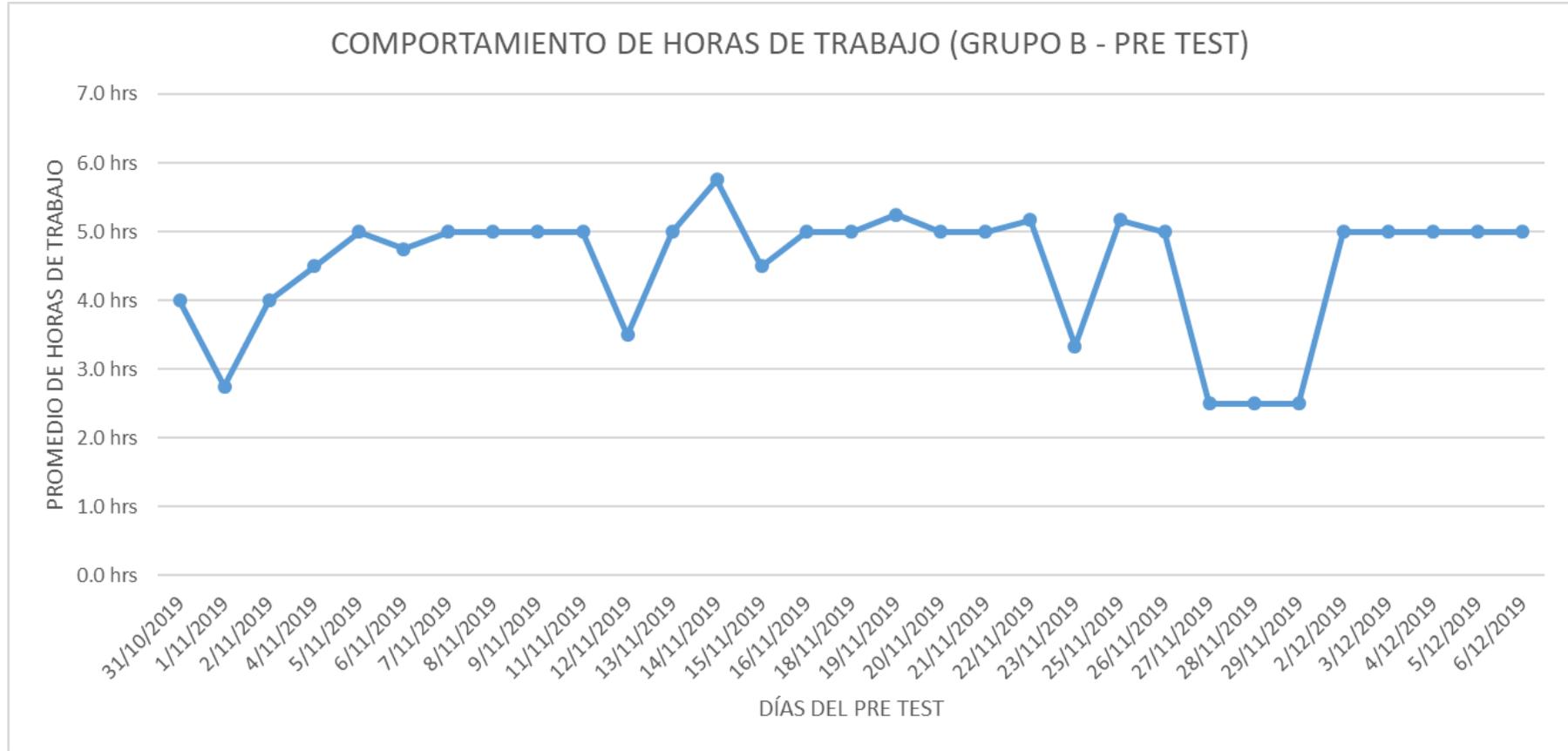


Figura 6. Comportamiento de las horas de trabajo (Grupo B – Pre Test).

En la Tabla 14 se muestra el promedio de tiempo total de operación TTO de los 3 mini cargadores del grupo B (Pre Test). Se evidencia la caída de horas promedias de trabajo en los días que ocurren las fallas imprevistas.

Las paradas de la maquinaria tienen una duración máxima de 8 horas al día, debido a que es la hora máxima que dura una jornada de trabajo del personal de mantenimiento en un día. Según la gravedad de una falla y otros factores, será necesario más tiempo de reparación. Se evidencia que el mini cargador AMS 10 es el que más horas de paradas presento (el más crítico), mientras que el AMS 08 presento la menor duración de paradas, teniendo un mejor desempeño y en total los 6 mini cargadores tuvieron 141 horas de paradas.

Tabla 15. Duración de paradas de las maquinas (Pre-Test)

DURACIÓN DE PARADAS DE LAS MAQUINAS									
DIAS	GRUPO A			GRUPO B			TOTAL GRUPO A	TOTAL GRUPO B	TOTAL
	AMS 10	AMS 05	AMS 06	AMS 09	AMS 08	AMS 07			
31/10/2019						4 hrs	0 hrs	4 hrs	4 hrs
1/11/2019		8 hrs				8 hrs	8 hrs	8 hrs	16 hrs
2/11/2019						4 hrs	0 hrs	4 hrs	4 hrs
4/11/2019						0.5 hrs	0 hrs	1 hrs	1 hrs
6/11/2019				0.5 hrs			0 hrs	1 hrs	1 hrs
7/11/2019			4 hrs				4 hrs	0 hrs	4 hrs
8/11/2019			8 hrs				8 hrs	0 hrs	8 hrs
9/11/2019			8 hrs				8 hrs	0 hrs	8 hrs
11/11/2019			4 hrs				4 hrs	0 hrs	4 hrs
12/11/2019					6 hrs		0 hrs	6 hrs	6 hrs
14/11/2019		6 hrs					6 hrs	0 hrs	6 hrs
15/11/2019		8 hrs				4 hrs	8 hrs	4 hrs	12 hrs
23/11/2019	4 hrs				8 hrs		4 hrs	8 hrs	12 hrs
25/11/2019	8 hrs						8 hrs	0 hrs	8 hrs
26/11/2019	8 hrs						8 hrs	0 hrs	8 hrs
27/11/2019	8 hrs			8 hrs			8 hrs	8 hrs	16 hrs
28/11/2019	8 hrs			8 hrs			8 hrs	8 hrs	16 hrs
29/11/2019				8 hrs			0 hrs	8 hrs	8 hrs
TOTAL	36 hrs	22 hrs	24 hrs	24.5 hrs	14 hrs	20.5 hrs	82 hrs	59 hrs	141 hrs

Fuente: elaboración propia con información de la empresa Arango Maquinarias S.A.C.

Cantidad de fallas (F) – Ítem de la dimensión de confiabilidad y mantenibilidad

En la ficha de reporte de fallas se detalla la fecha, descripción y duración desde que ocurren hasta que son reparadas las fallas en los mini cargadores del grupo experimental A y el grupo control B ocurridos en 20 días operativos del periodo de noviembre del 2019. El número de fallas permitirá calcular los indicadores de tiempo promedio entre fallas TPEF y el tiempo promedio de reparación TPDR.

Tabla 16. Reporte de fallas del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 06/11/2019 hasta 28/11/2019		MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
23/11/2019 hasta el 28/11/2019	Pérdida de fuerza	Motor	36 hrs
TOTAL			36 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo A presento una parada imprevista que duro 36 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 17. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 05	
FECHA: 31/10/2019 hasta 27/11/2019		MARCA: BOBCAT 873	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
01/11/2019	Saturación de filtro de aceite de motor	Filtros	8 hrs
14/11/2019 hasta el 15/11/2019	Pérdida de fuerza	Motor	14 hrs
TOTAL			22 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo A presento dos paradas imprevistas que duraron 22 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 18. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 06	
FECHA: 04/11/2019 hasta 02/12/2019		MARCA: BOBCAT 863	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
07/11/2019 hasta el 11/11/2019	La máquina esta lenta	Bomba hidráulica	24 hrs
TOTAL			24 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo A presento una parada imprevista que duro 24 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 19. Reporte de fallas del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 09	
FECHA: 05/11/2019 hasta 29/11/2019		MARCA: JOHN DEERE 320D	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
06/11/2019	Se pinchó una llanta	Llanta	0.5 hrs
27/11/2019 hasta el 29/11/2019	La máquina esta lenta	Bomba hidráulica	24 hrs
TOTAL			24.5 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo B presento dos paradas imprevistas que duraron 24.5 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 20. Reporte de fallas del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 08	
FECHA: 01/11/2019 hasta 06/12/2019		MARCA: CASE SR220	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
12/11/2019	Se rompió una manguera	Manguera hidráulica	6 hrs
23/11/2019	Se saturó el filtro de aceite de motor	Filtro	8 hrs
TOTAL			14 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR200 (AMS-08) del grupo B presentó dos paradas imprevistas que duraron 14 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 21. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 07	
FECHA: 31/10/2019 hasta 06/12/2019		MARCA: BOBCAT S250	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
31/10/2019 hasta el 02/11/2019	La máquina no arranca	Arrancador	16 hrs
04/11/2019	Se pinchó una llanta	Llanta	0.5 hrs
15/11/2019	El motor se apaga	Filtro de petróleo	4 hrs
TOTAL			20.5 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo B presentó tres paradas imprevistas que duraron 20.5 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tiempo total de reparación (TTR) – Ítem de la dimensión de mantenibilidad

El tiempo total de reparación (TTR) es el número de horas transcurrido desde que inicia la reparación del equipo hasta que vuelve a estar operativa y se debe registrar para el grupo experimental A y el grupo control B. El tiempo total de reparación TTR, permitirá calcular el indicador de tiempo promedio de reparación TPDR.

Tabla 22. *Tiempo total de reparación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 06/11/2019 hasta 28/11/2019			MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT			PÁGINA 1 DE 1	
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Pérdida de fuerza	23/11/2019 Hasta el 28/11/2019	Se cambió el empaque y limpio lo inyectores	Motor	33 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				33 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo A presentó una falla imprevista y el tiempo que tardo la reparación fue 33 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 23. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A)

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 05	
FECHA: 31/10/2019 hasta 27/11/2019			MARCA: BOBCAT 873	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT			PÁGINA 1 DE 1	
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Saturación de filtros	01/11/2019	Se compró y cambió filtro de A. motor	Filtros	6 hrs
Pérdida de fuerza	14/11/2019 hasta el 15/11/2019	Se revisó bomba de transferencia	Motor	12 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				18 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo A presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 18 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 24. *Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR				CÓDIGO: AMS - 06
FECHA: 04/11/2019 hasta 02/12/2019				MARCA: BOBCAT 863
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
La máquina esta lenta	07/11/2019 hasta el 11/11/2019	Se midió el aceite de las cadenas, y revisión del motor hidrostático	Motor hidrostático	22 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				22 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo A presento una falla imprevista y el tiempo que tardo la reparación fue 22 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 25. *Tiempo total de reparación del mini cargador JOHN DEERE - AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 09	
FECHA: 05/11/2019 hasta 29/11/2019			MARCA: JOHN DEERE 320D	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT			PÁGINA 1 DE 1	
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Se pinchó una llanta	06/11/2019	Se cambió y se puso la de repuesto	Llanta	0.5 hrs
La máquina esta lenta	27/11/2019 Hasta el 29/11/2019	Se midió la presión de la bomba y sus cañerías	Bomba hidráulica	20 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				20.5 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo B presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 20.5 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 26. *Tiempo total reparación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR				CÓDIGO: AMS - 08
FECHA: 01/11/2019 hasta 06/12/2019				MARCA: CASE SR220
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Se rompió una manguera	12/11/2019	Se compró una nueva y se reemplazo	Manguera hidráulica	4 hrs
Se saturó el filtro de aceite de motor	23/11/2019	Se compró y cambio el filtro de aceite	Filtros de aceite	6 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				10 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR220 (AMS-08) del grupo B presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 10 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 27. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B)

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR				CÓDIGO: AMS - 07
FECHA: 31/10/2019 hasta 06/12/2019				MARCA: BOBCAT S250
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
La máquina no arranca	31/10/2019 hasta el 02/11/2019	Se llevó el arrancador a reparar	Arrancador	14 hrs
Se pinchó una llanta	04/11/2019	Se cambió la llanta por la de repuesto	Llanta	0.5 hrs
El motor se apaga	15/11/2019	Se compró un nuevo filtro y se cambio	Filtro de petróleo	3 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				17.5 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo B presento tres fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 17.5 horas en 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Resultado de disponibilidad (PRE-TEST)

Los valores obtenidos del tiempo total de operación (TTO), el tiempo total de reparación (TTR) y el número de fallas (F) se ordenaron en la siguiente tabla donde se aplica las fórmulas de la teoría, hallando los siguientes porcentajes de disponibilidad.

Tabla 28. Resumen de disponibilidad del Grupo experimental A (PRE TEST)

	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	CONFIABILIDAD - TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	MANTENIBILIDAD - TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
			A	B	C	$D = B / A$	$E = C / A$	$F = D / (D+E)$
GRUPO A	MINI CARGADOR	AMS - 10	1	82.5 hrs	33 hrs	82.5 hrs	33 hrs	71.43%
	MINI CARGADOR	AMS - 05	2	88.5 hrs	18 hrs	44.25 hrs	9 hrs	83.10%
	MINI CARGADOR	AMS - 06	1	93.5 hrs	22 hrs	93.5 hrs	22 hrs	80.95%
PROMEDIO								78.49%

Fuente: elaboración propia

En el Pre – Test se determinó que la disponibilidad para el grupo experimental A conformado por tres mini cargadores es de 78.49% durante 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Tabla 29. Resumen de disponibilidad del Grupo de control B (PRE TEST)

	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	CONFIABILIDAD - TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	MANTENIBILIDAD - TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
			A	B	C	$D = B / A$	$E = C / A$	$F = D / (D+E)$
GRUPO B	MINI CARGADOR	AMS - 09	2	84.5 hrs	20.5 hrs	42.25 hrs	10.25 hrs	80.48%
	MINI CARGADOR	AMS - 08	2	95.5 hrs	10 hrs	47.75 hrs	5 hrs	90.52%
	MINI CARGADOR	AMS - 07	3	91.5 hrs	17.5 hrs	30.50 hrs	5.83 hrs	83.94%
PROMEDIO								84.98%

Fuente: elaboración propia.

En el Pre – Test se determinó que la disponibilidad para el grupo control B conformado por tres mini cargadores es de 84.98% durante 20 días operativos entre noviembre del 2019.

Ingresos y perdidas de los mini cargadores (Pre Test)

Para hallar los ingresos y perdidas es necesario usar los datos de tiempo total de operación (Tabla 7 a Tabla 13) y la duración de paradas (Tabla 16 a Tabla 21), el costo de hora varía debido a que la tarifa es consecuente de factores como la distancia, el tipo de trabajo, entre otros factores internos.

Tabla 30. Ingreso y perdida del mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (PRE TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C	B x C
1/11/2019	No hubo trabajo				
2/11/2019	No hubo trabajo				
3/11/2019	DESCANSO				
4/11/2019	No hubo trabajo				
5/11/2019	No hubo trabajo				
6/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00	S/ -
7/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00	S/ -
8/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00	S/ -
9/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00	S/ -
10/11/2019	DESCANSO				
11/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
12/11/2019	6.5 hrs		S/ 90.00	S/ 585.00	S/ -
13/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
14/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
15/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
16/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	
17/11/2019	DESCANSO				
18/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
19/11/2019	5.5 hrs		S/ 90.00	S/ 495.00	S/ -
20/11/2019	5.5 hrs		S/ 90.00	S/ 495.00	S/ -
21/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
22/11/2019	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -
23/11/2019	4 hrs	1 hrs	S/ 90.00	S/ 360.00	S/ 90.00
24/11/2019	DESCANSO				
25/11/2019		5 hrs	S/ 90.00	S/ -	S/ 450.00
26/11/2019		5 hrs	S/ 90.00	S/ -	S/ 450.00
27/11/2019		5 hrs	S/ 90.00	S/ -	S/ 450.00
28/11/2019		5 hrs	S/ 90.00	S/ -	S/ 450.00
29/11/2019	No hubo trabajo				
30/11/2019	No hubo trabajo				
			TOTAL	S/ 7,625.00	S/ 1,890.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (PRE TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C	B x C
31/10/2019	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
1/11/2019		5 hrs	S/ 80.00	S/ -	S/ 400.00
2/11/2019	No hubo trabajo				
3/11/2019	DESCANSO				
4/11/2019	No hubo trabajo				
5/11/2019	No hubo trabajo				
6/11/2019	No hubo trabajo				
7/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
8/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
9/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
10/11/2019	DESCANSO				
11/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
12/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
13/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
14/11/2019	2 hrs	3 hrs	S/ 95.00	S/ 190.00	S/ 285.00
15/11/2019		5 hrs	S/ 95.00	S/ -	S/ 475.00
16/11/2019	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -
17/11/2019	DESCANSO				
18/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
19/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
20/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
21/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
22/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
23/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
24/11/2019	DESCANSO				
25/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
26/11/2019	6.5 hrs		S/ 90.00	S/ 585.00	S/ -
27/11/2019	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -
28/11/2019	No hubo trabajo				
29/11/2019	No hubo trabajo				
30/11/2019	No hubo trabajo				
TOTAL				S/ 8,100.00	S/ 1,160.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (PRE TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)		INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS	
	A	B	C		A x C		B x C	
2/11/2019	No hubo trabajo							
3/11/2019	DESCANSO							
4/11/2019	5 hrs		S/	80.00	S/	400.00	S/	-
5/11/2019	6.5 hrs		S/	80.00	S/	520.00	S/	-
6/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
7/11/2019	4 hrs	1 hrs	S/	90.00	S/	360.00	S/	90.00
8/11/2019		5 hrs	S/	90.00	S/	-	S/	450.00
9/11/2019		5 hrs	S/	90.00	S/	-	S/	450.00
10/11/2019	DESCANSO							
11/11/2019	4 hrs	1 hrs	S/	90.00	S/	360.00	S/	90.00
12/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
13/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
14/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
15/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
16/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00		
17/11/2019	DESCANSO							
18/11/2019	5.5 hrs		S/	90.00	S/	495.00	S/	-
19/11/2019	7 hrs		S/	90.00	S/	630.00	S/	-
20/11/2019	No hubo trabajo							
21/11/2019	No hubo trabajo							
22/11/2019	No hubo trabajo							
23/11/2019	No hubo trabajo							
24/11/2019	DESCANSO							
25/11/2019	6.5 hrs		S/	85.00	S/	552.50	S/	-
26/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-
27/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-
28/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-
29/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-
30/11/2019	No hubo trabajo							
1/12/2019	No hubo trabajo							
2/12/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-
			TOTAL		S/	8,167.50	S/	1,080.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. Ingreso y pérdida del mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09 (PRE TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C		B x C
1/11/2019	No hubo trabajo					
2/11/2019	No hubo trabajo					
3/11/2019	DESCANSO					
4/11/2019	No hubo trabajo					
5/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
6/11/2019	4.5 hrs	0.5 hrs	S/ 100.00	S/ 450.00		S/ 50.00
7/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
8/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
9/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
10/11/2019	DESCANSO					
11/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
12/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
13/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
14/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
15/11/2019	No hubo trabajo					
16/11/2019	No hubo trabajo					
17/11/2019	DESCANSO					
18/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
19/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
20/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
21/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
22/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
23/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
24/11/2019	DESCANSO					
25/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
26/11/2019	5 hrs		S/ 100.00	S/ 500.00		S/ -
27/11/2019		5 hrs	S/ 100.00	S/ -		S/ 500.00
28/11/2019		5 hrs	S/ 100.00	S/ -		S/ 500.00
29/11/2019		5 hrs	S/ 100.00	S/ -		S/ 500.00
30/11/2019	No hubo trabajo					
TOTAL				S/ 8,450.00		S/ 1,550.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Ingreso y pérdida del mini cargador CASE SR 220 – AMS 08 (PRE TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C	B x C
1/11/2019	5.5 hrs		S/ 80.00	S/ 440.00	S/ -
2/11/2019	No hubo trabajo				
3/11/2019	DESCANSO				
4/11/2019	No hubo trabajo				
5/11/2019	No hubo trabajo				
6/11/2019	No hubo trabajo				
7/11/2019	No hubo trabajo				
8/11/2019	No hubo trabajo				
9/11/2019	No hubo trabajo				
10/11/2019	DESCANSO				
11/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
12/11/2019	2.0 hrs	3 hrs	S/ 80.00	S/ 160.00	S/ 240.00
13/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
14/11/2019	6.5 hrs		S/ 80.00	S/ 520.00	S/ -
15/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
16/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
17/11/2019	DESCANSO				
18/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
19/11/2019	5.5 hrs		S/ 80.00	S/ 440.00	S/ -
20/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
21/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
22/11/2019	5.5 hrs		S/ 80.00	S/ 440.00	S/ -
23/11/2019		5 hrs	S/ 80.00	S/ -	S/ 400.00
24/11/2019	DESCANSO				
25/11/2019	5.5 hrs		S/ 80.00	S/ 440.00	S/ -
26/11/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
27/11/2019	No hubo trabajo				
28/11/2019	No hubo trabajo				
29/11/2019	No hubo trabajo				
30/11/2019	No hubo trabajo				
1/12/2019	No hubo trabajo				
2/12/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
3/12/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
4/12/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
5/12/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
6/12/2019	5.0 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00	S/ -
			TOTAL	S/ 7,640.00	S/ 640.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. Ingreso y perdida del mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07 (PRE TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)		INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS		
	A	B	C		A x C		B x C		
31/10/2019	4 hrs	1 hrs	S/	100.00	S/	400.00	S/	100.00	
1/11/2019		5 hrs	S/	100.00	S/	-	S/	500.00	
2/11/2019	4 hrs	1 hrs	S/	100.00	S/	400.00	S/	100.00	
3/11/2019	DESCANSO								
4/11/2019	4.5 hrs	0.5 hrs	S/	100.00	S/	450.00	S/	50.00	
5/11/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
6/11/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
7/11/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
8/11/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
9/11/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
10/11/2019	DESCANSO								
11/11/2019	No hubo trabajo								
12/11/2019	No hubo trabajo								
13/11/2019	No hubo trabajo								
14/11/2019	No hubo trabajo								
15/11/2019	4 hrs	1 hrs	S/	100.00	S/	400.00	S/	100.00	
16/11/2019	No hubo trabajo								
17/11/2019	DESCANSO								
18/11/2019	No hubo trabajo								
19/11/2019	No hubo trabajo								
20/11/2019	No hubo trabajo								
21/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-	
22/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-	
23/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-	
24/11/2019	DESCANSO								
25/11/2019	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/	-	
26/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-	
27/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-	
28/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-	
29/11/2019	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/	-	
30/11/2019	No hubo trabajo								
1/12/2019	No hubo trabajo								
2/12/2019	No hubo trabajo								
3/12/2019	No hubo trabajo								
4/12/2019	No hubo trabajo								
5/12/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
6/12/2019	5 hrs		S/	100.00	S/	500.00	S/	-	
					TOTAL	S/ 8,650.00	S/ 850.00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 36. Ingreso y pérdida total de los mini cargadores del grupo experimental A (PRE TEST)

MINICARGADOR	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS
CATERPILLAR 252B – AMS 10	S/ 7,625.00	S/ 1,890.00
BOBCAT 873 – AMS 05	S/ 8,100.00	S/ 1,080.00
BOBCAT 863 – AMS 06	S/ 8,167.50	S/ 1,160.00
TOTAL	S/ 23,892.50	S/ 4,130.00

Fuente: elaboración propia.

En 20 días operativos entre el mes de noviembre del 2019 la empresa Arango Maquinaria SAC generó ingresos de S/ 23,892.50 y perdió ingresos a causa de las horas de parada por S/. 4,130.00 con los mini cargadores del grupo A.

Tabla 37. Ingreso y pérdida total de los mini cargadores del grupo control B (PRE TEST)

MINICARGADOR	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	S/ 8,450.00	S/ 1,550.00
CASE SR 220 – AMS 08	S/ 7,640.00	S/ 640.00
BOBCAT S250 – AMS 07	S/ 8,650.00	S/ 850.00
TOTAL	S/ 24,740.00	S/ 3,040.00

Fuente: elaboración propia.

En 20 días operativos entre el noviembre del 2019 la empresa Arango Maquinaria SAC generó ingresos de S/ 24,740.00 y perdió ingresos a causa de las horas de parada por S/. 3,040.00 con los mini cargadores del grupo B.

Análisis de las causas

1. Causa: Paradas de máquina no previstas

Las paradas no previstas son situaciones donde la maquina pueda fallar u ocurrir un desperfecto cuando uno menos se lo espera, esto toma de sorpresa al equipo de mantenimiento, puesto que es una actividad sin precedentes y la atención debe ser inmediata, en el peor de los casos, esta puede suceder cuando el equipo se encuentra realizando otras operaciones en ese momento y se tienen que postergar o terminar la actividad para auxiliar a la maquinaria.

Tabla 38. *Tiempo promedio entre fallas de la maquinaria*

MÁQUINA	CÓDIGO	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)
MINICARGADOR	AMS - 10	82.5 hrs
	AMS - 05	44.25 hrs
	AMS - 06	93.5 hrs
	AMS - 09	42.5 hrs
	AMS - 08	47.75 hrs
	AMS - 07	30.50 hrs

Fuente: elaboración propia.

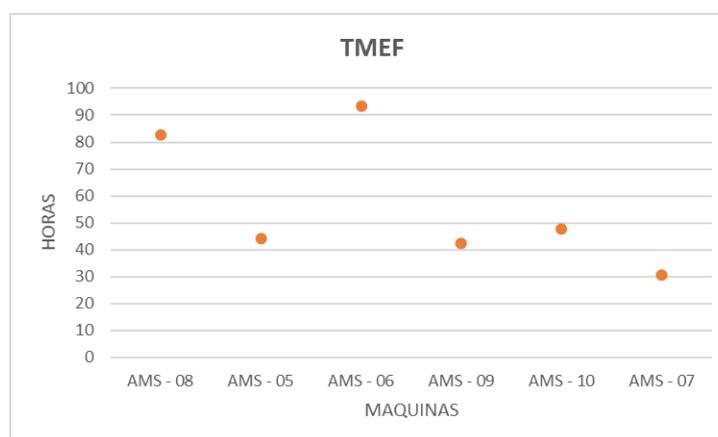


Figura 7. Diagrama de dispersión del tiempo promedio entre fallas de la maquinaria.

Como se puede ver en el gráfico de dispersión, existe una correlación nula. Ello demuestra que las maquinas tienen fallas no previstas y por lo tanto deben ser auxiliadas cuando uno menos se lo espera. No hay un TMEF definido para prevenir o evitar futuras fallas.

2. Causa: Tiempo excesivo de atención a las fallas

Se identificó que existe un tiempo promedio de 3.33 horas en atender la falla, es decir que la maquina se encuentra sin ser atendida por el equipo de mantenimiento, esto representa el 41.67% del tiempo que dura una jornada de ocho horas de trabajo de la maquinaria.

Tabla 39. *Tiempo promedio de atención de la falla de la máquina*

MAQUINA	CODIGO	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	TIEMPO INOPERATIVO (HORAS)	TIEMPO SIN ASISTENCIA (HORAS)	TIEMPO SIN ASISTENCIA (%)
MINI CARGADOR	AMS - 10	33.00 hrs	36.00 hrs	3.00 hrs	8.33%
	AMS - 05	18.00 hrs	22.00 hrs	4.00 hrs	18.18%
	AMS - 06	22.00 hrs	24.00 hrs	2.00 hrs	8.33%
	AMS - 09	20.50 hrs	24.50 hrs	4.00 hrs	16.33%
	AMS - 08	10.00 hrs	14.00 hrs	4.00 hrs	28.57%
	AMS - 07	17.50 hrs	20.50 hrs	3.00 hrs	14.63%
PROMEDIO				3.33 hrs	15.73%

Fuente: elaboración propia.

Esto se debe a factores como la distancia que hay entre la maquinaria y el local. Otro factor a considerar es la unidad de transporte de la empresa, la indisponibilidad de la unidad para el traslado del personal y herramientas del jefe de mantenimiento o auxiliar mecánico, puede retrasar su atención. Como se aprecia son 3.33 horas que toma en promedio por falla para poder auxiliarla, o un 15.73% del tiempo que dura la parada de máquina, es tiempo de espera.

3. Causa: Planificación inadecuada de reparación

En base a lo dialogado con personal de la empresa, se pudo reconocer que efectivamente existe un método de reparación, pero que está basada en la actuación de acuerdo a lo observado, es decir que no hay un procedimiento o una revisión general para identificar otros futuros fallos, solo se enfocan en solucionar la falla con el objetivo de que la maquina vuelva a estar operativa. Esto conlleva a que en un futuro no muy lejano la maquina falle de nuevo y que este no tenga relación directa con la falla presentada en un inicio. Además, se observa que los operarios de la maquinaria, no dan la suficiente información o no la presentan de manera clara, retrasando al equipo de mantenimiento.

4. Causa: Mantenimientos correctivos

Los mantenimientos correctivos suceden cuando ocurre una falla y esta se trata de solucionar al momento, ya sea cambiando la pieza o reparándola. Este tipo de mantenimiento no es el adecuado para la vida útil del equipo en cuestión, puesto que se espera que este falle para poder reaccionar, es decir la maquinaria dejó de estar operativa y se repara para que lo vuelva a estar. Esto compromete a la maquinaria a presentar otras fallas como consecuencia de la primera, no necesariamente como relación directa.

Tabla 40. *Mantenimientos correctivos de la maquinaria*

MAQUINA	CODIGO	MANT. CORRECTIVO
MINICARGADOR	AMS - 10	Limpieza de inyectores en taller
	AMS - 05	Compra y cambio de filtro
	AMS - 08	Compra y cambio de manguera
	AMS - 07	Compra y cambio de filtro de petróleo
	AMS - 07	Reparación del arrancador

Fuente: elaboración propia.

5. Causa: No hay stock de repuestos

Esta causa es evidente puesto que los mecánicos normalmente tienen que ir a comprar la pieza, esto conlleva una suma de tiempos que aumentan las horas de parada. Como sería el tiempo de transporte de un punto a otro, la búsqueda del repuesto, la espera de su reparación entre otros. De las 10 actividades realizadas durante el mes de noviembre el **30%** de ellas son básicamente la adquisición del repuesto faltante.

Tabla 41. *Mantenimientos correctivos de la maquinaria*

CODIGO	ACTIVIDAD
AMS - 10	Limpieza de inyectores en taller
AMS - 05	Compra y cambio de filtro
AMS - 08	Compra y cambio de manguera
AMS - 07	Compra y cambio de filtro de petróleo
AMS - 07	Reparación del arrancador

Fuente: elaboración propia.



Figura 8. Porcentaje de actividades de adquisición en noviembre.

Causa: Área no acondicionada con equipo técnico

El no tener todo el equipo necesario para atender la falla, normalmente lleva al encargado a tercerizar el trabajo de reparación, esto significa que se debe acondicionar al tiempo de espera que otorga el tercero, y forma parte del tiempo de parada de la máquina. Como fue el caso de la reparación de un alternador donde se tuvo que esperar de un día para otro, tiempo presentado por el tercero, el cual fue equivalente al casi 58% del tiempo total que duro la reparación.

6. Causa: Personal no calificado

Los operadores de los mini cargadores, en su mayoría llegaron al puesto debido a la gran experiencia que llevan ocupando ese oficio, como la mayoría de operadores primero trabajan siendo operarios y luego tramitan sus papeles de estudio técnico lo cual no sucede en la empresa. Según lo observado en sus hojas de vida, no cuentan con el estudio de técnico operador y menos de conocimiento en mecánica, esto es un factor clave puesto que unos operadores en su malla de instrucción llevan cursos de mantenimiento de equipos y charlas de capacitación para su reforzamiento. Este factor de la falta de capacidad técnica para poder realizar el debido mantenimiento a los equipos, significa que no sabe cómo actuar ante signos de inestabilidad del mini cargador y/o posibles señales de una avería. A esto se suma la causa de la pobre formación del equipo de mantenimiento, vemos que hay 01 jefe de mantenimiento, 01 auxiliar mecánico y 01 ayudante mecánico/operador, ellos son el equipo encargado de la mantenibilidad de la maquinaria. En la flota de mini cargadores, se entiende que hay 01 encargado por cada 02 mini cargadores, por lo que la atención es solo del 50% por maquinaria. Cabe resaltar que tanto el auxiliar mecánico como el operador de maquinaria, están bajo el mando del jefe de mantenimiento, o sea que ante alguna reparación primero reciben instrucciones,

esto aumenta el tiempo de reparación puesto que el jefe de mantenimiento es quien debe dar su diagnóstico primero para luego ejecutar las acciones. Como se observa hay una deficiencia de personal encargado del mantenimiento.

Tabla 42. *Relación entre cantidad de mini cargadores y mecánico*

# MECÁNICO	MÁQUINA	ATENCIÓN POR MÁQUINA
# 01	MINI CARGADOR	50%
	MINI CARGADOR	50%
# 02	MINI CARGADOR	50%
	MINI CARGADOR	50%
# 03	MINI CARGADOR	50%
	MINI CARGADOR	50%

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de la mejora

Tras la recolección de datos y el Pre test, se logró identificar las fallas que ocurrieron en el mes de noviembre, las cuales han perjudicado las jornadas de trabajo de la empresa, por una salida de emergencia para su mantenimiento correctivo. Esto significó una disminución de los ingresos por el tiempo en que la maquina estaba indispuesta, además del costo de los repuestos utilizados y mano de obra empleada. Por ello surge esta propuesta de mejora, para dar una solución a las causas principales y prevenir las fallas, de esta manera se busca reducir el tiempo de reparación como el costo que este ocasiona a la empresa.

Alternativas de solución a las causas

1. Causa: Paradas de máquina no previstas

Se ordenó realizarse una inspección visual del equipo cada fin de semana por parte del operador de la maquinaria luego de finalizar el trabajo, además debe informar al equipo de mantenimiento si detectó alguna anomalía, como por ejemplo una pérdida de fuerza en una actividad realizada durante la jornada, o si por lo contrario el equipo se desempeña satisfactoriamente. Como experiencia del operador y su familiaridad que tiene con la máquina, es la persona indicada para exponer algún desperfecto en su operatividad. Con esto se busca adelantarse ante alguna posible falla, además que se genera algún tipo de antecedente a la falla.

2. Causa: Tiempo excesivo de atención a las fallas

La unidad de movilidad que tiene la empresa debe ser de uso exclusivo para el auxilio mecánico, por ende, fue acondicionada para tal uso, como sería el contener una caja de herramientas provisionada de elementos necesarios y básicos para un auxilio mecánico, así como galones de combustible, aceite hidráulico y de motor, para que, ante una pérdida excesiva del fluido en el mini cargador, este pueda ser reabastecido de inmediato. La movilidad debe tener todos los papeles en regla para evitar contratiempos, además de estar siempre disponible, por eso la unidad se usará solo como auxilio mecánico. Esto solucionaría en gran medida el tiempo que conlleva atender la maquinaria, pero si la maquinaria se encontrase en provincia o fuera de lima, se recomienda considerar la posibilidad de contratar con anticipación los servicios mecánicos de un tercero que cuente con el equipo técnico y capital humano ideal, de preferencia de la misma localidad donde se vaya a ejecutar la obra, de esta manera se tendría un respaldo ante cualquier eventualidad además de que el tiempo de atención a las fallas sería mucho menor que si se acudiera desde la base central de la empresa.

3. Causa: Planificación inadecuada de reparación

Como parte de la capacitación se indicó que cuando se realice una reparación se debe primero levantar declaraciones por parte del operador, donde explique de manera detallada como es que sucedió la falla, de esta manera el equipo de mantenimiento podrá saber con más de certeza por dónde empezar a revisar la falla, reduciendo el tiempo de identificación de estas. Además, se debe inspeccionar los elementos que puedan tener relación directa con la falla, para evitar otras como consecuencia de la primera. Adicional a ello, se indicó que se debe realizar una inspección rutinaria de todos los elementos del mini cargador, al finalizar se debe presentar un resumen de la actividad, para poder tener una base de datos histórica de las fallas ocurridas, esto con la intención de poder identificar cuáles son aquellas fallas más recurrentes y por ende las que se deben prevenir.

4. Causa: Mantenimientos correctivos

Los mantenimientos correctivos deben realizarse la menor cantidad de veces posible, por eso se presenta diferentes métodos y un plan de mantenimiento

preventivo para que la falla sea evitada y no reparada cuando esta se presente. Este plan de mantenimiento no es de uso único, está diseñado para tener una continuidad indefinida, porque tras cada mantenimiento se indica cuando será la próxima.

5. Causa: No hay stock de repuestos

Se sabe que tener un área del almacén exclusivo para los repuestos de cada máquina, es la mejor opción puesto que se ahorra el tiempo perdido en comprarlo, como serían los filtros. Por ello se asignó un área específica del almacén para tal uso, pero además se debe considerar los elementos que más fallan y que toman más tiempo repararlos, como serían las mangueras hidráulicas, conexiones y otros.

6. Causa: Área no acondicionada con equipo técnico

Esta causa se debe ver desde el punto de vista económico, el costo que conlleva solicitar los servicios de otra persona y el costo que tendría que desembolsar la empresa para acondicionar el área del taller. Se debe evaluar cuál es lo más conveniente para la empresa. Como antecedentes se sabe que las mangueras son las más propensas a dañarse y también se sabe que son las que más tiempo toman, porque se debe mandar a preparar otra nueva con las características de la dañada, para ello se debe realizar trabajos que toman tiempo, y a este tiempo se le suma el tiempo de espera y la distancia de las tiendas que hacen esta actividad de venta de mangueras hidráulicas.

7. Causa: Personal no capacitado

Para poder suplir la incapacidad técnica de los operadores ante circunstancias de averías o fallas, se optó por realizar una capacitación interna dirigida a los operadores, esta capacitación se realizó en conjunto con el jefe de mantenimiento el cual es un profesional con años de experiencia y trayectoria. Con su apoyo se pudo realizar una capacitación directa y concisa de lo que un operador de maquinaria debe de conocer y se realizó un temario donde se tocaron puntos importantes. Pero la capacitación no acaba en una media jornada de charla, esta actividad debe de realizarse de forma permanente, tomando como casos las fallas que se presente en adelante, se archivarán los expedientes correspondientes a las fallas en un archivador y se podrá llevar un mejor registro. Cada falla fue tomada

como ejemplo para reforzar lo aprendido, fomentando el trabajo en equipo y creando un ambiente de compañerismo en la empresa.

Inversión para aplicar la metodología AMFE

Para aplicar de la metodología AMFE se realizó una inversión de gastos tangibles valorizados por S/. 4,205.25 como se detalla en el Anexo 34 y se realizó una inversión de gastos intangibles valorizados por S/. 13,080.00 como se detalla en el Anexo 39. Por último, se consideró un 5% de gastos imprevistos ya que es un proyecto pequeño.

Tabla 43. *Inversión para aplicar la metodología AMFE*

	MONTO TOTAL NECESARIO PARA APLICAR LA METODOLOGÍA AMFE EN LA EMPRESA ARANGO MAQUINARÍA S.A.C.
INVERSIÓN TANGIBLE	S/. 4,205.25
INVERSIÓN INTANGIBLE	S/. 13,048.75
IMPREVISTOS (5%)	S/. 862.70
INVERSIÓN TOTAL	S/. 18,116.70

Fuente: elaboración propia.

Tabla 44. Cronograma de ejecución del proyecto y su desarrollo

N°	ACTIVIDADES	MESES DE DESARROLLO DE TESIS																																	
		PROYECTO DE INVESTIGACIÓN																RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN																	
		Abr-20				May-20				Jun-20				Jul-20				Ago-20				Set-20				Oct-20				Nov-20				Dic-20	
S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4						
1	1. Coordinar para el inicio de la investigación	■																																	
2	2. Análisis de la investigación	■																																	
3	3. Busqueda de antecedentes		■																																
4	4. Formulación de las variables			■																															
5	5. Formulación de la realidad problemática				■																														
6	6. Formulación del problema, hipótesis, justificación y objetivo					■																													
7	7. Elaboración del marco teorico						■																												
8	8. Elaboración de matriz de operacionalización							■																											
9	9. Elaboración del diseño metodologico								■																										
10	10. Revisión y validación del instrumento									■																									
11	11. Redacción del informe										■																								
12	12. Sustentación del proyecto de investigación											■																							
13	3. Recoger y procesar datos del Pre Test																																		
14	14. Recolección y procesamiento de datos del Pre Test (Noviembre del 2019)																																		
15	15. Presentación de la propuesta de mejora																																		
16	16. Alternativas de solución																																		
17	17. Presupuesto economico																																		
18	18. Aplicación de la herramienta																																		
19	19. Aplicación de metodología AMFE																																		
20	20. Capacitación a los operarios																																		
21	21. Comprar repuestos e insumos																																		
22	22. Contratar y llamar a tecnico electricista																																		
23	23. Implementar las acciones preventivas																																		
24	4. Recoger y procesar datos del Post Test																																		
25	25. Recolección y procesamiento de datos del Post Test (segunda semana de setiembre a primera semana de octubre)																																		
26	5. Costo de aplicación de la metodología AMFE																																		
27	27. Costo de aplicación del plan																																		
28	6. Analisis economico y financiero																																		
29	29. Analisis del costo VAN y TIR																																		
30	7. Resultados de la investigación																																		
31	31. Analisis estadístico descriptivo																																		
32	32. Analisis estadístico inferencial																																		
33	8. Resultados en SPSS y discusión																																		
34	34. Recolección de datos, procesos y analisis de los resultados obtenidos																																		
35	35. Preparación de la discusión de resultados																																		
36	9. Ultima etapa de correcciones																																		
37	37. Conclusiones																																		
38	38. Recomendaciones																																		
39	39. Ultimas correcciones y levantamiento de observaciones																																		
40	10. Presentación y sustentación de la investigación																																		
41	41. Sustentación final de la tesis																																		

Fuente: elaboración propia.

Aplicación de la propuesta

Para dar inicio a la aplicación de la propuesta de mejora para resolver el problema de la disponibilidad, primero se reunió con el gerente general de Arango Maquinarias S.A.C. para explicar de forma detallada y dar a entender la importancia de realizar mejoras en la empresa con respecto a las fallas presentadas en la maquinaria, para ello se le hizo presente los resultados obtenidos en el pre test, basada únicamente en la información recolectada de su base de datos con los instrumentos. Demostrando el nivel de disponibilidad existente y el costo que este representa, de esta forma se buscó sensibilizarlo sobre el problema existente y así proponer la propuesta de mejora.

En la empresa se identificaron diferentes fallas y el estado actual de los mini cargadores, se pudo apreciar una deficiencia en la atención a pequeños detalles, la falta de mantenimiento y limpieza en los equipos. (Anexo 40)

Como primer paso se aplicó la metodología AMFE para identificar todos los modos de fallo posibles, sus efectos, causas y el IPR de cada uno de ellos. Este último permitió poder dar una priorización a aquellos modos de fallo que tengan un IPR elevado. El reporte de fallas junto con el AMFE, generó una idea más clara y centrada para poder desarrollar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para los mini cargadores.

Aplicación de la herramienta - Análisis Modal de Fallo y Efectos (AMFE).

Los modos de fallo que se presentaron en los mini cargadores serán evaluados mediante la metodología AMFE para determinar cuáles son los más críticos según su índice prioritario de riesgo y tomar medidas preventivas. Esta acción se hizo a cada mini cargador del grupo A ya que es el grupo experimental el cual recibe el tratamiento

Como se puede observar en la siguiente tabla se muestra la metodología AMFE aplicada al mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10

Tabla 45. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador CATERPILLAR 252B –AMS 10 (Experimentación)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO					INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)			
MAQUINA: MINI CARGADOR					LEVE: DE 1 A 8			
PAGINA: 1 DE 1					MODERADO: DE 9 A 27			
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUSI VENTURO, MIGUEL ANDRÉS					FECHA: 24/08/2020			
					CRITICO: DE 28 A 64			
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFEECTO	CAUSA					
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla en el Sistema de enfriamiento	El motor se recalienta	No tiene liquido refrigerante	No hay inspección	1	4	2	8
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	No hay inspección	1	3	4	12
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	No hay inspección	2	3	4	24
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	No hay inspección	1	4	2	8
	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	No hay inspección	1	4	3	12
NEUMÁTICOS	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Inspeccion simultanea con la operarion	2	3	4	24
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Inspeccion simultanea con la operarion	3	3	3	27
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Inspeccion simultanea con la operarion	2	2	3	12
	Falla en las baterías	Incapacidad de energía eléctrica en arranque	Mal estado de placas	No hay inspección	2	4	4	32
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	No hay inspección	2	4	4	32
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	No hay inspección	2	3	3	18

Fuente: elaboración propia.

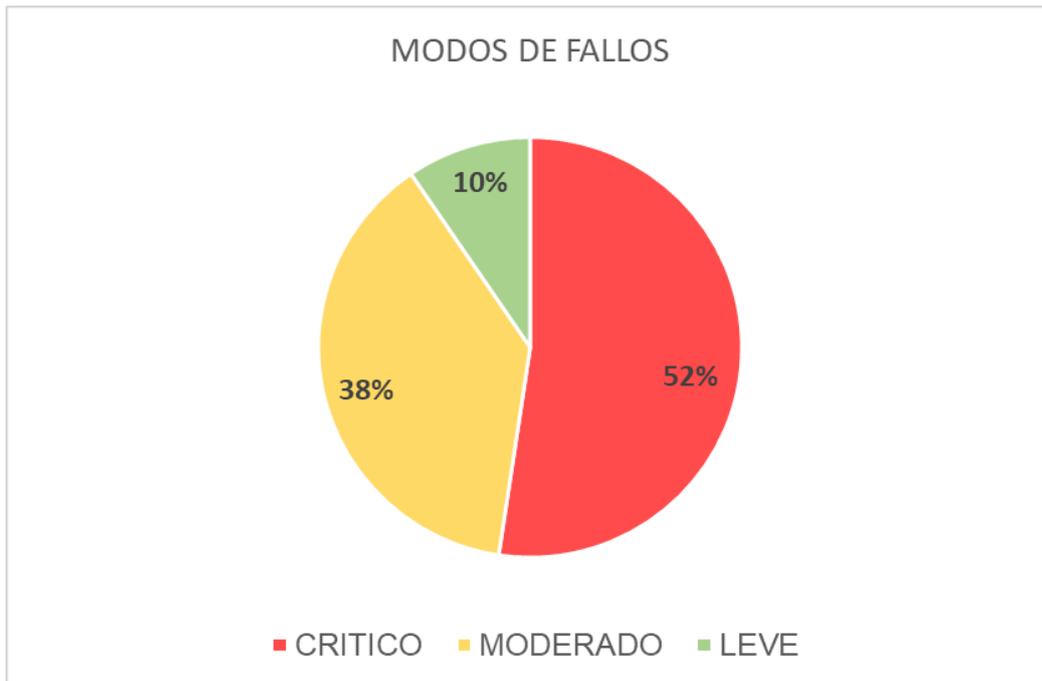


Figura 9. Modos de fallo en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Pre-Test)

En la Figura 9 se representa los resultados de la Tabla 45, en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Pre-Test) se detectó 21 modos de fallo, 11 modos de fallo críticos que representa el 52% del total, 8 modos de fallo moderados que representa el 38% del total y 2 modos de fallo leves que representan el 10% del total.

Tabla 46. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Experimentación)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO					INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)			
MAQUINA: MINI CARGADOR BOBCAT 873 - AMS 05					LEVE: DE 1 A 8			
PAGINA: 1 DE 1					MODERADO: DE 9 A 27			
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUSI VENTURO, MIGUEL ANDRÉS					FECHA: 24/08/2020			
					CRITICO: DE 28 A 64			
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFEECTO	CAUSA					
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	No hay inspección	1	3	4	12
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	No hay inspección	2	3	4	24
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	No hay inspección	1	4	2	8
	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	No hay inspección	1	4	3	12
NEUMÁTICOS	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Inspeccion simultanea con la operarion	2	3	4	24
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Inspeccion simultanea con la operarion	3	3	3	27
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Inspeccion simultanea con la operarion	2	2	3	12
	Falla en las baterías	Incapacidad de energia eléctrica en arranque	Mal estado de placas	No hay inspección	2	4	4	32
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	No hay inspección	2	4	4	32
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	No hay inspección	2	3	3	18

Fuente: elaboración propia.

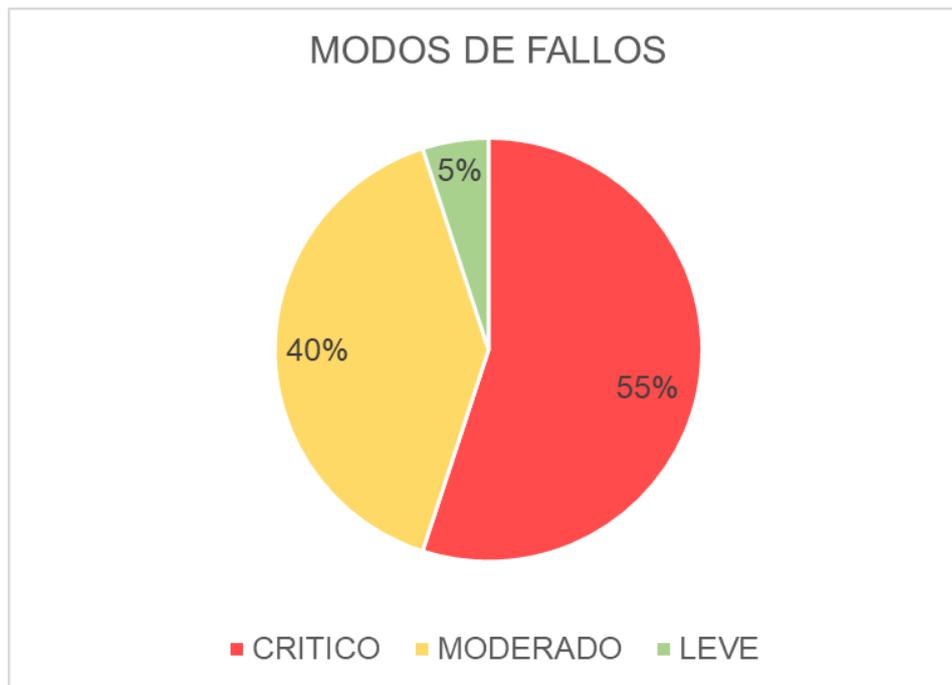


Figura 10. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Pre-Test)

En la Figura 10 se representa los resultados de la Tabla 46, en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Pre-Test) se detectó 20 modos de fallo, 11 modos de fallo críticos que representa el 55% del total, 8 modos de fallo moderados que representa el 40% del total y 1 modo de fallo leve que representan el 5% del total.

Tabla 47. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Experimentación)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO						INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)		
MAQUINA: MINI CARGADOR BOBCAT 863 - AMS 06						LEVE: DE 1 A 8		
PAGINA: 1 DE 1						MODERADO: DE 9 A 27		
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUSI VENTURO, MIGUEL ANDRÉS						FECHA: 24/08/2020		
						CRITICO: DE 28 A 64		
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFEECTO	CAUSA					
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	No hay inspección	1	3	4	12
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	No hay inspección	2	3	4	24
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	No hay inspección	1	4	2	8
	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	No hay inspección	1	4	3	12
NEUMÁTICOS	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Inspeccion simultanea con la operarion	2	3	4	24
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	No hay inspección	2	4	4	32
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Inspeccion simultanea con la operarion	3	3	3	27
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Inspeccion simultanea con la operarion	2	2	3	12
	Falla en las baterías	Incapacidad de energía eléctrica en arranque	Mal estado de placas	No hay inspección	2	4	4	32
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Inspeccion simultanea con la operarion	2	4	4	32
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion simultanea con la operarion	1	4	4	16
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	No hay inspección	2	4	4	32
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	No hay inspección	2	3	3	18

Fuente: elaboración propia.

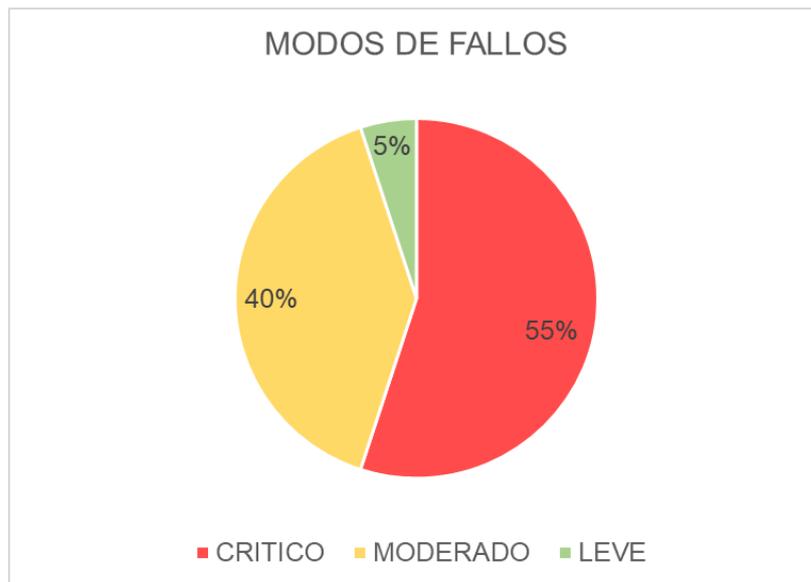


Figura 11. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Pre-Test)

En la Figura 11 se representa los resultados de la Tabla 46, en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Pre-Test) se detectó 20 modos de fallo, 11 modos de fallo críticos que representa el 55% del total, 8 modos de fallo moderados que representa el 40% del total y 1 modo de fallo leve que representan el 5% del total.

Desarrollo del mantenimiento preventivo

Con ayuda del AMFE se pudo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los mini cargadores como se puede ver en el Anexo 41 cual considera 4 elementos importantes de los mini cargadores basado en la observación que se hizo, cada elemento comprende diferentes actividades que nos permiten inspeccionar con cierta frecuencia aquellas partes que representen posibles fallas futuras. Este plan fue aplicado solo al Grupo Experimental A, dentro del plan de mantenimiento preventivo vemos el cambio de filtros de los mini cargadores por otros nuevos, y también los fluidos que estos filtran, de esta manera se busca dar una mayor confiabilidad y así evitar fallas que se avecinan relacionadas con los filtros.

Como parte de la investigación, se diseñaron formatos en las cuales se puedan registrar la información importante que ayude al equipo de mantenimiento a tener una mejor documentación, de esta forma se evitará pasarse la fecha de mantenimiento, tener conocimiento de los insumos utilizados, identificar las fallas antes que sucedan, estar alertas a las anomalías del correcto funcionamiento

de la maquinaria y adquirir los repuestos para el recambio antes que sucedan, ahorrando mucho tiempo.

Como formatos se usó el **Formato de registro de último mantenimiento** (Anexo 42), el cual está dividido en tres secciones donde primero se registra los datos de la máquina o equipo el cual recibirá el mantenimiento preventivo, luego tenemos la sección de elementos que fueron inspeccionados, que apoyado con las columnas del horómetro y fecha, podemos tener registro de cuando fue su última revisión general y cuando se debe volver a repetir el proceso, por último está una caja de observaciones donde se pueden anotar cosas puntuales a tomar en cuenta.

El siguiente formato que se hizo es un **Formato de check list de operatividad** (Anexo 43), donde la persona encargada de la maquinaria, en este caso los operadores, llenaron una ficha donde se evaluó de manera rápida y práctica diferentes elementos del mini cargador a tener en cuenta, con la finalidad de identificar posibles averías, signos o anomalías que pueden producir fallas futuras o en plena jornada laboral.

Y como apoyo a la documentación de las fallas, se realizó un **Formato de registro de fallas** (Anexo 44), donde se puede observar siete ítems, los cuales sirven como un protocolo a seguir para poder realizar una buena actividad de mantenimiento, de este formato se tendrán copias que permanecerán en la unidad de transporte de la empresa. Además, este formato y los anteriores serán archivados en un file que se proporcionó a la empresa (Anexo 45), donde se recolectó todo lo relacionado al mantenimiento de las máquinas, esto permite tener un historial de las fallas, lo cual en un futuro se puede deducir cuales son las más frecuentes según cada máquina,

Presupuestos del plan de mantenimiento

Los mini cargadores usan los mismos tipos de filtros, pero debido a las características según la marca o el modelo, estas pueden tener diferente código de identificación, por lo que en la siguiente tabla se muestra los tipos de filtros con sus respectivos códigos de identificación y los costos que estos tienen.

Tabla 48. Presupuesto de filtros de los mini cargadores

MÁQUINA	MODELO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	MARCA RECOMENDADA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CATERPILLAR	252b	Filtro de aceite de motor	LF3828	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 44.07	S/ 44.07
		Filtro de petroleo	P551424	DONALDSON	1 Unid	S/ 55.93	S/ 55.93
		Filtro de aceite hidraulico	P163542	DONALDSON	1 Unid	S/ 125.42	S/ 125.42
		Filtro de aire	A-5541 A-5540	SAKURA	1 Unid	S/ 67.80	S/ 67.80
BOBCAT	873	Filtro de aceite de motor	LF3341	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 25.42	S/ 25.42
		Filtro de petroleo	F51235	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 10.17	S/ 10.17
		Filtro de aceite hidraulico	HF6568	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 119.49	S/ 119.49
		Filtro de aire	A-5541 A-5540	SAKURA	1 Unid	S/ 67.80	S/ 67.80
BOBCAT	863	Filtro de aceite de motor	LF3341	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 25.42	S/ 25.42
		Filtro de petroleo	F53125	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 10.17	S/ 10.17
		Filtro de aceite hidraulico	HF6568	FLEETGUARD	1 Unid	S/ 119.49	S/ 119.49
		Filtro de aire	A-5541 A-5540	SAKURA	1 Unid	S/ 67.80	S/ 67.80
						Valor de venta	S/ 738.98
						IGV 18%	S/ 133.02
						Importe Total	S/ 872.00

Fuente: elaboración propia.

Los precios del presupuesto están basados en una cotización hecha a un proveedor (Anexo 46).

Para evitar el trabajo que toma tener que ir a comprarlos al centro de lima, lugar donde se ubican la mayoría de los proveedores, para mantener el costo y evitar las posibles variaciones de precio por diferentes razones de ese momento, y sobre todo reducir el tiempo que toma adquirirlos, se compraron 2 unidades de cada uno de los filtros y se designó un área del almacén (Anexo 47) netamente para los filtros de los mini cargadores. Esta mejora se estableció de forma permanente, para que al cambiar los filtros por otros nuevos aún nos quede otro de repuesto ante cualquier eventualidad, y este se debe reemplazar lo más pronto posible para mantener siempre el stock de los filtros.

Respecto a los cambios de aceites de los mini cargadores, se tiene la siguiente tabla del presupuesto, donde se puede ver el aceite de motor, el aceite hidráulico y un balde de grasa para tener los pines y bocinas engrasados, así se reduce el rose de los metales y su evidente desgaste.

Tabla 49. *Presupuesto de aceites de los mini cargadores*

MÁQUINA	MODELO	DESCRIPCIÓN	MARCA RECOMENDADA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MINI CARGADOR	TODOS	Aceite de motor - 15W40	PREXTOLINE	3 BALDE	S/ 240.00	S/ 720.00
		Aceite hidraulico - AW ISO68	PREXTOLINE	3 BALDE	S/ 180.00	S/ 540.00
		Grasa roja	VISTONY	1 BALDE	S/ 170.00	S/ 170.00
				TOTAL	S/ 1,430.00	

Fuente: elaboración propia.

Como se indica en el presupuesto, se consideró 3 baldes de aceite de motor 15W40 y 3 baldes de aceite hidráulico AW ISO 68, debido que son 3 mini cargadores a los cuales se les cambió los fluidos.

Tabla 50. *Presupuesto de reparación al sistema eléctrico*

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Servicio técnico	S/ 300.00
Bateria Capsa	S/ 350.00
Cables	S/ 10.00
Bornes	S/ 20.00
TOTAL	S/ 680.00

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al sistema eléctrico se solicitó los servicios de un técnico electricista, el cual revisó el tema eléctrico de los mini cargadores, como las baterías, las conexiones del tablero de información, y el cableado en general, reemplazando empalmes por cables enteros, además se adquirió una nueva batería para un mini cargador (Anexo 48).

En cuanto la falta de actuación por parte de los operadores ante las fallas que se presentan, se optó por dar una capacitación dentro de la empresa encabezada por el jefe de mantenimiento. Esta se desarrolló con la intención de familiarizar a los operadores con el correcto funcionamiento de las maquinas, se basó en algunos modos de falla del AMEF las cuales tienen una mayor frecuencia y son fáciles de detectar. De esta manera los operadores no serán 100% dependientes del equipo de mantenimiento y pueden solucionar pequeñas averías que tomarían mucho tiempo solo en acudir al auxilio. Asimismo, el jefe de mantenimiento los capacito para que los mismos operadores puedan realizar un rápido diagnóstico de la falla y la maquina en general, esto ayudaría mucho al equipo de mantenimiento, ya que sabrían que herramientas, repuestos o equipamiento es necesario y oportuno llevar.

Tabla 51. *Presupuesto de la capacitación*

INVERSIÓN	TOTAL
COSTO DE DURACIÓN DE CAPACITACIÓN	S/. 218.75
EXPOSITOR (JEFE DE MANTENIMIENTO)	S/ 100.00
MATERIALES	S/ 20.00
COSTO TOTAL DE CAPACITACIÓN	S/ 338.75

Fuente: elaboración propia.

La capacitación no tuvo como objetivo convertir al operario en un mecánico avanzado, lo que se buscó fue volverlo participe del equipo de mantenimiento aportando su capacidad como operador, además de ser la primera persona en reportar la falla cuando esta se presenta. Adicional a ello se indicó el protocolo a seguir ante una falla y las actividades relacionadas a la prevención de ellas.

Para poder entender mejor lo que es un mini cargador y sus partes, la empresa facilitó unos diagramas de un mini cargador (Anexo 49), donde se puede ver las diferentes partes que contiene. Además se resaltó las piezas que saltan a primera vista al ver por la tapa posterior de un mini cargador (Anexo 50). Esto ayuda a conocer mejor las piezas que lleva y su ubicación referente en el equipo, fue con ayuda del jefe de mantenimiento a cargo.

Actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento de los mini cargadores se desarrollaron desde el 31/08/2020 hasta el 07/09/2020, fue más de una semana de trabajo donde se trató de no extender el tiempo y pasar de la fecha fijada, se fomentó el trabajo en equipo en el área para poder realizar el mantenimiento de forma ordenada y acabar con el primer mini cargador para continuar con el siguiente, por ello se desarrolló el siguiente cronograma de actividades de mantenimiento donde se puede observar las diferentes tareas que se realizaron.

Tabla 52. Cronograma de actividades de mantenimiento

Actividad	31/08	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	07/09
(A) Mini cargador AMS – 06								
Cambio de Fluidos / Filtros	■						■	
Inspecciones Generales	■	■					■	
Revisión del Sist. Eléctrico		■					■	
Habilitación de la movilidad			■				■	
Capacitación			■				■	
(B) Mini cargador AMS - 10								
Cambio de Fluidos / Filtros				■			■	
Inspecciones Generales				■	■		■	
Revisión del Sist. Eléctrico					■		■	
(C) Mini cargador AMS - 05								
Cambio de Fluidos / Filtros						■	■	
Inspecciones Generales						■	■	■
Revisión del Sist. Eléctrico							■	■
Presentación de documentos							■	■

Fuente: elaboración propia.

Para dar inicio a las actividades del mantenimiento preventivo se comenzó con la asignación del área del almacén, donde se puso los filtros que se compraron según la cotización presentada a la empresa. El pequeño espacio asignado será el único lugar donde se podrán encontrar los filtros de los mini cargadores, para así evitar que se guarden en otro lado dificultando su búsqueda (Anexo 51). El mismo día se adquirieron los filtros necesarios para el mantenimiento y fueron almacenados. Como siguiente paso se prepararon los formatos para que se realice mantenimiento (Anexo 52), estos formatos se usaron como apoyo y guía, respetando los ítems que este contiene.

El mantenimiento empezó con el mini cargador de la marca BOBCAT modelo 863 bajo el código interno de AMS-06, primero se realizó una limpieza al depósito del aceite hidráulico, con la finalidad de eliminar impurezas depositadas en el fondo del mismo, para luego proceder a añadir el aceite hidráulico y cambiar su respectivo filtro por uno nuevo, de igual forma se hizo con el cambio de aceite de motor y el filtro de aceite de motor, mientras se realizaba ello se cambió también el filtro del petróleo y los filtros de aire tanto primarios como secundarios. (Anexo 53)

Conforme se iba avanzando se inspeccionaban distintos elementos del mini cargador para identificar posibles imperfecciones y darles solución. En el

presupuesto de la Tabla 49 está incluido un balde de grasa roja, la cual con ayuda de un engrasador manual se suministró en cada punto de engrase de los mini cargadores, esto ayuda a reducir la fricción que hay en los pines y bocinas de la maquinaria. También se inspeccionó la estructura de las bocinas con la intención de identificar posibles rajaduras, quiebres o corrosión de las mismas.

Con respecto a los neumáticos, se observó que estaban muy desgastados como se ve en el (Anexo 54), por lo que se descartó de las 4 operativos a aquellos que tengan más de 3 reparaciones / parches, y usarlas exclusivamente como neumático de repuesto. Solo se consideró a los neumáticos que se encuentren en mejor estado como aquellos que serán usados para el trabajo.

En conjunto a ello también actuó el técnico electricista que tenía como tarea inspeccionar el tema eléctrico del mini cargador, como sería el estado de las baterías, el cableado eléctrico general y el panel de control, dentro de sus labores estaba la de identificar posibles salidas a tierra debido a un cable descubierto o empalmes de cables mal realizados (Anexo 55).

Para dar fin a las actividades, se procedió a lavar el mini cargador (Anexo 56) para eliminar la tierra y suciedad, esto con la finalidad de dejar la maquina limpia para que cualquier fuga de fluido sea percibida con mayor rapidez y certeza, además la limpieza se impuso como parte del trabajo fundamental del operador. Luego que una maquina termine su jornada de trabajo y se disponga a estacionarla para su almacenamiento, el operario debe dar un chequeo visual y quitar la suciedad superficial, esta actividad se realiza con la finalidad de encontrar alguna posible señal de anormalidad o imperfecto.

Toda la actividad fue registrada y gravada con la fecha y horómetro de la máquina (Anexo 66), para ello se utilizaron los formatos que se diseñaron, donde podemos ver la fecha en la que se realizó el mantenimiento.

Continuando las actividades y respecto a la movilidad de la empresa, se tiene la unidad de transporte que es una combi (Anexo 57), la cual es usada para todo lo que sea necesario incluyendo el auxilio mecánico. Como parte del mantenimiento de los mini cargadores, también se optó por realizar una revisión de la unidad, dejándola totalmente operativa y dispuesta para atender cualquier auxilio mecánico, se revisó los niveles de aceite, las luces de señalización, el estado de los neumáticos y una limpieza por dentro y fuera de la unidad. La batería no se

encontraba en su lugar cuando se inspeccionó (Anexo 57), esto significaría un retraso si se tuviese que utilizar la unidad en ese momento, por lo que se procedió a reubicarla y no volver a sacarla dando como concluida la habilitación de la unidad de transporte de la empresa.

La siguiente actividad luego del mantenimiento al primer mini cargador, fue una capacitación donde se tocaron puntos importantes a considerar, tanto los protocolos que se deben seguir para mantener el equipo siempre operativo, como una breve explicación de los componentes, su importancia y función dentro de los sistemas. Esta pequeña capacitación se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la empresa (Anexo 58), siendo el expositor principal el jefe de mantenimiento dirigido a los operadores de los mini cargadores, se realizó por el mediodía después de que el personal haya tomado su refrigerio. Se expuso los diferentes puntos mencionados en el temario de la capacitación (Anexo 70), como por ejemplo los componentes principales y los sistemas que tiene un mini cargador, la función que estos cumplen y su importancia dentro del sistema al que pertenece. Además de ello se explicaron las mejoras que se deben implementar, como sería el protocolo a seguir ante alguna eventualidad y la nueva normalidad que se debe adoptar en la empresa para mantener confiabilidad. La capacitación que se realizó tuvo como objetivo ser reforzada cada día se busca aprovechar cualquier eventualidad que se presente para tomarlo como ejemplo para poder hacer una breve explicación de lo sucedido como sería: las posibles causas, sus efectos, su gravedad, cómo detectarlo, que acción tomar y otros. De esta forma el operario tendrá más experiencia, volviéndolo más competitivo, valioso, productivo y sobre todo crece dentro de su ámbito, además la empresa genera un gran capital humano.

El segundo mini cargador fue de la marca CATERPILLAR modelo 252B (Anexo 59) con el código interno de AMS-10, el cual al igual que el primero recibió un cambio de fluidos con sus respectivos filtros, se siguió por completo el plan de mantenimiento planteado. Al igual que el primer mini cargador se siguieron los mismos pasos del plan de mantenimiento, como fueron las inspecciones generales, el cambio de fluidos y filtros, el servicio técnico del electricista entre otros, para finalizar se engrasó y lavó el mini cargador (Anexo 60). Todo el mantenimiento quedó registrado en el formato (Anexo 68).

Y como última máquina para finalizar con las actividades del mantenimiento preventivo, el cual recibió las mismas atenciones de mantenimiento igual que el primero y el segundo, con la diferencia que al ser de la marca BOBCAT y del modelo 873 (Anexo 61) con el código interno de AMS-05 no cuenta con un radiador y por lo tanto no lleva líquido refrigerante, cabe resaltar que cada máquina tiene un tipo de refrigeración acorde a su diseño de fabricación, no representa deficiencia alguna al momento de disipar el calor interno del motor hacia el exterior. Toda la actividad fue registrada en el formato que se desarrolló (Anexo 69).

Tras haber culminado con el mantenimiento correspondiente a los 03 mini cargadores, se tuvo como resultado varios baldes de aceite quemado o sucio (Anexo 63), los cuales no son desechados por el impacto ambiental que este representa. Por el contrario, son comercializados (Anexo 64) a terceros los cuales aún encuentran alguna utilidad, por la venta de los baldes de aceite resultante se tuvo un retorno de S/. 120.00.

Como parte de la investigación se pudo visualizar el estado en el que acabó un mini cargador tras no llevar un correcto mantenimiento (Anexo 65), eso significa el total desuso del equipo y su importante depreciación en la valoración. Según nos informó el jefe de mantenimiento es de la marca BOBCAT y del modelo 863, cabe indicar que el mini cargador tuvo una parada definitiva tras una de las fallas más graves que es la fundición del motor, esta fue a causa del descuido del equipo al no realizar sus recambios de aceite de motor y su filtro en el momento indicado. Pero no fue el único factor, la maquinaria venía presentando diferentes fallas a lo largo de su periodo operativo, no se realizó una reparación total de la maquinaria sino simples reparaciones para subsanar la falla de manera momentánea, pero con probabilidades de que vuelva a ocurrir. Esto llevó al mini cargador a presentar fallas generalizadas hasta que terminó por quedar inoperativa, los costos de reparación del motor y los sistemas de funcionamiento exceden los presupuestos por lo que se tiene el mini cargador aparcado a un lado de la cochera.

POST TEST – Evaluación de la variable Independiente Análisis Modal de Fallo y Efectos (AMFE).

Se analizó cual es el índice prioritario de riesgo (IPR) para el Post Test del grupo A.

Tabla 53. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Post Test)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO					INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)			
MAQUINA: MINI CARGADOR					LEVE: DE 1 A 8			
PAGINA: 1 DE 1					MODERADO: DE 9 A 27			
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUS VENTURO, MIGUEL ANDRÉS					CRITICO: DE 28 A 64			
					FECHA: 03/10/2020			
SISTEMA DEL EQUIPO	MODO	FALLO EFECTO	CAUSA	ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Se revisa cada 250 horas el filtro de petroleo	1	4	3	12
	Falla en el Sistema de enfriamiento	El motor se recalienta	No tiene liquido refrigerante	Se revisa cada mes	1	4	1	4
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	Se revisa cada trimestre	1	3	3	9
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	Se revisa cada 250 horas	1	3	3	9
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Se revisa cada mes	1	4	3	12
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
NEUMÁTICOS	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Se inspecciona cada día	1	3	3	9
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	Se inspecciona cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	Se inspecciona cada trimestre	1	3	3	9
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Se revisa el cableado en general cada año	1	3	2	6
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Se revisa los fusibles del cablero cada mes	1	2	2	4
	Falla en las baterías	Incapacidad de energía eléctrica en arranque	Mal estado de placas	Se realiza una revisión semestral a la bateria	1	4	2	8
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Se inspecciona cada mes las mangueras hidráulicas	1	4	3	12
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Se revisa cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Se realiza un chequeo anual a la bomba hidráulica	1	4	3	12
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion a las cañerías cada semestre	1	4	3	12
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	Se revisa el nivel de aceite cada semana	1	4	2	8
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	Se cambia de aceite cada 1000 horas	1	3	2	6

Fuente: elaboración propia.

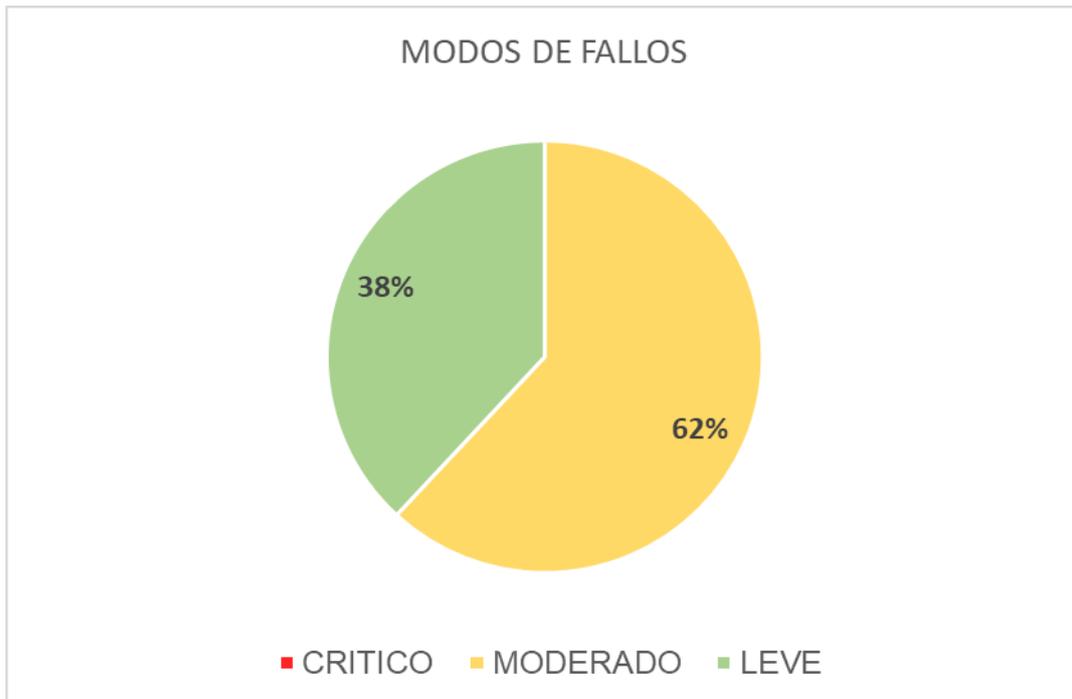


Figura 12. Modos de fallo en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Post-Test)

En la Figura 12, después de realizar el mantenimiento preventivo en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10 (Post-Test) se detectó 21 modos de fallos, no hay modos de fallo críticos, se detectó 13 modos de fallo moderados que representa el 62% del total y 8 modos de fallo leves que representan el 38% del total.

Tabla 54. Comparación de IPR del Pre test y Post test (mini cargador AMS – 10)

MODO DE FALLO	IPR (PRE TEST)	IPR (POST TEST)	REDUCCIÓN (% ▽)
Falla del ventilador	32	12	62.50%
Falla en filtro de combustible	32	12	62.50%
Falla en el Sist. de enfriamiento	8	4	50.00%
Perdida de potencia del motor	32	12	62.50%
Falla de bomba de transferencia	12	9	25.00%
Falla en el empaque	24	9	62.50%
Fundición del motor	16	12	25.00%
Rotura de faja de alternador	8	4	50.00%
Rotura de faja de motor	12	4	66.67%
Pinchadura de llanta	24	9	62.50%
Falla en el arrancador	32	12	62.50%
Falla de alternador	32	9	71.88%
Falla de accionamiento	27	6	77.78%
Falla en el tablero de control	12	4	66.67%
Falla en las baterías	32	8	75.00%
Rotura de manguera hidráulica	32	12	62.50%
Falla en los cilindros hidráulicos	32	12	62.50%
Falla de bomba hidráulica	32	12	62.50%
Saturación de filtros	16	12	25.00%
Fuga de aceite	32	8	75.00%
Nivel bajo de aceite	18	6	66.67%
		PROMEDIO	58.91%

Fuente: elaboración propia.

Implementar las acciones preventivas redujo el índice de frecuencia (F) debido a que con el plan de mantenimiento implementado se reduce la probabilidad que ocurra las fallas evidenciadas, el índice de gravedad (G) no varía debido a que si el modo de fallo ocurre seguirá teniendo el mismo impacto en el mini cargador y el índice de no detección (D) disminuye debido a que con el mantenimiento preventivo se está aumentando el grado de seguridad de detectar esa falla antes de que ocurra. Por lo tanto, se logró reducir el índice prioritario de riesgo IPR en un 58.91% como se puede observar en la Tabla 54.

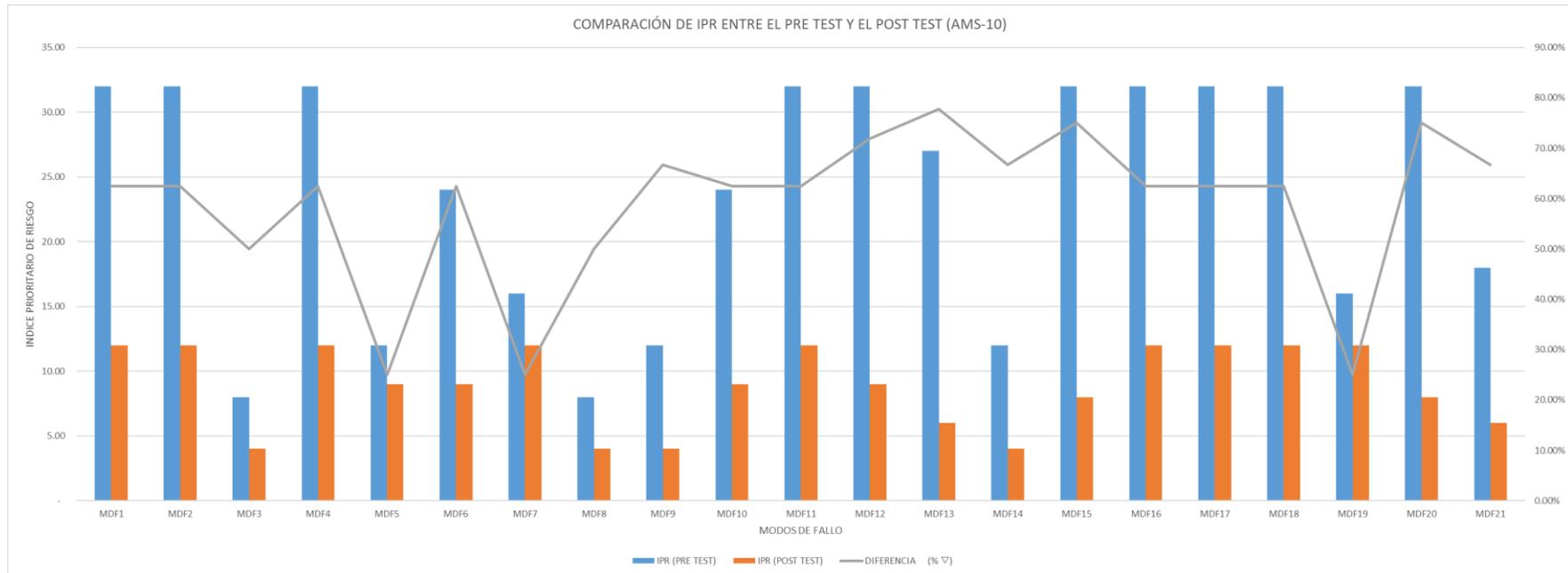


Figura 13. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.

En la figura se puede ver las columnas de color azul que representan el valor del IPR en el pre test, y al lado vemos las columnas de color anaranjado que representan el valor del IPR en el post test. La figura representa la diferencia que hay entre el IPR del pre test y IPR del post test, esta disminución en el IPR se atribuye como consecuencia de las acciones preventivas realizadas, en promedio se redujo en un 58.91% el Índice prioritario de riesgo (IPR) en el mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 10.

Tabla 55. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Post Test)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO						INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)		
MAQUINA: MINI CARGADOR BOBCAT 873 - AMS 05						LEVE: DE 1 A 8		
PAGINA: 1 DE 1						MODERADO: DE 9 A 27		
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUSI VENTURO, MIGUEL ANDRÉS						FECHA: 03/10/2020		
						CRITICO: DE 28 A 64		
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFEECTO	CAUSA					
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Se revisa cada 250 horas el filtro de petroleo	1	4	3	12
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	Se revisa cada trimestre	1	3	3	9
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	Se revisa cada 250 horas	1	3	3	9
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Se revisa cada mes	1	4	3	12
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
NEUMÁTICOS	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Se inspecciona cada día	1	3	3	9
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	Se inspecciona cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	Se inspecciona cada trimestre	1	3	3	9
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Se revisa el cableado en general cada año	1	3	2	6
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Se revisa los fusibles del cablero cada mes	1	2	2	4
	Falla en las baterías	Incapacidad de energía eléctrica en arranque	Mal estado de placas	Se realiza una revisión semestral a la bateria	1	4	2	8
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Se inspecciona cada mes las mangueras hidráulicas	1	4	3	12
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Se revisa cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Se realiza un chequeo anual a la bomba hidráulica	1	4	3	12
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion a las cañerías cada semestre	1	4	3	12
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	Se revisa el nivel de aceite cada semana	1	4	2	8
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	Se cambia de aceite cada 1000 horas	1	3	2	6

Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración propia.

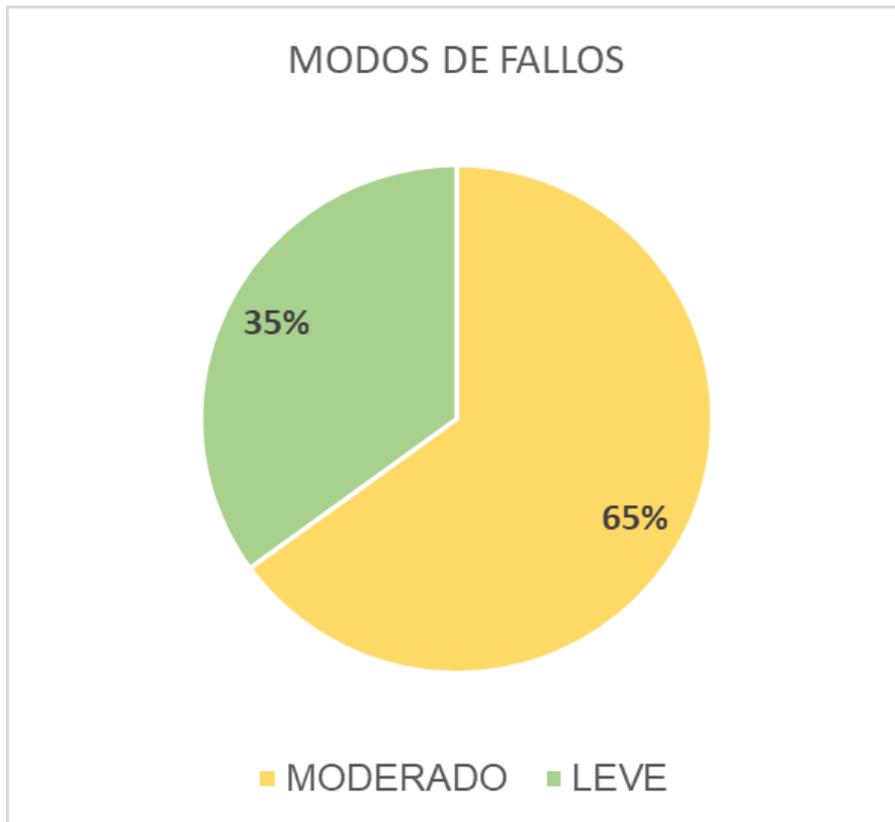


Figura 14. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Post-Test)

En la Figura 14, después de realizar el mantenimiento preventivo en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (Post-Test) se detectó 20 modos de fallos, no hay modos de fallo críticos, se detectó 13 modos de fallo moderados que representa el 65% del total y 7 modos de fallo leves que representan el 35% del total.

Tabla 56. Comparación de IPR entre Pre test y Post test (mini cargador AMS – 05)

MODO DE FALLO	IPR (PRE TEST)	IPR (POST TEST)	REDUCCIÓN (% ▽)
Falla del ventilador	32	12	62.50%
Falla en filtro de combustible	32	12	62.50%
Perdida de potencia del motor	32	12	62.50%
Falla de bomba de transferencia	12	9	25.00%
Falla en el empaque	24	9	62.50%
Fundición del motor	16	12	25.00%
Rotura de faja de alternador	8	4	50.00%
Rotura de faja de motor	12	4	66.67%
Pinchadura de llanta	24	9	62.50%
Falla en el arrancador	32	12	62.50%
Falla de alternador	32	9	71.88%
Falla de accionamiento	27	6	77.78%
Falla en el tablero de control	12	4	66.67%
Falla en las baterías	32	8	75.00%
Rotura de manguera hidráulica	32	12	62.50%
Falla en los cilindros hidráulicos	32	12	62.50%
Falla de bomba hidráulica	32	12	62.50%
Saturación de filtros	16	12	25.00%
Fuga de aceite	32	8	75.00%
Nivel bajo de aceite	18	6	66.67%
		PROMEDIO	59.36%

Fuente: elaboración propia.

Implementar las acciones preventivas redujo el índice de frecuencia (F) debido a que con el plan de mantenimiento implementado se reduce la probabilidad que ocurra las fallas evidenciadas, el índice de gravedad (G) no varía debido a que si el modo de fallo ocurre seguirá teniendo el mismo impacto en el mini cargador y el índice de no detección (D) disminuye debido a que con el mantenimiento preventivo se está aumentando el grado de seguridad de detectar esa falla antes de que ocurra. Por lo tanto, se logró reducir el índice prioritario de riesgo IPR en un 59.36% como se puede observar en la Tabla 56.

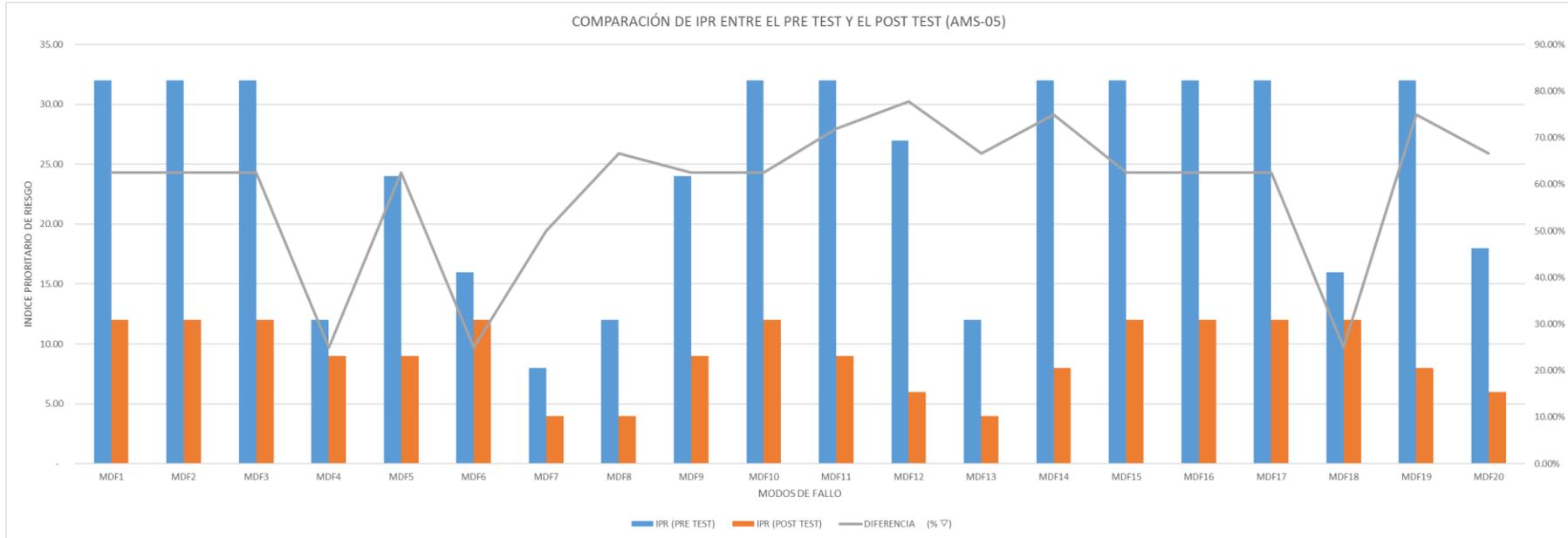


Figura 15. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.

En la figura se puede ver las columnas de color azul que representan el valor del IPR en el pre test, y al lado vemos las columnas de color anaranjado que representan el valor del IPR en el post test. La figura representa la diferencia que hay entre el IPR del pre test y IPR del post test, esta disminución en el IPR se atribuye como consecuencia de las acciones preventivas realizadas, en promedio se redujo en un 59.36% el Índice prioritario de riesgo (IPR) en el mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05.

Tabla 57. Aplicación de la metodología AMFE al mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Post Test)

MATRIZ AMFE								
AREA: EQUIPO DE MANTENIMIENTO						INDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)		
MAQUINA: MINI CARGADOR BOBCAT 863 - AMS 06						LEVE: DE 1 A 8		
PAGINA: 1 DE 1						MODERADO: DE 9 A 27		
RESPONSABLES: ALBUJAR ARANGO, ALEXIS BRAYAND JESUSI VENTURO, MIGUEL ANDRÉS						FECHA: 03/10/2020		
						CRITICO: DE 28 A 64		
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			ACCIONES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFEECTO	CAUSA					
SISTEMA MECÁNICO	Falla del ventilador	El motor se recalienta	Rotura de faja del ventilador	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla en filtro de combustible	El motor tiene inestabilidad	El filtro está obstruido	Se revisa cada 250 horas el filtro de petroleo	1	4	3	12
	Perdida de potencia del motor	La maquina se pone lenta	Obstrucción de los filtros	Se revisa cada 250 horas	1	4	3	12
	Falla de bomba de transferencia	Se mezcla el aceite con el combustible e ingresa a la camara de combustion	Rotura de diafragma	Se revisa cada trimestre	1	3	3	9
	Falla en el empaque	Fuga de aceite por el motor	Mal estado de empaque	Se revisa cada 250 horas	1	3	3	9
	Fundicion del motor	El motor queda inutilizable	Roce de metales, aceite quemado	Se revisa cada mes	1	4	3	12
	Rotura de faja de alternador	La bateria no se carga	Desgaste de la faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
	Rotura de faja de motor	La máquina no arranca	Obsolescencia de faja	Se revisa cada trimestre	1	4	1	4
NEUMÁTICOS	Pinchadura de llanta	No se puede trabajar con una llanta baja	Neumáticos en mal estado general	Se inspecciona cada día	1	3	3	9
SISTEMA ELÉCTRICO	Falla en el arrancador	La máquina no arranca	Carbones quemados	Se inspecciona cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de alternador	No genera energia para la bateria	Desgaste, uso de bobinas	Se inspecciona cada trimestre	1	3	3	9
	Falla de accionamiento	No responden los controles de accesorios	Cableado obsoleto	Se revisa el cableado en general cada año	1	3	2	6
	Falla en el tablero de control	No se conoce el estado del equipo	Fusibles quemados, o mal cableado	Se revisa los fusibles del cablero cada mes	1	2	2	4
	Falla en las baterías	Incapacidad de energia eléctrica en arranque	Mal estado de placas	Se realiza una revisión semestral a la bateria	1	4	2	8
SISTEMA HIDRÁULICO	Rotura de manguera hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	Manguera rajada o abollada. Mal prensado de manguera	Se inspecciona cada mes las mangueras hidráulicas	1	4	3	12
	Falla en los cilindros hidráulicos	Resume aceite de botella	Rotura de sellos	Se revisa cada trimestre	1	4	3	12
	Falla de bomba hidráulica	Lentitud de movimiento	Bomba hidráulica no genera presión	Se realiza un chequeo anual a la bomba hidráulica	1	4	3	12
	Saturacion de filtros	Cañerías tapadas	Deposito sucio	Inspeccion a las cañerías cada semestre	1	4	3	12
	Fuga de aceite	Perdida de aceite hidraulico	Rotura de o-ring	Se revisa el nivel de aceite cada semana	1	4	2	8
	Nivel bajo de aceite	Perdida de fuerza de levante	Poco aceite en el tanque	Se cambia de aceite cada 1000 horas	1	3	2	6

Fuente: elaboración propia.

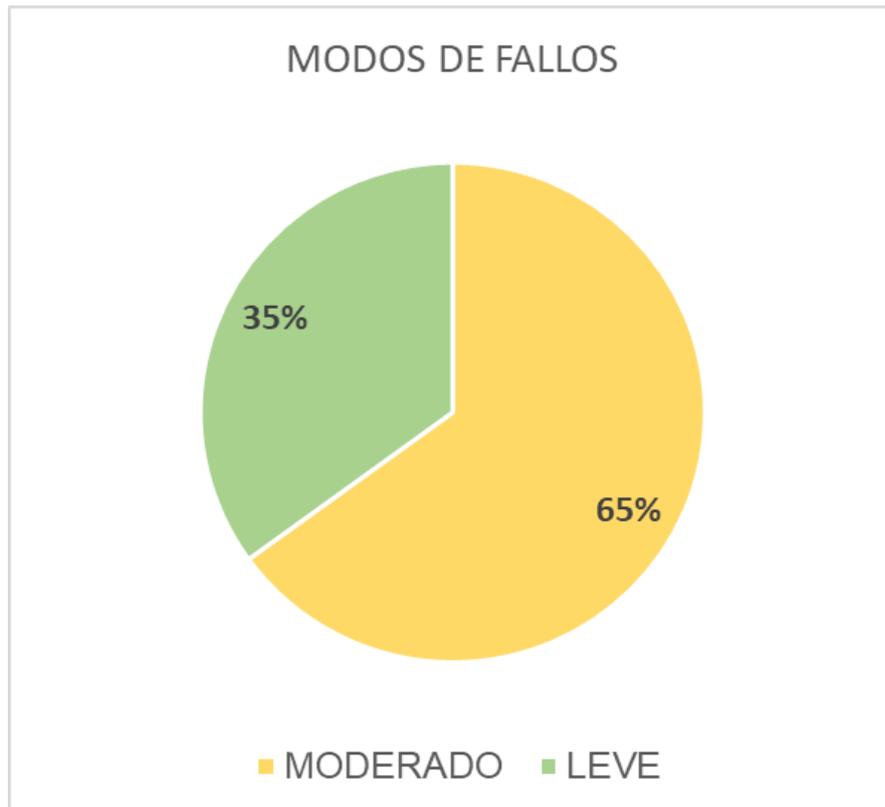


Figura 16. Modos de fallo en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Post-Test)

En la Figura 16, después de realizar el mantenimiento preventivo en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (Post-Test) se detectó 20 modos de fallos, no hay modos de fallo críticos, se detectó 13 modos de fallo moderados que representa el 65% del total y 7 modos de fallo leves que representan el 35% del total.

Tabla 58. Comparación de IPR entre Pre test y Post test (mini cargador AMS – 05)

MODO DE FALLO	IPR (PRE TEST)	IPR (POST TEST)	REDUCCIÓN (% ▽)
Falla del ventilador	32	12	62.50%
Falla en filtro de combustible	32	12	62.50%
Perdida de potencia del motor	32	12	62.50%
Falla de bomba de transferencia	12	9	25.00%
Falla en el empaque	24	9	62.50%
Fundición del motor	16	12	25.00%
Rotura de faja de alternador	8	4	50.00%
Rotura de faja de motor	12	4	66.67%
Pinchadura de llanta	24	9	62.50%
Falla en el arrancador	32	12	62.50%
Falla de alternador	32	9	71.88%
Falla de accionamiento	27	6	77.78%
Falla en el tablero de control	12	4	66.67%
Falla en las baterías	32	8	75.00%
Rotura de manguera hidráulica	32	12	62.50%
Falla en los cilindros hidráulicos	32	12	62.50%
Falla de bomba hidráulica	32	12	62.50%
Saturación de filtros	16	12	25.00%
Fuga de aceite	32	8	75.00%
Nivel bajo de aceite	18	6	66.67%
		PROMEDIO	59.36%

Fuente: elaboración propia.

Implementar las acciones preventivas redujo el índice de frecuencia (F) debido a que con el plan de mantenimiento implementado se reduce la probabilidad que ocurra las fallas evidenciadas, el índice de gravedad (G) no varía debido a que si el modo de fallo ocurre seguirá teniendo el mismo impacto en el mini cargador y el índice de no detección (D) disminuye debido a que con el mantenimiento preventivo se está aumentando el grado de seguridad de detectar esa falla antes de que ocurra. Por lo tanto, se logró reducir el índice prioritario de riesgo IPR en un 59.36% como se puede observar en la Tabla 58.

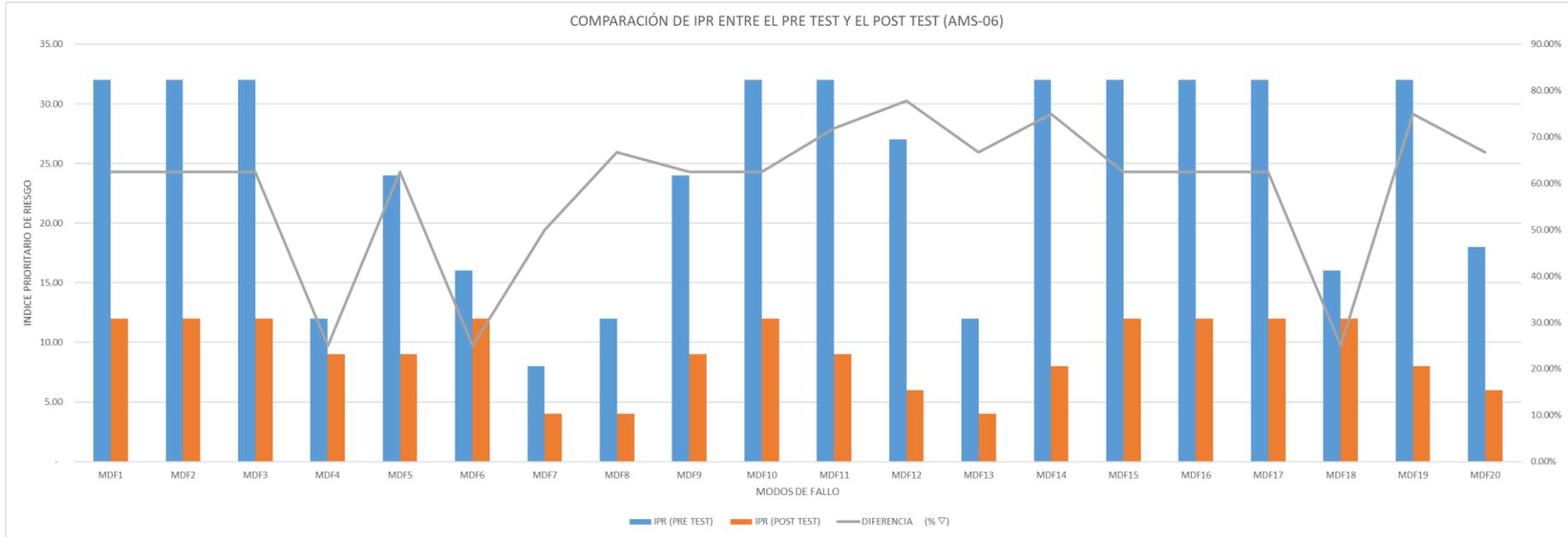


Figura 17. Comparación de IPR entre Pre test y Post test.

En la figura se puede ver las columnas de color azul que representan el valor del IPR en el pre test, y al lado vemos las columnas de color anaranjado que representan el valor del IPR en el post test. La figura representa la diferencia que hay entre el IPR del pre test y IPR del post test, esta disminución en el IPR se atribuye como consecuencia de las acciones preventivas realizadas, en promedio se redujo en un 59.36% el Índice prioritario de riesgo (IPR) en el mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06.

POST TEST – Evaluación de la variable dependiente (DISPONIBILIDAD)

Para calcular la disponibilidad, es necesario calcular el indicador tiempo promedio entre fallas (confiabilidad) y el indicador tiempo promedio de reparación (mantenibilidad).

Tiempo total de operación (TTO) – Ítem de la dimensión de confiabilidad

Se recogió información del Tiempo total de operación (TTO) de los mini cargadores del grupo experimental A y el grupo control B de 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020, el mínimo de horas que se trabaja en un día es 5 horas y el máximo es 8 horas. El TTO permitirá calcular el indicador tiempo promedio entre fallas (TPEF).

Tabla 59. Tiempo total de operación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A)

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 10/09/2020 hasta 02/10/2020			MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	10/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	Mega Plaza - SMP
2	11/09/2020	5.0 hrs	10.0 hrs	Mega Plaza - SMP
3	12/09/2020	5.0 hrs	15.0 hrs	Mega Plaza - SMP
4	14/09/2020	5.0 hrs	20.0 hrs	Mega Plaza - SMP
5	15/09/2020	5.0 hrs	25.0 hrs	Mega Plaza - SMP
6	16/09/2020	5.0 hrs	30.0 hrs	Mega Plaza - SMP
7	17/09/2020	5.0 hrs	35.0 hrs	Mega Plaza - SMP
8	18/09/2020	5.0 hrs	40.0 hrs	Mega Plaza - SMP
9	19/09/2020	3.0 hrs	43.0 hrs	Mega Plaza - SMP
10	21/09/2020	5.0 hrs	48.0 hrs	Av. Cateta centro lima
11	22/09/2020	5.0 hrs	53.0 hrs	Av. Cateta centro lima
12	23/09/2020	5.0 hrs	58.0 hrs	Av. Cateta centro lima
13	24/09/2020	5.0 hrs	63.0 hrs	Av. Cateta centro lima
14	25/09/2020	5.0 hrs	68.0 hrs	Av. Cateta centro lima
15	26/09/2020	5.0 hrs	73.0 hrs	Av. Cateta centro lima
16	28/09/2020	5.0 hrs	78.0 hrs	Av. Canevaro Valle
17	29/09/2020	5.0 hrs	83.0 hrs	Av. Canevaro Valle
18	30/09/2020	5.0 hrs	88.0 hrs	Pasaje calango
19	01/10/2020	5.0 hrs	93.0 hrs	Pasaje calango
20	02/10/2020	5.0 hrs	98.0 hrs	Pasaje calango
Tiempo total de operación (Horas)			98.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo experimental A trabajo 98 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 60. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 05	
FECHA: 09/09/2020 hasta 03/10/2020			MARCA: BOBCAT 873	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	09/09/2020	6.0 hrs	6.0 hrs	Av. Lizardo Montero
2	10/09/2020	6.0 hrs	12.0 hrs	Av. Lizardo Montero
3	11/09/2020	6.0 hrs	18.0 hrs	Av. Lizardo Montero
4	12/09/2020	6.0 hrs	24.0 hrs	Av. Lizardo Montero
5	14/09/2020	5.0 hrs	29.0 hrs	Parque Agro
6	15/09/2020	5.0 hrs	34.0 hrs	Parque Agro
7	16/09/2020	5.0 hrs	39.0 hrs	Parque Agro
8	17/09/2020	5.0 hrs	44.0 hrs	Parque Agro
9	18/09/2020	5.0 hrs	49.0 hrs	Parque Agro
10	19/09/2020	5.0 hrs	54.0 hrs	Parque Agro
11	23/09/2020	5.0 hrs	59.0 hrs	Chorrillos - av condores
12	24/09/2020	5.0 hrs	64.0 hrs	Chorrillos - av condores
13	25/09/2020	5.0 hrs	69.0 hrs	Chorrillos - av condores
14	26/09/2020	2.0 hrs	71.0 hrs	Chorrillos - av condores
15	28/09/2020	5.0 hrs	76.0 hrs	Chorrillos - av condores
16	29/09/2020	5.0 hrs	81.0 hrs	Chorrillos - av condores
17	30/09/2020	5.0 hrs	86.0 hrs	Chorrillos - av condores
18	01/10/2020	5.0 hrs	91.0 hrs	Chorrillos - av condores
19	02/10/2020	5.0 hrs	96.0 hrs	Chorrillos - av condores
20	03/10/2020	5.0 hrs	101.0 hrs	Chorrillos - av condores
Tiempo total de operación (Horas)			101.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo experimental A trabajo 101 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 61. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 06	
FECHA: 07/09/2020 hasta 03/10/2020			MARCA: BOBCAT 863	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	07/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	Escuela FAP
2	08/09/2020	5.0 hrs	10.0 hrs	Escuela FAP
3	09/09/2020	5.0 hrs	15.0 hrs	Escuela FAP
4	10/09/2020	5.0 hrs	20.0 hrs	Escuela FAP
5	16/09/2020	5.0 hrs	25.0 hrs	Angamos - Surquillo
6	17/09/2020	5.0 hrs	30.0 hrs	Angamos - Surquillo
7	18/09/2020	5.0 hrs	35.0 hrs	Angamos - Surquillo
8	19/09/2020	5.0 hrs	40.0 hrs	Angamos - Surquillo
9	21/09/2020	5.0 hrs	45.0 hrs	Angamos - Surquillo
10	22/09/2020	5.0 hrs	50.0 hrs	Angamos - Surquillo
11	23/09/2020	5.0 hrs	55.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
12	24/09/2020	5.0 hrs	60.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
13	25/09/2020	2.0 hrs	62.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
14	26/09/2020	5.0 hrs	67.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
15	28/09/2020	5.0 hrs	72.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
16	29/09/2020	5.0 hrs	77.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
17	30/09/2020	5.0 hrs	82.0 hrs	Av. Los Heroes-SJM 15801
18	01/10/2020	5.0 hrs	87.0 hrs	Av. Comandante perez
19	02/10/2020	6.0 hrs	93.0 hrs	Av. Comandante perez
20	03/10/2020	6.0 hrs	99.0 hrs	Av. Comandante perez
Tiempo total de operación (Horas)			99.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo experimental A trabajo 99 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 62. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Post Test)

COMPORTAMIENTO DE HORAS DE TRABAJO (GRUPO A - POST TEST)						
FECHA	AMS 10	AMS 05	AMS 06	TTO GRUPO A	N° MAQUINAS QUE TRABAJARON EN EL DÍA	PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS
	A	B	C	D=A+B+C	E	F=D/E
7/09/2020	-	-	5.0 hrs	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
8/09/2020	-	-	5.0 hrs	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs
9/09/2020	-	6.0 hrs	5.0 hrs	11.0 hrs	2 MAQUINAS	5.5 hrs
10/09/2020	5.0 hrs	6.0 hrs	5.0 hrs	16.0 hrs	3 MAQUINAS	5.3 hrs
11/09/2020	5.0 hrs	6.0 hrs	-	11.0 hrs	2 MAQUINAS	5.5 hrs
12/09/2020	5.0 hrs	6.0 hrs	-	11.0 hrs	2 MAQUINAS	5.5 hrs
14/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
15/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
16/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
17/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
18/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
19/09/2020	3.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	13.0 hrs	3 MAQUINAS	4.3 hrs
21/09/2020	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
22/09/2020	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
23/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
24/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
25/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	2.0 hrs	12.0 hrs	3 MAQUINAS	4.0 hrs
26/09/2020	5.0 hrs	2.0 hrs	5.0 hrs	12.0 hrs	3 MAQUINAS	4.0 hrs
28/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
29/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
30/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
1/10/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
2/10/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	6.0 hrs	16.0 hrs	3 MAQUINAS	5.3 hrs
3/10/2020	-	5.0 hrs	6.0 hrs	11.0 hrs	2 MAQUINAS	5.5 hrs

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Post Test) se sumó el total de horas trabajadas para cada día y se promedió según el número de mini cargadores que trabajo en el mismo día para determinar con mayor exactitud cómo afecta una falla al promedio. La tabla solo se usó para realizar la Figura 18 (no guarda relación directa con los resultado de los instrumentos).

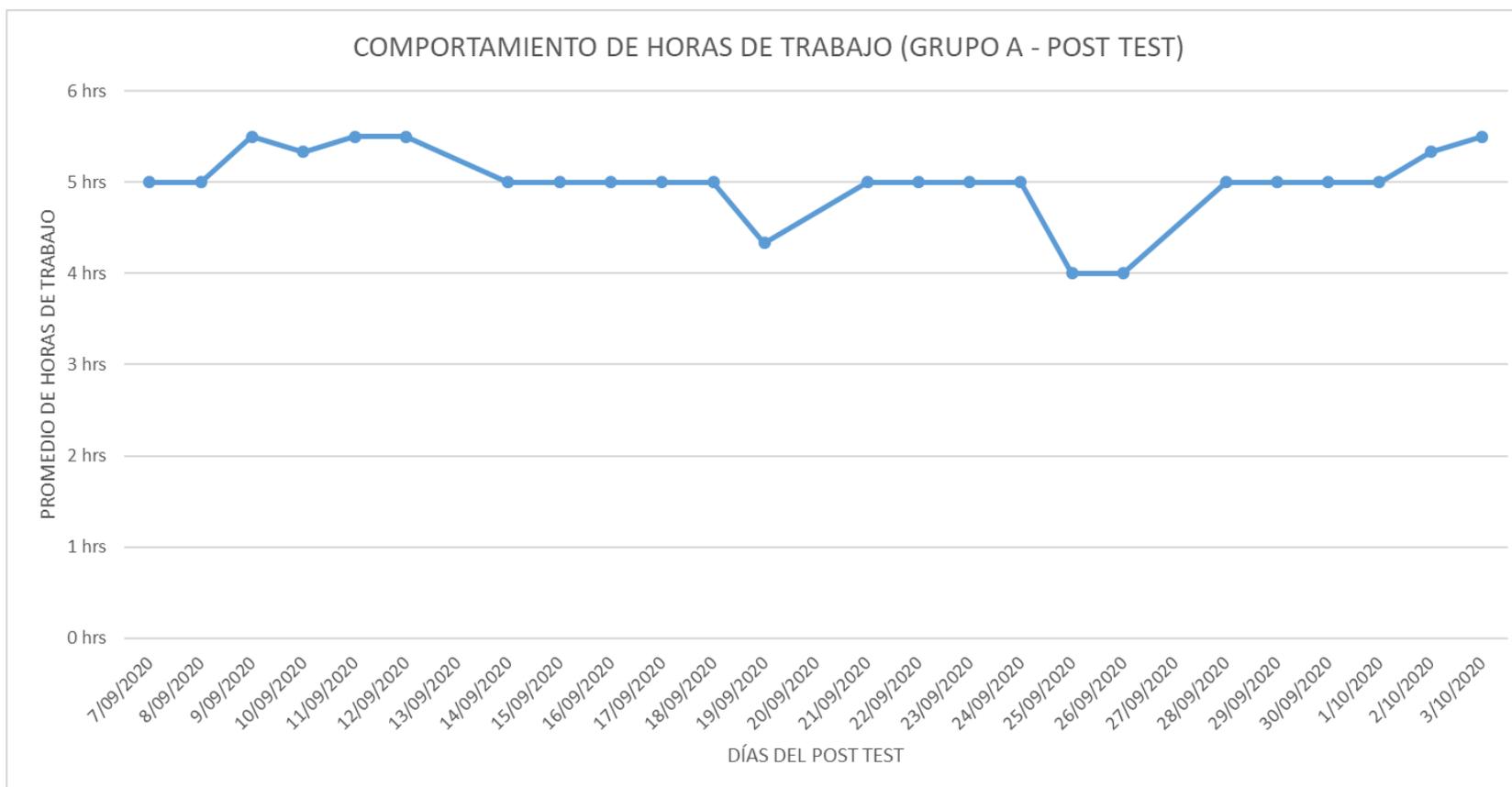


Figura 18. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo A – Post Test).

En la Tabla 62 se muestra el promedio de tiempo total de operación TTO de los 3 mini cargadores del grupo experimental A (Post Test). Se evidencia un comportamiento estable con dos caídas leves a comparación de su Pre Test (Figura 5).

Tabla 63. *Tiempo total de operación del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 09	
FECHA: 08/09/2020 hasta 02/10/2020			MARCA: JOHN DEERE 320D	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	08/09/2020	2.0 hrs	2.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
2	09/09/2020	5.0 hrs	7.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
3	10/09/2020	5.0 hrs	12.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
4	11/09/2020	5.0 hrs	17.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
5	12/09/2020	5.0 hrs	22.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
6	14/09/2020	3.0 hrs	25.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
7	15/09/2020	.0 hrs	25.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
8	16/09/2020	.0 hrs	25.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
9	17/09/2020	5.0 hrs	30.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
10	18/09/2020	5.0 hrs	35.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
11	19/09/2020	5.0 hrs	40.0 hrs	Av. Alameda - Chorrillos
12	23/09/2020	5.0 hrs	45.0 hrs	Rosas - Surquillo
13	24/09/2020	5.0 hrs	50.0 hrs	Rosas - Surquillo
14	25/09/2020	5.0 hrs	55.0 hrs	Rosas - Surquillo
15	26/09/2020	5.0 hrs	60.0 hrs	Rosas - Surquillo
16	28/09/2020	5.0 hrs	65.0 hrs	Rosas - Surquillo
17	29/09/2020	5.0 hrs	70.0 hrs	Rosas - Surquillo
18	30/09/2020	5.0 hrs	75.0 hrs	Rosas - Surquillo
19	01/10/2020	5.0 hrs	80.0 hrs	Rosas - Surquillo
20	02/10/2020	5.0 hrs	85.0 hrs	Rosas - Surquillo
Tiempo total de operación (Horas)			85.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo control B trabajo 85 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 64. *Tiempo total de operación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 08	
FECHA: 07/09/2020 hasta 30/09/2020			MARCA: CASE SR220	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	07/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	Jesus Maria - Fontanera
2	08/09/2020	5.0 hrs	10.0 hrs	Jesus Maria - Fontanera
3	10/09/2020	5.0 hrs	15.0 hrs	Jesus Maria - Fontanera
4	11/09/2020	5.0 hrs	20.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
5	12/09/2020	2.0 hrs	22.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
6	14/09/2020	5.0 hrs	27.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
7	15/09/2020	5.0 hrs	32.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
8	16/09/2020	5.0 hrs	37.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
9	17/09/2020	5.0 hrs	42.0 hrs	Av. Villa del Mar - VES
10	18/09/2020	5.0 hrs	47.0 hrs	Bajada Marbella
11	19/09/2020	5.0 hrs	52.0 hrs	Bajada Marbella
12	21/09/2020	5.0 hrs	57.0 hrs	Palma Soriano - VMT
13	22/09/2020	5.0 hrs	62.0 hrs	Palma Soriano - VMT
14	23/09/2020	5.0 hrs	67.0 hrs	Palma Soriano - VMT
15	24/09/2020	5.0 hrs	72.0 hrs	Palma Soriano - VMT
16	25/09/2020	5.0 hrs	77.0 hrs	Plaza de acho
17	26/09/2020	5.0 hrs	82.0 hrs	Plaza de acho
18	28/09/2020	.0 hrs	82.0 hrs	Plaza de acho
19	29/09/2020	5.0 hrs	87.0 hrs	Plaza de acho
20	30/09/2020	5.0 hrs	92.0 hrs	Plaza de acho
Tiempo total de operación (Horas)			92.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR220 (AMS-08) del grupo control B trabajo 92 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 65. *Tiempo total de operación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B)*

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 07	
FECHA: 07/09/2020 hasta 01/10/2020			MARCA: BOBCAT S250	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT.			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1	07/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	Refineria Conchan
2	08/09/2020	5.0 hrs	10.0 hrs	Refineria Conchan
3	09/09/2020	5.0 hrs	15.0 hrs	Refineria Conchan
4	10/09/2020	5.0 hrs	20.0 hrs	Refineria Conchan
5	11/09/2020	5.0 hrs	25.0 hrs	Av. Colonial - Callao
6	12/09/2020	5.0 hrs	30.0 hrs	Av. Colonial - Callao
7	14/09/2020	5.0 hrs	35.0 hrs	Av. Colonial - Callao
8	15/09/2020	5.0 hrs	40.0 hrs	Villa maria del triunfo
9	16/09/2020	1.0 hrs	41.0 hrs	Villa maria del triunfo
10	17/09/2020	5.0 hrs	46.0 hrs	Villa maria del triunfo
11	21/09/2020	2.0 hrs	48.0 hrs	Villa maria del triunfo
12	22/09/2020	5.0 hrs	53.0 hrs	Villa maria del triunfo
13	23/09/2020	5.0 hrs	58.0 hrs	Makro de Surco
14	24/09/2020	5.0 hrs	63.0 hrs	Makro de Surco
15	25/09/2020	5.0 hrs	68.0 hrs	Makro de Surco
16	26/09/2020	5.0 hrs	73.0 hrs	Makro de Surco
17	28/09/2020	3.0 hrs	76.0 hrs	Makro de Surco
18	29/09/2020	.0 hrs	76.0 hrs	Makro de Surco
19	30/09/2020	5.0 hrs	81.0 hrs	Makro de Surco
20	01/10/2020	5.0 hrs	86.0 hrs	Makro de Surco
Tiempo total de operación (Horas)			86.0 hrs	

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo control B trabajo 86 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 66. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Post Test)

COMPORTAMIENTO DE HORAS DE TRABAJO (GRUPO B - POST TEST)						
FECHA	AMS 09	AMS 08	AMS 07	TTO GRUPO B	N° MAQUINAS QUE TRABAJARON EN EL DÍA	PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS
	A	B	C	D=A+B+C	E	F=D/E
7/09/2020	-	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
8/09/2020	2.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	12.0 hrs	3 MAQUINAS	4.0 hrs
9/09/2020	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
10/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
11/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
12/09/2020	5.0 hrs	2.0 hrs	5.0 hrs	12.0 hrs	3 MAQUINAS	4.0 hrs
14/09/2020	3.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	13.0 hrs	3 MAQUINAS	4.3 hrs
15/09/2020	0.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
16/09/2020	0.0 hrs	5.0 hrs	1.0 hrs	6.0 hrs	3 MAQUINAS	2.0 hrs
17/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
18/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
19/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	-	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
21/09/2020	-	5.0 hrs	2.0 hrs	7.0 hrs	2 MAQUINAS	3.5 hrs
22/09/2020	-	5.0 hrs	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
23/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
24/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
25/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
26/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
28/09/2020	5.0 hrs	0.0 hrs	3.0 hrs	8.0 hrs	3 MAQUINAS	2.7 hrs
29/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	0.0 hrs	10.0 hrs	3 MAQUINAS	3.3 hrs
30/09/2020	5.0 hrs	5.0 hrs	5.0 hrs	15.0 hrs	3 MAQUINAS	5.0 hrs
1/10/2020	5.0 hrs	-	5.0 hrs	10.0 hrs	2 MAQUINAS	5.0 hrs
2/10/2020	5.0 hrs	-	-	5.0 hrs	1 MAQUINA	5.0 hrs

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Post Test) se sumó el total de horas trabajadas para cada día y se promedió según el número de mini cargadores que trabajo en el mismo día para determinar con mayor exactitud cómo afecta una falla al promedio. La tabla solo se usó para realizar la Figura 19 (no guarda relación directa con los resultado de los instrumentos).

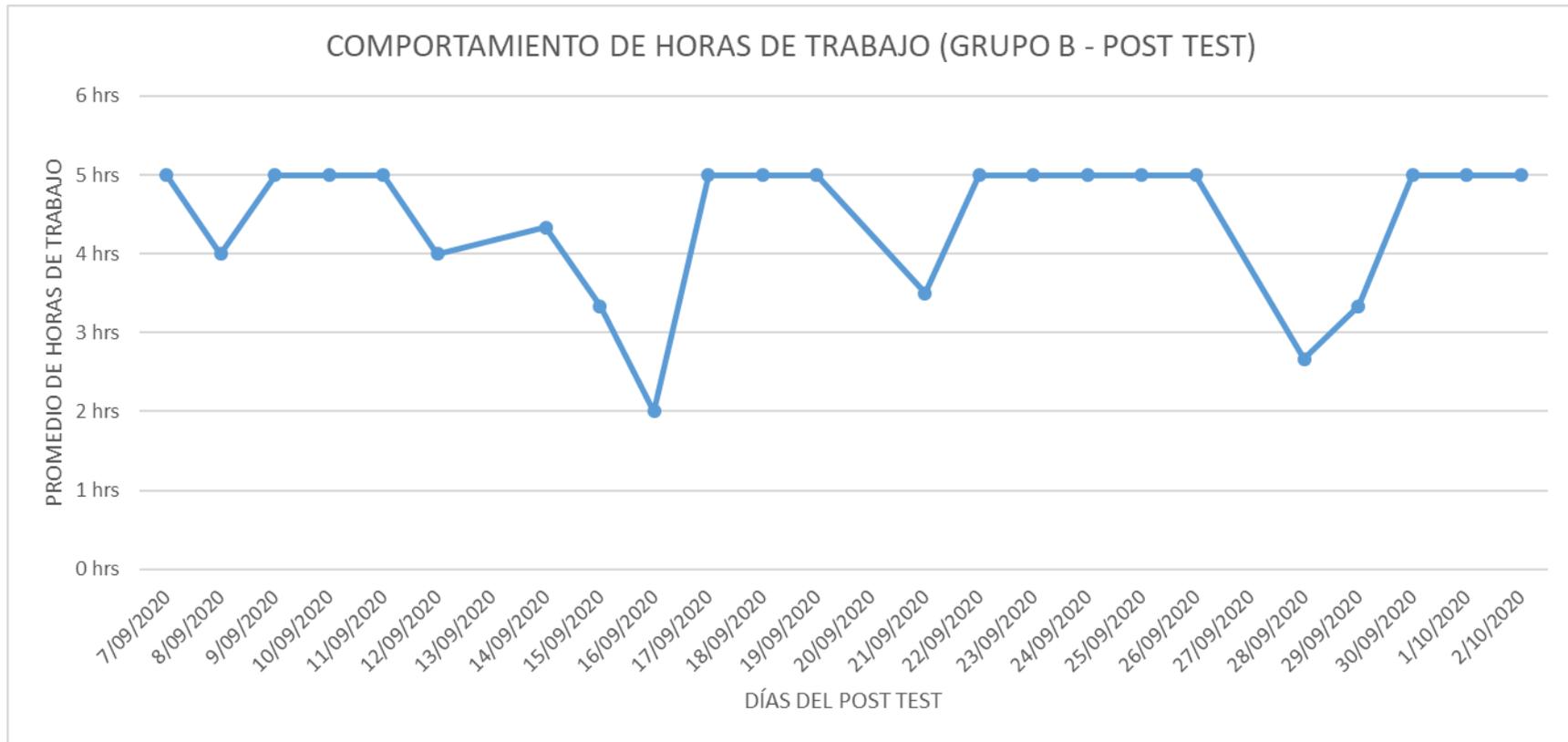


Figura 19. Comportamiento de horas de trabajo (Grupo B – Post Test).

En la Tabla 66 se muestra el promedio de tiempo total de operación TTO de los 3 mini cargadores del grupo control B (Post Test). Se evidencia la caída de horas promedias de trabajo en los días que ocurren las fallas imprevistas.

Las paradas tienen una duración máxima de 8 horas al día, debido a que es la hora máxima que trabaja el personal de mantenimiento en un día. Según la gravedad de una falla, será necesario más días de reparación. En el Post Test, el grupo experimental A presenta 8 horas de paradas, mientras que el grupo control B presenta 58 horas de paradas imprevistas, por lo tanto, se redujo en un 86.20% la duración de paradas. A compararlo con el Pre Test del grupo A (Tabla 15) donde se obtuvo 82 horas de paradas imprevistas, se logró reducir en un 90.24% el número de horas de paradas de los mini cargadores del grupo experimental A.

Tabla 67. Duración de paradas de las maquinas (Post-Test)

DURACIÓN DE PARADAS DE LAS MAQUINAS								
DIAS	GRUPO A			GRUPO B			TOTAL GRUPO A	TOTAL GRUPO B
	AMS 10	AMS 05	AMS 06	AMS 09	AMS 08	AMS 07		
8/09/2020				6 hrs			0 hrs	6 hrs
12/09/2020					6 hrs		0 hrs	6 hrs
14/09/2020				2 hrs			0 hrs	2 hrs
15/09/2020				8 hrs			0 hrs	8 hrs
16/09/2020				8 hrs		4 hrs	0 hrs	12 hrs
19/09/2020	2 hrs						2 hrs	0 hrs
21/09/2020						6 hrs	0 hrs	6 hrs
25/09/2020			3 hrs				3 hrs	0 hrs
26/09/2020		3 hrs					3 hrs	0 hrs
28/09/2020					8 hrs	2 hrs	0 hrs	10 hrs
29/09/2020						8 hrs	0 hrs	8 hrs
TOTAL	2 hrs	3 hrs	3 hrs	24.0 hrs	14.0 hrs	20.0 hrs	8 hrs	58 hrs

Fuente: elaboración propia con información de la empresa Arango Maquinarias S.A.C.

Cantidad de fallas (F) – Ítem de las dimensiones de confiabilidad y mantenibilidad

En la ficha de reporte de fallas se detalla la fecha, descripción y duración desde que ocurren las fallas hasta que son reparadas en los mini cargadores del grupo experimental A y el grupo control B ocurridos en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020 (POST-TEST). El número de fallas permitirá calcular los indicadores de tiempo promedio entre fallas TPEF y el tiempo promedio de reparación TPDR.

Tabla 68. Reporte de fallas del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 10/09/2020 hasta 02/10/2020		MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
19/09/2020	Fuga de aceite	Acoples	2 hrs
		TOTAL	2 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo experimental A presento una parada imprevista que duro 2 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 69. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 05	
FECHA: 09/09/2020 hasta 03/10/2020		MARCA: BOBCAT 873	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
26/09/2020	Motor recalienta	Faja del ventilador	3 hrs
		TOTAL	3 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo experimental A presento una parada imprevista que duro 3 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 70. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 06	
FECHA: 07/09/2020 hasta 03/10/2020		MARCA: BOBCAT 863	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
25/09/2020	Falla en el tablero de control	Fusibles	3 hrs
TOTAL			3 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo experimental A presento una parada imprevista que duro 3 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 71. Reporte de fallas del mini cargador JOHN DEERE 320D - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 09	
FECHA: 08/09/2020 hasta 02/10/2020		MARCA: JOHN DEERE 320D	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
8/09/2020	Rotura de niple de manguera hidráulica	Manguera hidráulica	6 hrs
14/09/2020 hasta el 16/09/2020	Giro atascado	Motor hidrostático	18 hrs
TOTAL			24 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo control B presento dos paradas imprevistas que duraron en total 24 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 72. Reporte de fallas del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 08	
FECHA: 07/09/2020 hasta 30/09/2020		MARCA: CASE SR220	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
12/09/2020	Falla en el sensor	Sensor de parqueo	6 hrs
28/09/2020	Mal prensado de terminal	Manguera hidráulica	8 hrs
TOTAL			14 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR200 (AMS-08) del grupo control B presento dos paradas imprevistas que duraron en total 14 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 73. Reporte de fallas del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA: MINI CARGADOR		CÓDIGO: AMS - 07	
FECHA: 07/09/2020 hasta 01/10/2020		MARCA: BOBCAT S250	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
16/09/2020	Motor se acelera, humo negro	Bomba de transferencia	4 hrs
21/09/2020	Rotura de pin	Bobtach	6 hrs
28/09/2020 hasta el 29/09/2020	La máquina no arranca	Arrancador	10 hrs
TOTAL			20 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo control B presento dos paradas imprevistas que duraron en total 20 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tiempo total de reparación (TTR) – Indicador de la dimensión de mantenibilidad

El tiempo total de reparación (TTR) es el número de horas transcurrido desde que inicia la reparación del equipo hasta que vuelve a estar operativa y se debe registrar para el grupo experimental A y el grupo control B desde la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre (POST–TEST). El tiempo total de reparación TTR, permitirá calcular el indicador de tiempo promedio de reparación TPDR.

Tabla 74. *Tiempo total de reparación del mini cargador CATERPILLAR 252B - AMS 10 (POST TEST – GRUPO A)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR			CÓDIGO: AMS - 10	
FECHA: 10/09/2020 hasta 02/10/2020			MARCA: CATERPILLAR 252B	
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT			PÁGINA 1 DE 1	
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Fuga de aceite	19/09/2020	Cambio de o-ring	Acoples	2 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				2 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CATERPILLAR 252B (AMS-10) del grupo experimental A presento una falla imprevista y el tiempo que tardo la reparación fue de 2 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 75. Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 873 - AMS 05 (POST TEST – GRUPO A)

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINI CARGADOR				CÓDIGO: AMS - 05
FECHA: 09/09/2020 hasta 03/10/2020				MARCA: BOBCAT 873
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
El motor recalienta	26/09/2020	Se cambió el perno y tuerca, estaba rodado	Faja de ventilador	3 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				3 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 873 (AMS-05) del grupo experimental A presento una falla imprevista y el tiempo que tardo la reparación fue de 3 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 76. *Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT 863 - AMS 06 (POST TEST – GRUPO A)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINICARGADOR				CÓDIGO: AMS - 06
FECHA: 07/09/2020 hasta 03/10/2020				MARCA: BOBCAT 863
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Falla en el tablero de control	25/09/2020	Se cambió los fusibles de la caja por unos nuevos	Caja de fusibles	3 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				3 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT 863 (AMS-06) del grupo experimental A presento una falla imprevista y el tiempo que tardo la reparación fue de 3 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 77. Tiempo total de reparación del mini cargador JOHN DEERE - AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINICARGADOR				CÓDIGO: AMS - 09
FECHA: 08/09/2020 hasta 02/10/2020				MARCA: JOHN DEERE 320D
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Rotura de terminal de manguera hidráulica	08/09/2020	Se compró un terminal y se prensó de nuevo	Manguera hidráulica	5 hrs
Giro atascado	14/09/2020 hasta el 16/09/2020	Se cambió un rodaje interno	Motor Hidrostático	17 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				22 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador JOHN DEERE 320D (AMS-09) del grupo control B presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardaron las reparaciones fueron 22 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 78. *Tiempo total reparación del mini cargador CASE SR220 - AMS 08 (POST TEST – GRUPO B)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINICARGADOR				CÓDIGO: AMS - 08
FECHA: 07/09/2020 hasta 30/09/2020				MARCA: CASE SR220
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Falla en sensores	12/09/2020	Se anuló el sensor	Sensor de parqueo	5 hrs
Mal prensado de terminal	28/09/2020	Se llevó la manguera a prensar terminal	Manguera hidráulica	7 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				12 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador CASE SR200 (AMS-08) del grupo control B presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 12 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Tabla 79. *Tiempo total de reparación del mini cargador BOBCAT S250 - AMS 07 (POST TEST – GRUPO B)*

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA: MINICARGADOR				CÓDIGO: AMS - 07
FECHA: 07/09/2020 hasta 01/10/2020				MARCA: BOBCAT S250
RESPONSABLE(S): SUPERV. DE MANT				PÁGINA 1 DE 1
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HORAS)
Motor se acelera	16/09/200	Se reparó la bomba de transferencia	Bomba de transferencia	3 hrs
Rotura de pin	21/09/2020	Se cambió por un pin de repuesto	Bobtach	4 hrs
La máquina no arranca	28/09/2020 hasta el 29/09/2020	Se llevó el arrancador a reparar	Arrancador	8 hrs
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				15 hrs

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

El mini cargador BOBCAT S250 (AMS-07) del grupo control B presento dos fallas imprevistas y el tiempo que tardo las reparaciones en total fueron 17 horas en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020.

Resultado de disponibilidad (POST TEST)

Los valores obtenidos del tiempo total de operación (TTO), el tiempo total de reparación (TTR) y el número de fallas (F) durante la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre, se ordenaron en la siguiente tabla donde se aplica las fórmulas de la teoría, hallando los siguientes porcentajes de disponibilidad.

Tabla 80. Resumen de disponibilidad del Grupo experimental A (POST TEST)

	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	CONFIABILIDAD - TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	MANTENIBILIDAD - TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
			A	B	C	$D = B / A$	$E = C / A$	$F = D / (D+E)$
GRUPO A	MINI CARGADOR	AMS - 10	1	98 hrs	2 hrs	98 hrs	2 hrs	98.00%
	MINI CARGADOR	AMS - 05	1	101 hrs	3 hrs	101 hrs	3 hrs	97.12%
	MINI CARGADOR	AMS - 06	1	99 hrs	3 hrs	99 hrs	3 hrs	97.06%
PROMEDIO								97.39%

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

En el Post Test se determinó que la disponibilidad en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020 para el grupo experimental A conformado por tres mini cargadores luego de la aplicación de la metodología AMFE y las acciones preventivas, es de 97.39%.

Tabla 81. Resumen de disponibilidad del Grupo control B (POST TEST)

	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	CONFIABILIDAD - TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	MANTENIBILIDAD - TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
			A	B	C	D = B / A	E = C / A	F = D / (D+E)
GRUPO B	MINI CARGADOR	AMS - 09	2	85 hrs	22 hrs	42.50 hrs	11 hrs	79.44%
	MINI CARGADOR	AMS - 08	2	92 hrs	12 hrs	46.00 hrs	6 hrs	88.46%
	MINI CARGADOR	AMS - 07	3	86 hrs	15 hrs	28.67 hrs	5 hrs	85.15%
PROMEDIO								84.35%

Fuente: elaborado con información extraída de Arango Maquinaria S.A.C.

En el Post Test se determinó que la disponibilidad en 20 días operativos entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020 para el grupo control B conformado por tres mini cargadores es de 84.35%.

Ingresos y pérdidas de los mini cargadores (Post Test)

Para hallar los ingresos y pérdidas es necesario usar los datos de tiempo total de operación (Tabla 59 a Tabla 65) y la duración de paradas (Tabla 68 a Tabla 73), el costo de hora varía debido a que la tarifa es consecuente de factores como la distancia, el tipo de trabajo, entre otros factores internos.

Tabla 82. Ingreso y pérdida del mini cargador CATERPILLAR 252B – AMS 08 (POST TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)		INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C		A x C		B x C
7/09/2020	No hubo trabajo						
8/09/2020	No hubo trabajo						
9/09/2020	No hubo trabajo						
10/09/2020	5 hrs		S/	95.00	S/	475.00	S/ -
11/09/2020	5 hrs		S/	95.00	S/	475.00	S/ -
12/09/2020	5 hrs		S/	95.00	S/	475.00	S/ -
13/09/2020	DESCANSO						
14/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
15/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
16/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
17/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
18/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
19/09/2020	3 hrs	2 hrs	S/	90.00	S/	270.00	S/ 180.00
20/09/2020	DESCANSO						
21/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
22/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
23/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
24/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
25/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
26/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
27/09/2020	DESCANSO						
28/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
29/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
30/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
1/10/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
2/10/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
TOTAL					S/	8,620.00	S/ 180.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 83. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05 (POST TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C	B x C	
7/09/2020	No hubo trabajo					
8/09/2020	No hubo trabajo					
9/09/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	
10/09/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	
11/09/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	
12/09/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	
13/09/2020	DESCANSO					
14/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
15/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
16/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
17/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
18/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
19/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	
20/09/2020	DESCANSO					
21/09/2020	No hubo trabajo					
22/09/2020	No hubo trabajo					
23/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
24/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
25/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
26/09/2020	2 hrs	3 hrs	S/ 95.00	S/ 190.00	S/ 285.00	
27/09/2020	DESCANSO					
28/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
29/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
30/09/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
1/10/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
2/10/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
3/10/2020	5 hrs		S/ 95.00	S/ 475.00	S/ -	
			TOTAL	S/ 9,325.00	S/ 285.00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 84. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06 (POST TEST – GRUPO A)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C	B x C	
7/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00	S/ -	-
8/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00	S/ -	-
9/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00	S/ -	-
10/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00	S/ -	-
11/09/2020	No hubo trabajo					
12/09/2020	No hubo trabajo					
13/09/2020	DESCANSO					
14/09/2020	No hubo trabajo					
15/09/2020	No hubo trabajo					
16/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
17/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
18/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
19/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
20/09/2020	DESCANSO					
21/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
22/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
23/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
24/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
25/09/2020	2 hrs	3 hrs	S/ 90.00	S/ 180.00	S/ 270.00	270.00
26/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
27/09/2020	DESCANSO					
28/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
29/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00	S/ -	-
30/09/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	-
1/10/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	-
2/10/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	-
3/10/2020	6 hrs		S/ 90.00	S/ 540.00	S/ -	-
TOTAL				S/ 8,990.00	S/ 270.00	270.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 85. Ingreso y pérdida del mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09 (POST TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)		INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C		A x C		B x C
7/09/2020	No hubo trabajo						
8/09/2020	2 hrs	6 hrs	S/	90.00	S/	180.00	S/ 540.00
9/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
10/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
11/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
12/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
13/09/2020	DESCANSO						
14/09/2020	6 hrs	2 hrs	S/	90.00	S/	540.00	S/ 180.00
15/09/2020		5 hrs	S/	90.00	S/	-	S/ 450.00
16/09/2020		5 hrs	S/	90.00	S/	-	S/ 450.00
17/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
18/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
19/09/2020	5 hrs		S/	90.00	S/	450.00	S/ -
20/09/2020	DESCANSO						
21/09/2020	No hubo trabajo						
22/09/2020	No hubo trabajo						
23/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
24/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
25/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
26/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
27/09/2020	DESCANSO						
28/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
29/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
30/09/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
1/10/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
2/10/2020	5 hrs		S/	85.00	S/	425.00	S/ -
3/10/2020	No hubo trabajo						
TOTAL					S/	7,695.00	S/ 1,620.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 86. Ingreso y pérdida del mini cargador CASE SR 220 – AMS 10 (POST TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C		B x C
7/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
8/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
9/09/2020	No hubo trabajo					
10/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
11/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
12/09/2020	2 hrs	6 hrs	S/ 85.00	S/ 170.00		S/ 510.00
13/09/2020	DESCANSO					
14/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
15/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
16/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
17/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
18/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
19/09/2020	5 hrs		S/ 85.00	S/ 425.00		S/ -
20/09/2020	DESCANSO					
21/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
22/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
23/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
24/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
25/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
26/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
27/09/2020	DESCANSO					
28/09/2020		5 hrs	S/ 90.00	S/ -		S/ 450.00
29/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
30/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
1/10/2020	No hubo trabajo					
2/10/2020	No hubo trabajo					
3/10/2020	No hubo trabajo					
TOTAL				S/ 8,020.00		S/ 960.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 87. Ingreso y pérdida del mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07 (POST TEST – GRUPO B)

FECHA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	HORAS DE SERVICIO PERDIDAS (HORAS)	PRECIO POR HORA DE SERVICIO (S/.)	INGRESOS		INGRESOS PERDIDOS
	A	B	C	A x C		B x C
7/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
8/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
9/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
10/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
11/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
12/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
13/09/2020	DESCANSO					
14/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
15/09/2020	5 hrs		S/ 80.00	S/ 400.00		S/ -
16/09/2020	1 hrs	4 hrs	S/ 90.00	S/ 90.00		S/ 360.00
17/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
18/09/2020	No hubo trabajo					
19/09/2020	No hubo trabajo					
20/09/2020	DESCANSO					
21/09/2020	2 hrs	6 hrs	S/ 90.00	S/ 180.00		S/ 540.00
22/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
23/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
24/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
25/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
26/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
27/09/2020	DESCANSO					
28/09/2020	3 hrs	2 hrs	S/ 90.00	S/ 270.00		S/ 180.00
29/09/2020		5 hrs	S/ 90.00	S/ -		S/ 450.00
30/09/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
1/10/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
2/10/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
3/10/2020	5 hrs		S/ 90.00	S/ 450.00		S/ -
TOTAL				S/ 8,240.00		S/ 1,530.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 88. Comparación de ingresos ganados y perdidos del Grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)

GRUPO CONTROL B (POST TEST)			GRUPO EXPERIMENTAL A (POST TEST)			COMPARACIÓN	
MINICARGADOR	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS	MINICARGADOR	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS	INCREMENTO DE INGRESOS (% Δ)	REDUCCIÓN DE INGRESOS PERDIDOS (% ∇)
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	S/ 7,695.00	S/ 1,620.00	CATERPILLAR 252B – AMS 10	S/ 8,620.00	S/ 180.00	12.02%	88.89%
CASE SR 220 – AMS 08	S/ 8,020.00	S/ 960.00	BOBCAT 873 – AMS 05	S/ 9,325.00	S/ 285.00	16.27%	70.31%
BOBCAT S250 – AMS 07	S/ 8,240.00	S/ 1,530.00	BOBCAT 863 – AMS 06	S/ 8,990.00	S/ 270.00	9.10%	82.35%
TOTAL	S/ 23,955.00	S/ 4,110.00	TOTAL	S/ 26,935.00	S/ 735.00	12.44%	82.12%

Fuente: elaboración propia.

Luego de la aplicación de la herramienta, el Post Test del grupo experimental A obtuvo ingresos de S/ 26,935.00 y perdió ingresos de S/ 735.00, mientras que el grupo control B obtuvo ingresos de S/. 23,995.00 y perdió ingresos a causa de las horas de fallas por S/ 4,110.00. Por lo tanto, aplicar la herramienta redujo los ingresos perdidos (% ∇) a un 82.12%.

Tabla 89. Comparación de ingresos ganados y perdidos del Grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)

GRUPO EXPERIMENTAL A (PRE TEST)			GRUPO EXPERIMENTAL A (POST TEST)			COMPARACIÓN	
MINICARGADOR	INGRESO	PERDIDA	MINICARGADOR	INGRESOS	INGRESOS PERDIDOS	INCREMENTO DE INGRESOS (% Δ)	REDUCCIÓN DE INGRESOS PERDIDOS (% ∇)
CATERPILLAR 252B – AMS 10	S/ 7,625.00	S/ 1,890.00	CATERPILLAR 252B – AMS 10	S/ 8,620.00	S/ 180.00	13.05%	90.48%
BOBCAT 873 – AMS 05	S/ 8,100.00	S/ 1,160.00	BOBCAT 873 – AMS 05	S/ 9,325.00	S/ 285.00	15.12%	75.43%
BOBCAT 863 – AMS 06	S/ 8,167.50	S/ 1,080.00	BOBCAT 863 – AMS 06	S/ 8,990.00	S/ 270.00	10.07%	75.00%
TOTAL	S/ 23,892.50	S/ 4,130.00	TOTAL	S/ 26,935.00	S/ 735.00	12.73%	82.20%

Fuente: elaboración propia.

Al comparar el grupo experimental A (Pre Test) con el grupo experimental A (Post Test) se identificó una reducción de ingresos perdidos (% ∇) de 82.20%. Esto indica que la herramienta redujo significativamente el dinero que se pierde a causa de las fallas que ocurren dentro de las horas de servicio de los mini cargadores.

Análisis financiero

Costo de servicio antes de la aplicación de la herramienta (Pre Test)

Para calcular el costo de servicio de alquiler de mini cargadores es necesario determinar el costo de combustible, costo de mano de obra directa, costos indirectos de fabricación y costos de repuestos.

Costo de combustible para el grupo A (Pre Test)

El costo del combustible de cada mini cargador se obtiene en base a su consumo de petróleo por el tiempo total de operación (Tabla 7 a Tabla 13).

Tabla 90. Costo de combustible para los mini cargadores del grupo experimental A (Pre Test)

MINI CARGADOR	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	CONSUMO DE PETRÓLEO POR HORA	COSTO DE PETRÓLEO (gal)	COSTO TOTAL DE COBUSTIBLE
	A	B	C	$E = A \times B \times C$
CATERPILLAR 252B – AMS 08	82.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,237.50
BOBCAT 873 – AMS 05	88.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,327.50
BOBCAT 863 – AMS 06	93.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,402.50
			TOTAL	S/3,967.50

Fuente. elaboración propia.

Costo de combustible para el grupo B (Pre Test)

Tabla 91. Costo de combustible para los mini cargadores del Grupo control B (Pre Test)

MINI CARGADOR	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	CONSUMO DE PETRÓLEO POR HORA	COSTO DE PETRÓLEO (gal)	COSTO TOTAL DE COBUSTIBLE
	A	B	C	$E = A \times B \times C$
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	84.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,267.50
CASE SR 220 – AMS 10	95.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,432.50
BOBCAT S250 – AMS 07	91.50 hrs	1.25 gal/h	S/12.00	S/1,372.50
			TOTAL	S/4,072.50

Fuente: elaboración propia.

Costo de mano de obra directa para el grupo A y B (Pre Test)

El segundo costo a calcular, son los costos de la mano de obra directa, en este caso son los operadores de las máquinas y el personal encargado del mantenimiento de los mismos. El costo total es de S/17,264.88 y este será asignado en un 50% (S/ 8,632.44) a cada grupo de mini cargador A y B.

Tabla 92. Costo de mano de obra directa (Pre Test)

MANO DE OBRA DIRECTA										
	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUELDO	GRATIFICACIONES	SCTR	ESSALUD	EXAMEN MEDICO	TOTAL	
						1.53%	9%	S/140 por persona anual		
Jefe de mantenimiento	Sueldo	1	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 366.67	S/ 33.66	S/ 198.00	S/ 11.67	S/ 2,809.99	
Operador de maquinaria	Sueldo	6	S/ 1,700.00	S/ 10,200.00	S/ 1,700.00	S/ 156.06	S/ 918.00	S/ 70.00	S/ 13,044.06	
Auxiliar mecanico	Sueldo	1	S/ 1,100.00	S/ 1,100.00	S/ 183.33	S/ 16.83	S/ 99.00	S/ 11.67	S/ 1,410.83	
TOTAL				S/ 13,500.00	S/ 2,250.00	S/ 206.55	S/ 1,215.00	S/ 93.33	S/ 17,264.88	

Fuente: elaboración propia.

Costo indirecto de fabricación para el grupo A y B (Pre Test)

El tercer costo a calcular son los costos indirectos de fabricación (CIF), se observa que el total es S/8,789.81 y este de igual manera que la mano de obra directa (MOD) se asigna en un 50% (S/ 4,394.91) a cada grupo de mini cargador A y B.

Tabla 93. Costos indirectos de fabricación CIF (Pre Test)

	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	GRATIFICACIONES	SCTR	ESSALUD	TOTAL
						1.53%	9%	
COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA								
Administrador	Sueldo	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 250.00	S/ 22.95	S/ 135.00	S/ 1,907.95
Gerente	Sueldo	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 333.33	S/ 30.60	S/ 180.00	S/ 2,543.93
Auxiliar	Sueldo	1	S/ 930.00	S/ 930.00	S/ 155.00	S/ 14.23	S/ 398.70	S/ 1,497.93
TOTAL				S/ 4,430.00	S/ 738.33	S/ 67.78	S/ 713.70	S/ 5,949.81
OTROS GASTOS INDIRECTOS DE SERVICIO								
Alquiler	Servicio	1	S/ 2,500.00					S/ 2,500.00
Luz	Servicio	1	S/ 160.00					S/ 160.00
Agua	Servicio	1	S/ 80.00					S/ 80.00
Internet	Servicio	1	S/ 80.00					S/ 80.00
Hojas Bond A4	Millar	1	S/ 20.00					S/ 20.00
TOTAL								S/ 2,840.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN								S/ 8,789.81

Fuente: elaboración propia.

Costo de repuestos para el grupo A (Pre Test)

El cuarto y último costo a calcular son los repuestos que se compraron para reparar las fallas que ocurrieron en el mes de noviembre del 2019 periodo del Pre Test para cada mini cargador de los grupos A y B.

Tabla 94. Costo de reparación para las fallas de los mini cargadores del grupo experimental A (Pre Test)

COSTO DE REPARACIÓN	
MINICARGADOR	COSTO
CATERPILLAR 252B (AMS-10)	S/ 50.00
BOBCAT 873 (AMS-05)	S/ 25.00
TOTAL REPARACIÓN	S/ 75.00

Fuente: elaboración propia.

Costo de repuestos para el grupo B (Pre Test)

Tabla 95. Costo de reparación para las fallas de los mini cargadores del grupo control B (Pre Test)

COSTO DE REPARACIÓN	
MINICARGADOR	COSTO
JOHN DEERE 320D (AMS 09)	S/ 75.00
CASE SR 220 (AMS 08)	S/ 40.00
BOBCAT S250 (AMS 07)	S/ 90.00
TOTAL REPARACIÓN	S/ 205.00

Fuente: elaboración propia.

Costo total del grupo A (Pre Test)

Como último paso totalizamos los costos del mes de noviembre del 2019 por el servicio de alquiler de los mini cargadores del grupo A y B.

Tabla 96. Costo total para el grupo experimental A (Pre test)

EGRESOS	TOTAL
Combustible	S/ 3,967.50
Mano de obra directa (MOD)	S/ 8,632.44
Costos indirectos de fabricación (CIF)	S/ 4,394.91
Costo de reparación	S/ 75.00
	S/ 17,069.85

Fuente: elaboración propia.

Costo total del grupo B (Pre Test)

Tabla 97. Egreso total para el grupo control B (Pre test)

EGRESOS	TOTAL
Combustible	S/ 4,072.50
Mano de obra directa (MOD)	S/ 8,632.44
Costos indirectos de fabricación (CIF)	S/ 4,394.91
Costo de reparación	S/ 205.00
	S/ 17,304.85

Fuente: elaboración propia.

Costo de servicio después de la aplicación de la herramienta (Post Test)

Para calcular el costo de servicio de alquiler de mini cargadores es necesario determinar el costo de combustible, costo de mano de obra directa, costos indirectos de fabricación y costos de repuestos.

Costo de combustible para el grupo experimental A (Post Test)

El costo del combustible de cada mini cargador se obtiene en base a su consumo de petróleo por el tiempo total de operación (Tabla 59 a Tabla 65).

Tabla 98. Costo de combustible para los mini cargadores del grupo experimental A (Post Test)

MINI CARGADOR	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	CONSUMO DE PETRÓLEO POR HORA	COSTO DE PETRÓLEO (gal)	COSTO TOTAL DE COBUSTIBLE
	A	B	C	E = A x B x C
CATERPILLAR 252B – AMS 08	98 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,470.00
BOBCAT 873 – AMS 05	101 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,515.00
BOBCAT 863 – AMS 06	99 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,485.00
			TOTAL	S/4,470.00

Fuente: elaboración propia.

Costo de combustible para el grupo control B (Post Test)

Tabla 99. Costo de combustible para los mini cargadores del Grupo control B (Post Test)

MINI CARGADOR	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	CONSUMO DE PETRÓLEO POR HORA	COSTO DE PETRÓLEO (gal)	COSTO TOTAL DE COBUSTIBLE
	A	B	C	E = A x B x C
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	85 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,275.00
CASE SR 220 – AMS 10	92 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,380.00
BOBCAT S250 – AMS 07	86 hrs	1.25 gal/h	S/ 12.00	S/1,290.00
			TOTAL	S/3,945.00

Fuente: elaboración propia.

Costo de mano de obra directa para el grupo A y B (Post Test)

El segundo costo a calcular, son los costos de la mano de obra directa (MOD) que no han cambiado desde noviembre del 2019 (Tabla 92) que en este caso son los operadores de las máquinas y el personal encargado del mantenimiento de los mismos. El costo total es de S/17,264.68 y este será asignado en un 50% (S/ 8,632.44) a cada grupo de mini cargador A y B.

Costo indirecto de fabricación para el grupo A y B (Post Test)

El tercer costo a calcular son los costos indirectos de fabricación (CIF) que no ha cambiado desde noviembre del 2019 (Tabla 93), el CIF total es S/8,789.81 y este de igual manera que la mano de obra directa (MOD) será asignada en un 50% (S/ 4,394.91) a cada grupo de mini cargador A y B.

Costos de reparación del grupo experimental A (Post Test)

El cuarto y último costo a calcular son los repuestos que se compraron para reparar las fallas que ocurrieron desde la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre del 2020, para cada mini cargador de los grupos A y B.

Tabla 100. Costo de reparación de los mini cargadores del grupo experimental A (Post Test)

COSTO DE REPARACIÓN	
MINICARGADOR	COSTO
BOBCAT 863 (AMS 06)	S/ 10.00
TOTAL REPARACIÓN	S/ 10.00

Fuente: elaboración propia.

Los mini cargadores AMS 10 y AMS 05 del grupo A no requirieron gastos de repuestos ya que se compraron con anticipación como se muestra en la Tabla 48 y Tabla 49.

Costos de reparación del grupo control B (Post Test)

Tabla 101. Costo de reparación de los mini cargadores del grupo control B (Post Test)

COSTO DE REPARACIÓN	
MINICARGADOR	COSTO
JOHN DEERE 320D (AMS 09)	S/ 40.00
CASE SR 220 (AMS 08)	S/ 25.00
BOBCAT S250 (AMS 07)	S/ 80.00
TOTAL REPARACIÓN	S/ 145.00

Fuente: elaboración propia.

Costo total del grupo experimental A (Post Test)

Como último paso totalizaremos los costos desde la segunda semana de setiembre hasta la primera semana octubre por el servicio de alquiler de mini cargadores del grupo A y B.

Tabla 102. Egreso total para el grupo experimental A (Post test)

EGRESOS	TOTAL
Combustible	S/ 4,470.00
Mano de obra directa (MOD)	S/ 8,632.44
Costos indirectos de fabricación (CIF)	S/ 4,394.91
Costo de reparación	S/ 10.00
	S/ 17,507.35

Fuente: elaboración propia.

Costo total del grupo control B (Post Test)

Tabla 103. Egreso total para el grupo control B (Post test)

EGRESOS	TOTAL
Combustible	S/ 3,945.00
Mano de obra directa (MOD)	S/ 8,632.44
Costos indirectos de fabricación (CIF)	S/ 4,394.91
Costo de reparación	S/ 145.00
	S/ 17,117.35

Fuente: elaboración propia.

Flujo de caja del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)

Tabla 104. Datos previos para calcular el VAN y el TIR del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)

	INGRESOS PERDIDOS (PRE TEST GRUPO A)	INGRESOS PERDIDOS (POST TEST GRUPO A)	DIFERENCIA DE INGRESOS PERDIDOS	REDUCCIÓN DE INGRESOS PERDIDOS (% ∇)	INGRESOS PRE TEST GRUPO A	INGRESOS POST TEST GRUPO A	DIFERENCIA DE INGRESOS	INCREMENTO (% Δ)
COMPARACIÓN	S/ 4,130.00	S/ 735.00	S/ 3,395.00	82.20%	S/ 23,892.50	S/26,935.00	S/ 3,042.50	12.73%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 105. Flujo de caja del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos Grupo A (Post Test)	S/ 27,055.00	S/ 26,935.00	S/ 27,055.00	S/ 26,935.00									
Ingresos por horas de trabajo	S/ 26,935.00												
Ingresos por reventa de aceite hidraulico	S/ 120.00							S/ 120.00					
Egresos Grupo A (Post Test)	S/ 17,507.35												
Mano de obra directa	S/ 8,632.44												
Combustible	S/ 4,470.00												
CIF	S/ 4,394.91												
Reparaciones	S/ 10.00												
BENEFICIOS GRUPO A (POST TEST)	S/ 9,547.65	S/ 9,427.65	S/ 9,547.65	S/ 9,427.65									
Ingresos Grupo A (Pre Test)	S/ 23,892.50												
Egresos Grupo A (Pre Test)	S/ 17,069.85												
Mano de obra directa	S/ 8,632.44												
Combustible	S/ 3,967.50												
CIF	S/ 4,394.91												
Reparaciones	S/ 75.00												
BENEFICIOS GRUPO A (PRE TEST)	S/ 6,822.65												
DIFERENCIA DE BENEFICIOS	S/ 2,725.00												
Inversiones Tangibles	S/ 4,205.25												
Repuestos e insumos para mantener la herramienta	S/ 2,302.00		S/ 2,302.00				S/ 2,302.00			S/ 2,302.00			S/ 2,302.00
Repuestos electricos para mantener la herramienta	S/ 380.00												S/ 380.00
Equipos y bienes duraderos	S/ 1,255.00												
Papelera y útiles de oficina	S/ 221.25												
Libros, textos y otros materiales impresos	S/ 47.00												
Inversiones Intangibles	S/ 13,048.75												
Telefonia e internet	S/ 1,440.00												
Luz	S/ 1,395.00												
Agua	S/ 1,035.00												
Movilidad	S/ 468.00												
Servicio de un electricista	S/ 300.00												S/ 300.00
Capacitación preoperativa	S/ 338.75												
Tiempo invertido de tesis	S/ 8,072.00												
Imprevistos (5%)	S/ 862.70												
TOTALES NETOS	S/ 18,116.70	S/ 2,725.00	S/ 2,725.00	S/ 423.00	S/ 2,725.00	S/ 2,725.00	S/ 423.00	S/ 2,725.00	S/ 2,725.00	S/ 423.00	S/ 2,725.00	S/ 2,725.00	-S/ 257.00

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el flujo de caja se consideró utilizar la diferencia de los beneficios ya que los resultados de incrementar la disponibilidad y reducir las horas de parada en los mini cargadores están directamente vinculados con la reducción de ingresos perdidos como se muestra en la Tabla 89. Además, se considera la inversión en repuestos de S/2,302.00 cada semestre para mantener la herramienta y la inversión de S/380.00 en repuestos eléctricos cada año al igual que la contratación de los servicios de un técnico electricista por S/300.00.

Análisis Beneficio / Costo

Se analizó si el proyecto es viable, para ello se utilizó el software Excel 2016 y al conversar con el gerente y el administrador de la empresa, se consideró un Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 1.5% mensual y 19.56% anual. En la fórmula del VAN, se insertó los totales netos de beneficios de los 12 meses y el COK mensual obteniendo un VAN de beneficios netos de S/20,908.82.

Tabla 106. *Análisis Beneficio/Costo del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)*

VAN (Beneficios)	S/20,908.82
Totales netos de inversiones	S/18,116.70
B/C	1.15

Fuente: elaboración propia.

Se evidencia en el análisis beneficio/costo un resultado de 1.15 lo cual indica que el proyecto es rentable.

VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) se calculó con la diferencia del VAN (Beneficios) y los totales netos de inversiones. Para calcular la tasa interna de retorno (TIR) se empleó el software Excel 2016 y se obtuvo una TIR de 4.12% mensual y una TIR de 62.27% anual.

Tabla 107. *Resultado VAN y TIR del grupo experimental A (Pre Test) y el grupo experimental A (Post Test)*

VAN	S/2,792.12
TIR	62.27%

Fuente. elaboración propia.

Por lo tanto, se demuestra que el proyecto resulta rentable y se recupera la inversión y un 62.27% más en beneficios al cabo de un año.

Flujo de caja del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)

Tabla 108. *Datos previos para calcular el VAN y el TIR del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)*

	INGRESOS PERDIDOS (POST TEST GRUPO B)	INGRESOS PERDIDOS (POST TEST GRUPO A)	DIFERENCIA DE INGRESOS PERDIDOS	REDUCCIÓN DE INGRESOS PERDIDOS (% ▽)	INGRESOS POST TEST GRUPO B	INGRESOS POST TEST GRUPO A	DIFERENCIA DE INGRESOS	INCREMENTO (% Δ)
COMPARACIÓN	S/ 4,110.00	S/ 735.00	S/ 3,375.00	82.12%	S/ 23,955.00	S/26,935.00	S/ 2,980.00	12.44%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 109. Flujo de caja del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos Grupo A (Post Test)	S/ 27,055.00	S/ 26,935.00	S/ 27,055.00	S/ 26,935.00									
Ingresos por horas de trabajo	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00	S/ 26,935.00
Ingresos por reventa de aceite hidraulico	S/ 120.00							S/ 120.00					
Egresos Grupo A (Post Test)	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35	S/ 17,507.35
Mano de obra directa	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44
Combustible	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00	S/ 4,470.00
CIF	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91
Reparaciones	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00	S/ 10.00
BENEFICIOS GRUPO A (POST TEST)	S/ 9,547.65	S/ 9,427.65	S/ 9,547.65	S/ 9,427.65									
Ingresos Grupo B (Post Test)	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00	S/ 23,955.00
Egresos Grupo B (Post Test)	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35	S/ 17,117.35
Mano de obra directa	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44	S/ 8,632.44
Combustible	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00	S/ 3,945.00
CIF	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91	S/ 4,394.91
Reparaciones	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00	S/ 145.00
BENEFICIOS GRUPO B (POST TEST)	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65	S/ 6,837.65
DIFERENCIA DE BENEFICIOS	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00
Inversiones Tangibles	S/ 4,205.25												
Repuestos e insumos para mantener la herramienta	S/ 2,302.00		S/ 2,302.00				S/ 2,302.00			S/ 2,302.00			S/ 2,302.00
Repuestos electricos para mantener la herramienta	S/ 380.00												S/ 380.00
Equipos y bienes duraderos	S/ 1,255.00												
Papelera y útiles de oficina	S/ 221.25												
Libros, textos y otros materiales impresos	S/ 47.00												
Inversiones Intangibles	S/ 13,048.75												
Telefonia e internet	S/ 1,440.00												
Luz	S/ 1,395.00												
Agua	S/ 1,035.00												
Movilidad	S/ 468.00												
Servicio de un electricista	S/ 300.00											S/ 300.00	
Capacitación preoperativa	S/ 338.75												
Tiempo invertido de tesis	S/ 8,072.00												
Imprevistos (5%)	S/ 862.70												
TOTALES NETOS	-S/ 18,116.70	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 408.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 408.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	S/ 408.00	S/ 2,710.00	S/ 2,710.00	-S/ 272.00

Fuente: elaboración propia.

El flujo de caja presente es similar al anterior, en este caso se comparó los ingresos y costos de servicio del grupo experimental A con el grupo control B de Post Test. Al realizar el flujo de caja se consideró utilizar la diferencia de los beneficios ya que los resultados de incrementar la disponibilidad y reducir las horas de parada en los mini cargadores están directamente vinculados con la reducción de ingresos perdidos como se muestra en la Tabla 88.

Análisis Beneficio / Costo

Se analizó si el proyecto es viable, para ello se utilizó el software Excel 2016 y al conversar con el gerente y el administrador de la empresa, se consideró un Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 1.5% mensual y 19.56% anual. En la fórmula del VAN, se insertó los totales netos de beneficios de los 12 meses y el COK mensual obteniendo un VAN de beneficios netos de S/20,745.20.

Tabla 110. *Análisis Beneficio/Costo del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)*

VAN (Beneficios)	S/20,745.20
Totales netos de inversiones	S/18,116.70
B/C	1.15

Fuente: elaboración propia.

Se evidencia en el análisis beneficio/costo un resultado de 1.15 lo cual indica que el proyecto es rentable.

VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) se calculó con la diferencia del VAN (Beneficios) y los totales netos de inversiones. Para calcular la tasa interna de retorno (TIR) se empleó el software Excel 2016 y se obtuvo una TIR de 3.97% mensual y una TIR de 59.55% anual.

Tabla 111. *Resultado VAN y TIR del grupo control B (Post Test) y el grupo experimental A (Post Test)*

VAN	S/2,628.50
TIR	59.55%

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se demuestra que el proyecto resulta rentable y se recupera la inversión y un 59.55% más en beneficios al cabo de un año.

Matriz de comparación del Pre Test y Post Test (Grupo A)

Se comparó los resultados del IPR de la matriz AMFE, el tiempo promedio entre fallas TPEF, el tiempo promedio de reparación TPDR, la disponibilidad, análisis económico del Pre Test y Post Test del grupo experimental A.

Tabla 112. Matriz de comparación (Grupo A Pre Test – Grupo A Post Test)

MATRIZ DE COMPARACIÓN (PRE TEST - POST TEST)						
CATEGORÍA		PRE TEST	POST TEST	% Δ	% ▽	
Indice prioritario de riesgo (IPR)	Falla del ventilador	32	12		62.50%	
	Falla en filtro de combustible	32	12		62.50%	
	Falla en el Sistema de enfriamiento	8	4		50.00%	
	Perdida de potencia del motor	32	12		62.50%	
	Falla de bomba de transferencia	12	9		25.00%	
	Falla en el empaque	24	9		62.50%	
	Fundicion del motor	16	12		25.00%	
	Rotura de faja de alternador	8	4		50.00%	
	Rotura de faja de motor	12	4		66.67%	
	Pinchadura de llanta	24	9		62.50%	
	Falla en el arrancador	32	12		62.50%	
	Falla de alternador	32	9		71.88%	
	Falla de accionamiento	27	6		77.78%	
	Falla en el tablero de control	12	4		66.67%	
	Falla en las baterías	32	8		75.00%	
	Rotura de manguera hidráulica	32	12		62.50%	
	Falla en los cilindros hidráulicos	32	12		62.50%	
	Falla de bomba hidráulica	32	12		62.50%	
Saturacion de filtros	16	12		25.00%		
Fuga de aceite	32	8		75.00%		
Nivel bajo de aceite	18	6		66.67%		
Tiempo Promedio entre fallas (TPEF)	GRUPO A	CATERPILLAR 252B – AMS 10	82.50 hrs	98.00 hrs	18.79%	
		BOBCAT 873 – AMS 05	44.25 hrs	101.00 hrs	128.25%	
		BOBCAT 863 – AMS 06	93.50 hrs	99.00 hrs	5.88%	
	GRUPO B	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	42.25 hrs	42.50 hrs	0.59%	
		CASE SR 220 – AMS 08	47.75 hrs	46.00 hrs		3.66%
Tiempo total de reparación (TPDR)	GRUPO A	CATERPILLAR 252B – AMS 10	33.00 hrs	2.00 hrs		93.94%
		BOBCAT 873 – AMS 05	9.00 hrs	3.00 hrs		66.67%
		BOBCAT 863 – AMS 06	22.00 hrs	3.00 hrs		86.36%
	GRUPO B	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	10.25 hrs	11.00 hrs	7.32%	
		CASE SR 220 – AMS 08	5.00 hrs	6.00 hrs	20.00%	
DISPONIBILIDAD	GRUPO A	CATERPILLAR 252B – AMS 10	71.43%	98.00%	37.20%	
		BOBCAT 873 – AMS 05	83.10%	97.12%	16.87%	
		BOBCAT 863 – AMS 06	80.95%	97.06%	19.90%	
	GRUPO B	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	80.48%	79.44%		1.29%
		CASE SR 220 – AMS 08	90.52%	88.46%		2.28%
ANÁLISIS ECONOMICO FINANCIERO	GRUPO A	Ingresos	S/ 23,892.50	S/ 26,935.00	12.73%	
		Ingresos perdidos	S/ 4,130.00	S/ 735.00		82.20%
		VAN		S/ 2,792.12		
		B/C		1.15		
		TIR		62.27%		

Fuente: *Elaboración propia.*

Matriz de comparación del Post Test (Grupo A – Grupo B)

Se comparó los resultados del IPR de la matriz AMFE, el tiempo promedio entre fallas TPEF, el tiempo promedio de reparación TPDR, la disponibilidad, análisis económico del Pre Test y Post Test del grupo experimental A.

Tabla 113. Matriz de comparación (Grupo B Post Test – Grupo A Post Test)

MATRIZ DE COMPARACIÓN (POST TEST)						
	CATEGORÍA	GRUPO CONTROL B POST TEST	CATEGORÍA	GRUPO EXPERIMENTAL A POST TEST	% Δ	% ▽
Tiempo Promedio entre fallas (TPEF)	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	42.50 hrs	CATERPILLAR 252B – AMS 10	98.00 hrs	130.59%	
	CASE SR 220 – AMS 08	46.00 hrs	BOBCAT 873 – AMS 05	101.00 hrs	119.57%	
	BOBCAT S250 – AMS 07	28.67 hrs	BOBCAT 863 – AMS 06	99.00 hrs	245.35%	
Tiempo total de reparación (TPDR)	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	11.00 hrs	CATERPILLAR 252B – AMS 10	2.00 hrs		81.82%
	CASE SR 220 – AMS 08	6.00 hrs	BOBCAT 873 – AMS 05	3.00 hrs		50.00%
	BOBCAT S250 – AMS 07	5.00 hrs	BOBCAT 863 – AMS 06	3.00 hrs		40.00%
DISPONIBILIDAD	JOHN DEERE 320 D – AMS 09	79.44%	CATERPILLAR 252B – AMS 10	98.00%	23.36%	
	CASE SR 220 – AMS 08	88.46%	BOBCAT 873 – AMS 05	97.12%	9.78%	
	BOBCAT S250 – AMS 07	85.15%	BOBCAT 863 – AMS 06	97.06%	13.99%	
ANÁLISIS ECONOMICO FINANCIERO	Ingresos	S/ 23,955.00	Ingresos	S/ 26,935.00	12.44%	
	Ingresos perdidos	S/ 4,110.00	Ingresos perdidos	S/ 735.00		82.12%
	VAN			S/ 2,628.50		
	B/C			1.15		
	TIR			59.55%		

Fuente: elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos

Estadística descriptiva

Según Hernández et al. (2014), la estadística descriptiva se debe realizar para describir y evaluar los datos de las variable, ítems o indicadores y sus tipos de análisis cuantitativos y estadísticos son variados como la moda, mediana, media, desviación estándar, máximo, mínimo, rango (p. 282-289).

En la investigación se empleó la estadística descriptiva, ya que los datos fueron analizados haciendo uso de porcentaje, diferencias y gráficos de columna o barras para interpretar los resultados obtenidos.

Estadística inferencial

Para Hernández et al. (2014), la estadística inferencial pretende comprobar una hipótesis, para ello los datos se recolectan de una muestra y sus resultados son calculados de forma estadística para hacer estimaciones (p. 299).

En la investigación se empleó la estadística inferencial, ya que se debe comprobar si las hipótesis se aceptan. Se comparó los resultados de la variable dependiente del grupo experimental A y el grupo control B usando el test Shapiro Wilk en el software estadístico SPSS, el cual es la prueba de normalidad para identificar el valor (P). Si el valor P es mayor a 0,05 la distribución es normal y se usara la prueba

T para muestras independientes. Si el valor P es menor a 0,05 la distribución es no normal y por lo tanto usaremos la prueba U de Mann Whitney.

3.7. Aspectos éticos

Si bien la ética de la investigación y la práctica ética se han examinado ampliamente en paradigmas amplios, los aspectos éticos examinan específicamente el papel de la ética en la investigación (Room, 2020, p.12). La presente investigación se basa en su totalidad de la información brindada por la empresa, dejando claro que los datos son verídicos y confiables. Además, cabe resaltar que la información teórica fue debidamente citada y referenciada con el formato ISO 690 y 690-2 del fondo editorial de la UCV y se deja en claro que no se manipulo ni altero información, respetando los derechos de los autores citados como se señala en el artículo 7° del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, aprobado por la asamblea general de las naciones unidas (Pérez, 2002, p. 16).

El principio de beneficencia busca aumentar los beneficios y reducir los daños, por lo tanto, los investigadores deben estar informados de los riesgos y beneficios que se lograran al participar en una investigación (Pérez, 2002, p. 18). La presente investigación beneficio al gerente de la empresa al reducir los ingresos perdidos por horas de parada en los mini cargadores.

El principio de no maleficencia obliga al investigador a reducir los posibles riesgos para los sujetos de experimentación (Pérez, 2002, p. 18). En la presente investigación los mini cargadores no corrieron riesgo alguno, al contrario, se les hizo un mantenimiento con todo el cuidado posible.

El principio de autonomía consiste en el uso responsable de los documentos donde está la información, protegiendo la intimidad y confidencialidad de los mismos (Pérez, 2002, p. 17). La información no se divulgo a otras empresas y se usó de forma responsable únicamente en la investigación.

El principio de justicia busca la selección equitativa de los sujetos, la protección de los mismos y la compensación que se tendrá si se presentan daños (Pérez, 2002, p. 17). En la investigación los grupos ya estaban formados previamente por el gerente, la empresa se hará cargo de los mini cargadores si sufren daños debido a que los mismos trabajadores están realizando dicho mantenimiento.

IV. RESULTADOS

Análisis Descriptivo

Se comparó los resultados de 20 días operativos que se dieron entre la segunda semana de setiembre hasta la primera semana de octubre, esto vendría a ser el Post test del grupo experimental A y el grupo control B. Se analizó la variable dependiente y sus dimensiones con ayuda del software Excel 2016.

Variable dependiente (Disponibilidad)

Tabla 114. Análisis descriptivo del resultado de disponibilidad

DISPONIBILIDAD					
MINICARGADOR	POST TEST GRUPO B	MINICARGADOR	POST TEST GRUPO A	DIFERENCIA	% Δ
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	79.44%	CATERPILLAR 252B – AMS 10	98.00%	18.56%	23.36%
CASE SR 220 – AMS 08	88.46%	BOBCAT 873 – AMS 05	97.12%	8.65%	9.78%
BOBCAT S250 – AMS 07	85.15%	BOBCAT 863 – AMS 06	97.06%	11.91%	13.99%
PROMEDIO	84.35%	PROMEDIO	97.39%	13.04%	15.46%

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Al comparar los mini cargadores AMS 09 y AMS 10 hubo un incremento en la disponibilidad de 23.36%. Al comparar los mini cargadores AMS 08 y AMS 05 hubo un incremento en la disponibilidad de 9.78%. Al comparar los mini cargadores AMS 07 y AMS 06 hubo un incremento en la disponibilidad de 13.99%.

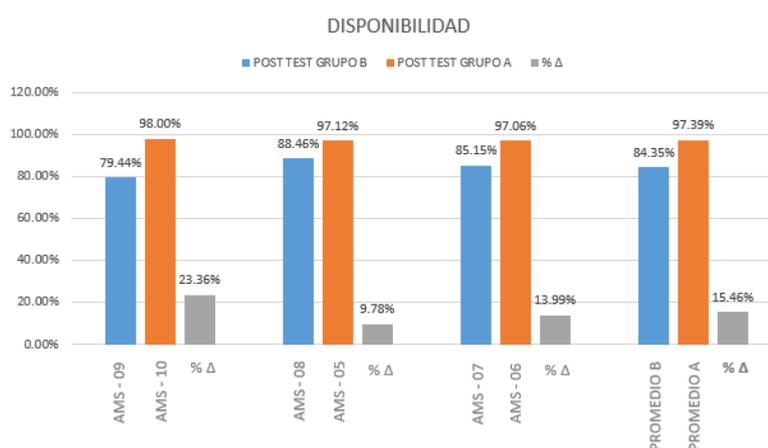


Figura 20. Análisis descriptivo del resultado de disponibilidad.

Interpretación: Al analizar los resultados, la disponibilidad del grupo experimental A tuvo un promedio de 97.39% mientras que el promedio del grupo control B fue de 84.35%, por lo tanto, incremento en 15.46% la disponibilidad en lo mini cargadores.

Dimensión 1: Confiabilidad

Indicador: Tiempo promedio entre fallas TPEF

Tabla 115. Análisis descriptivo del resultado de Tiempo promedio entre fallas (TPEF)

TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (TPEF)					
MINICARGADOR	POST TEST GRUPO B	MINICARGADOR	POST TEST GRUPO A	DIFERENCIA	% Δ
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	43 hrs	CATERPILLAR 252B – AMS 10	98 hrs	56 hrs	130.59%
CASE SR 220 – AMS 08	46 hrs	BOBCAT 873 – AMS 05	101 hrs	55 hrs	119.57%
BOBCAT S250 – AMS 07	29 hrs	BOBCAT 863 – AMS 06	99 hrs	70 hrs	245.35%
TOTAL HORAS	117 hrs	TOTAL HORAS	298 hrs	181 hrs	154.34%

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Al comparar los mini cargadores AMS 09 y AMS 10 hubo una diferencia en el TPEF de 56 horas. Al comparar los mini cargadores AMS 08 y AMS 05 hubo una diferencia en el TPEF de 55 horas. Al comparar los mini cargadores AMS 07 y AMS 06 hubo una diferencia en el TPEF de 70 horas.

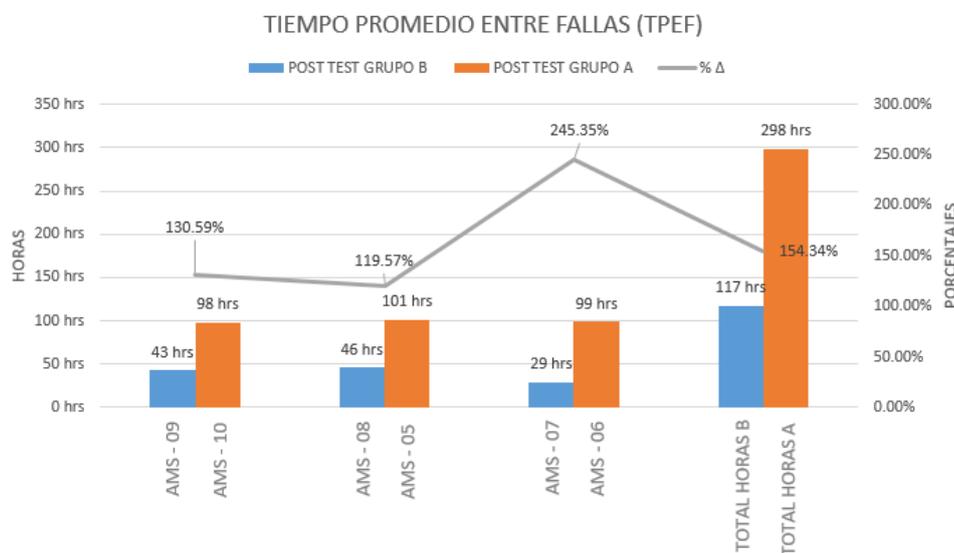


Figura 21. Análisis descriptivo del Tiempo Promedio Entre Fallas.

Interpretación: Al analizar los resultados, el tiempo promedio entre fallas del grupo experimental A tuvo un total de 298 horas mientras que el total del grupo control B fue de 117 horas, por lo tanto, hay una diferencia 181 horas lo cual corresponde a un incremento 154.34%, por lo tanto, aumenta la confiabilidad en los mini cargadores.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Indicador: Tiempo promedio de reparación TPDR

Tabla 116. Análisis descriptivo del resultado de Tiempo promedio de reparación (TPDR)

TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (TPDR)					
MINICARGADOR	POST TEST GRUPO B	MINICARGADOR	POST TEST GRUPO A	DIFERENCIA	% ▽
JOHN DEERE 320 D – AMS 09	11 hrs	CATERPILLAR 252B – AMS 10	2 hrs	9 hrs	81.82%
CASE SR 220 – AMS 08	6 hrs	BOBCAT 873 – AMS 05	3 hrs	3 hrs	50.00%
BOBCAT S250 – AMS 07	5 hrs	BOBCAT 863 – AMS 06	3 hrs	2 hrs	40.00%
TOTAL HORAS	22 hrs	TOTAL HORAS	8 hrs	14 hrs	63.64%

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Al comparar los mini cargadores AMS 09 y AMS 10 hubo una diferencia en el TPDR de 9 horas. Al comparar los mini cargadores AMS 08 y AMS 05 hubo una diferencia en el TPDR de 3 horas. Al comparar los mini cargadores AMS 07 y AMS 06 hubo una diferencia en el TPDR de 2 horas.

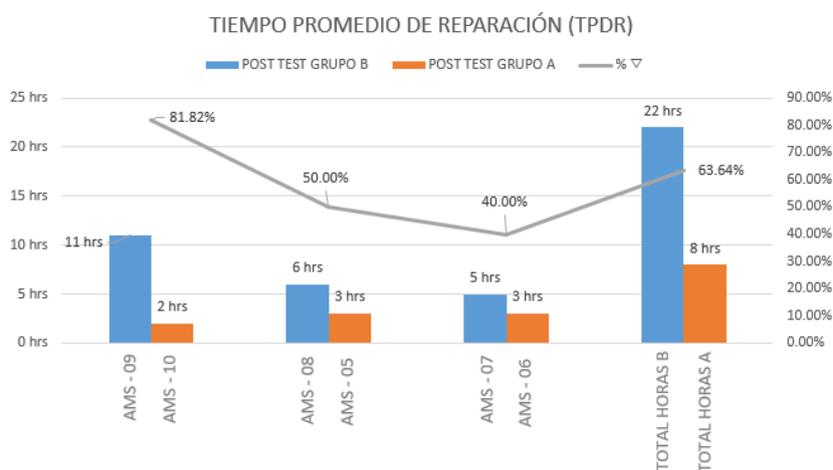


Figura 22. Análisis descriptivo del Tiempo Promedio de Reparación.

Interpretación: Al analizar los resultados, el tiempo promedio de reparación del grupo experimental A tuvo un total de 8 horas mientras que el total del grupo control B fue de 22 horas, por lo tanto, hay una diferencia 14 horas lo cual corresponde a una disminución 63.64%, por lo tanto, reduce la mantenibilidad en los mini cargadores.

Análisis inferencial

Para comprobar la veracidad de las hipótesis, se usó el software SPSS como se muestra en el Anexo 66. En todos los casos se realizó la prueba de normalidad mediante el Test de Shapiro Wilk, debido a que la muestra es menor a 30 máquinas, obteniendo como resultado un valor P mayor a 0.05 para la variable dependiente y sus dos dimensiones, descartando el uso de la U de Mann-Whitney ya que la muestra tiene un comportamiento paramétrico, por lo tanto, se determinó que para todos los análisis se aplique la Prueba T para muestras independientes.

Hipótesis general: Disponibilidad

H₁: La aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020.

H₀: La aplicación de la metodología AMFE no mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

Se realizó la prueba de normalidad con los resultados del Post test del grupo experimental A y el grupo control B.

Tabla 117. Prueba de normalidad de la disponibilidad – Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad							
GRUPO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISPONIBILIDAD	CONTROL	,236	3	.	,977	3	,709
	EXPERIMENTAL	,366	3	.	,795	3	,102

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 117: el grupo control y el grupo experimental tuvieron una significancia mayor a 0.05 demostrando un comportamiento paramétrico, por lo tanto se usó la prueba T para muestras independientes.

Tabla 118. Análisis inferencial – Disponibilidad (Estadístico descriptivo)

Estadísticas de grupo				
GRUPO	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
DISPONIBILIDAD CONTROL	3	,8435	,04564	,02635
EXPERIMENTAL	3	,9739	,00528	,00305

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 118: se mostró el análisis inferencial, la media obtenida por el grupo control B es 0.8435, mientras que el grupo experimental A tiene una media de 0.9739, se demuestra que hubo una diferencia favorable que indica que la metodología AMFE mejoro la disponibilidad.

Tabla 119. Prueba T para muestras independientes - Disponibilidad

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
DISPONIBILIDAD	Se asumen varianzas iguales	5,157	,086	-4,917	4	,008	-,13042	,02653	-,20406	-,05677
	No se asumen varianzas iguales			-4,917	2,053	,037	-,13042	,02653	-,24174	-,01909

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 119: se mostró los resultados de la prueba donde se obtuvo una significancia bilateral de 0.008 si se asumen varianzas iguales y una significancia de 0.037 si no se asumen varianzas iguales, siendo el valor P menor a 0.05 en ambos casos. Por lo tanto, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0).

Hipótesis específica: Confiabilidad

H_1 : La aplicación de la metodología AMFE mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020.

H_0 : La aplicación de la metodología AMFE no mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

Se realizó la prueba de normalidad con los resultados del Post test del grupo experimental A y el grupo control B.

Tabla 120. Prueba de normalidad de la confiabilidad – Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad							
GRUPO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONFIABILIDAD	CONTROL	,313	3	.	,894	3	,367
	EXPERIMENTAL	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 120: el grupo control y el grupo experimental tienen una significancia mayor a 0.05 demostrando un comportamiento paramétrico, por lo tanto se usó la prueba T para muestras independientes.

Tabla 121. Análisis inferencial – Confiabilidad (Estadístico descriptivo)

Estadísticas de grupo					
GRUPO		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
CONFIABILIDAD	CONTROL	3	39,0567	9,16377	5,29070
	EXPERIMENTAL	3	99,3333	1,52753	,88192

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 121: se mostró el análisis inferencial, la media obtenida por el grupo control B es 39.0567, mientras que el grupo experimental A tiene una media de 99.3333, se demuestra que hubo una diferencia favorable que indica que la metodología AMFE mejora la confiabilidad.

Tabla 122. Prueba T para muestras independientes - Confiabilidad

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CONFIABILIDAD	Se asumen varianzas iguales	8,089	,047	-11,238	4	,000	-60,27667	5,36370	-75,16870	-45,38464
	No se asumen varianzas iguales			-11,238	2,111	,006	-60,27667	5,36370	-82,22953	-38,32380

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 122: se mostró los resultados de la prueba donde se obtuvo una significancia de 0.000 si se asumen varianzas iguales y una significancia de 0.006 si no se asumen varianzas iguales, siendo el valor P menor

a 0.05 en ambos casos. Por lo tanto, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0).

Hipótesis específica: Mantenibilidad

H_1 : La aplicación de la metodología AMFE reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

H_0 : La aplicación de la metodología AMFE no reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

Se realizó la prueba de normalidad con los resultados del Post test del grupo experimental A y el grupo control B.

Tabla 123. Prueba de normalidad de la mantenibilidad – Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad							
GRUPO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MANTENIBILIDAD	CONTROL	,235	3	.	,978	3	,715
	EXPERIMENTAL	,280	3	.	,938	3	,520

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 123: el grupo control y el grupo experimental tuvieron una significancia mayor a 0.05 demostrando un comportamiento paramétrico, por lo tanto se usó la prueba T para muestras independientes.

Tabla 124. Análisis inferencial – mantenibilidad (Estadístico descriptivo)

Estadísticas de grupo					
GRUPO		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
MANTENIBILIDAD	CONTROL	3	-,0434	,17335	,10008
	EXPERIMENTAL	3	,8232	,14078	,08128

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 124: se mostró el análisis inferencial, la media obtenida por el grupo control B es -0.0434, mientras que el grupo experimental A tiene una media de 0.8232, se demostró que hubo una diferencia favorable que indica que la metodología AMFE redujo la mantenibilidad.

Tabla 125. Prueba T para muestras independientes - Mantenibilidad

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
MANTENIBILIDAD	Se asumen varianzas iguales	,113	,753	-6,722	4	,003	-,86667	,12893	-1,22464	-,50870
	No se asumen varianzas iguales			-6,722	3,838	,003	-,86667	,12893	-1,23066	-,50268

Fuente: extraído del Software SPSS.

Interpretación de la Tabla 125: se mostró los resultados de la prueba donde se obtuvo una significancia de 0.003 si se asumen varianzas iguales y una significancia de 0.003 si no se asumen varianzas iguales, siendo el valor P menor a 0.05 en ambos casos. Por lo tanto, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0).

V. DISCUSIÓN

En la discusión se comparó los resultados de la presente investigación con los resultados de los antecedentes nacionales e internacionales, se discutió con las teorías relacionadas a la investigación, además, se analizó las fortalezas y debilidades de la herramienta.

Para Cuatrecasas (2005), la metodología AMFE busca cuatro objetivos, el primero es analizar las fallas y sus consecuencias, el segundo objetivo es identificar los modos de fallos, el tercer objetivo es establecer acciones preventivas y el cuarto objetivo es satisfacer la necesidad del cliente (p. 151). De tal forma en la presente investigación se logró el primer objetivo ya que se identificó las fallas en el sistema mecánico, sistema hidráulico, sistema eléctrico y otros. Se logró el segundo objetivo ya que se identificó 21 modos de fallos en los mini cargadores del grupo A, 11 modos de fallos críticos (52%), 8 modos de fallos moderados (38%) y 2 modos de fallos leves (10%). Se logró el tercer objetivo ya que se elaboraron formatos de registros de datos como un check list de mantenimiento, ficha de registro de fallas, se logró establecer un mantenimiento preventivo para los mini cargadores, además de otras mejoras. Por último, se logró el cuarto objetivo ya que se generó satisfacción tanto en el dueño de la empresa como en los clientes ya que las jornadas de trabajo se completan con mayor seguridad gracias al aumento de la confiabilidad. Por ello en la investigación se aplicó correctamente el AMFE ya que se cumplió los objetivos tal y como indica el autor.

Según Zambrano et al. (2015), para realizar el análisis de confiabilidad se requiere un histórico de fallas por cada equipo, además indica que la mantenibilidad mide el tiempo que se demora en reparar un equipo teniendo en cuenta la seguridad para el personal y el ambiente (p. 500). Es por ello que se solicitó los datos históricos a la empresa, para calcular la confiabilidad de cada mini cargador a través de nuestros instrumentos que filtran y resaltan la cantidad de fallas y el tiempo total de operación para poder hallar la confiabilidad. En el caso de la mantenibilidad se repitió el mismo proceso, pero con la ayuda de otro instrumento tipo ficha que recolecta el tiempo total de reparación. Gracias a ello se pudo realizar el análisis de la confiabilidad y mantenibilidad.

La principal fortaleza de la metodología AMFE se centra en su versatilidad ya que se puede aplicar en cualquier campo como lo indica Cuatrecasas (2005), esta

puede usarse en procesos productivos, diseño de productos y para aumentar la disponibilidad de equipos (p. 171), otra fortaleza a destacar son los pasos sencillos que se emplean para aplicarla, además no es necesario la contratación de algún especialista y requiere una baja inversión. La debilidad del AMFE radica en la ponderación de sus factores frecuencia, gravedad y detección, ya que distintas combinaciones pueden dar como resultado un IPR igual, lo cual genera confusión y puede llevar a que se realicen acciones correctivas no tan primordiales. A partir de este análisis podemos generar las discusiones respectivas con los resultados obtenidos.

En cuanto a la tesis de Álvarez (2017), el investigador aplicó la metodología AMEF como base del mantenimiento preventivo en los 80 buses de una empresa para identificar 40 modos de fallo, de los cuales 22 fallos son críticos, 10 semi críticos y 8 no críticos, respecto a la presente tesis se aplicó un AMFE a cada mini cargador del grupo A, se obtuvo como resultado total 21 modos de fallos ya mencionados, a diferencia de su tesis se consideró nombrar los niveles de IPR como críticos, moderados y leves. Además, el autor realizó 315 intervenciones que en total tuvieron una duración de 892.17 horas de reparación lo cual aumento el tiempo promedio entre fallas a 162.14 horas, respecto a la presente tesis se hizo 10 intervenciones en el sistema hidráulico, 8 intervenciones en el sistema eléctrico, 10 intervenciones en el sistema mecánico y 10 intervenciones en la carrocería y cabina, en total se realizó 38 intervenciones y el tiempo promedio entre fallas aumento 181 horas. El autor elaboró un check list que fue entregado a cada operador de un bus para llevar un control del equipo que manejan, de la misma forma en la presente investigación se entregó un check list a cada operador de los mini cargadores y se les indicó en la capacitación con ayuda del jefe de mantenimiento, cómo deben completarlo y con qué frecuencia, la información del formato se registra y si es necesario se hace el mantenimiento respectivo de forma inmediata, por último en la investigación del autor la disponibilidad aumento de 77% a 98%, en la presente investigación la disponibilidad del grupo control B fue 84.35% y la disponibilidad de grupo experimental A fue 97.39%, habiendo una diferencia de 13.04% al comparar ambos grupos, por lo tanto se confirma que la metodología AMFE si mejora la disponibilidad.

En cuanto a la tesis de Barrientos (2017), el investigador aplicó la metodología AMFE como base del mantenimiento preventivo en 11 excavadoras CATERPILLAR 336DL, durante el año 2016 se registró 301 fallas en el sistema hidráulico, 231 fallas en los implementos, 107 en el sistema eléctrico, 131 en el motor y entre otras fallas más, en la presente investigación los mini cargadores en el pre test presentaron 6 de 11 fallas relacionadas al sistema hidráulico en 20 días operativos, por lo tanto se dedujo que en el sistema hidráulico ocurren más fallas debido a la complejidad y al poco cuidado de sus componentes, además, el autor decidió realizar cambios de filtros de aire, filtros hidráulicos y filtro de aceite, en la presente investigación de igual forma dentro del mantenimiento preventivo se revisó y cambió los filtros de aire en los mini cargadores además se realizó la compra de filtros adicionales. Por último, el autor determinó que el TPEF mejoró hasta el mes de julio de 2017 con 147 horas y se estimó que las excavadoras tengan un ahorro anual de US\$ 206097.00, en la presente tesis el TPEF del grupo control B es 117 horas y el TPEF del grupo experimental A es 298 horas, habiendo una diferencia de 181 horas, lo que confirma que la metodología AMFE mejora la confiabilidad al comparar ambos grupos de mini cargadores en un 154.34%, además se redujeron los ingresos perdidos en S/ 3375.00 y se generó un ligero ahorro en los costos de reparación debido a que los costos de los repuestos de un mini cargador no son tan elevados lo cual es favorable siempre y cuando se requiera de reparaciones sencillas como cambio de filtros, pero si la reparación es complicada como una falla en el motor, en la bomba hidráulica o motor de transmisión esta podría generar gastos elevados de dinero e incluso podría generar la pérdida total del equipo ocasionando un gran gasto por no realizar el mantenimiento con precaución.

En cuanto a la tesis de Juárez (2019), el investigador aplicó la metodología AMEF como base del mantenimiento preventivo a 7 equipos industriales que son los más críticos en la empresa, se determinó 31 modos de fallos, entre ellos 3 inaceptables, 10 reducibles y 18 aceptables, a diferencia de la presente investigación se detectaron 21 modos de fallo entre ellos 11 críticos en los mini cargadores, es decir el 52% del total. Además se pudo determinar con el resultado del AMFE, que los equipos de la empresa MINERA JUPITHER no tienen muchas fallas significativas por más que tengan 35 años de uso, ya que la mayoría de sus modos de fallos son aceptables lo que indica un buen mantenimiento antes de la implementación de la

propuesta del autor, por el contrario la empresa Arango Maquinaria S.A.C. sigue presentando los mismos fallos de fechas anteriores lo que indica un mantenimiento deficiente antes de la aplicación de la herramienta. Juárez (2019) elaboró un plan de mantenimiento que en total son 33 tareas que lograron reducir el tiempo promedio de reparación TPDR de 468 horas a 290 horas, en la presente investigación el tiempo promedio de reparación en el grupo control B fue 22 horas y para el grupo experimental A fue 8 horas, habiendo una diferencia de 14 horas, por lo tanto, se comprueba que la metodología AMFE reduce la mantenibilidad en un 63.64% al comparar ambos grupos de mini cargadores.

En cuanto a la tesis de Olivo (2018), el investigador aplicó la metodología AMEF como base del mantenimiento preventivo a 4 máquinas pesadas, una de ellas es un mini cargador CASE SR 200 que presentó 13 modos de fallos y un 61.11% de disponibilidad luego de realizarse el mantenimiento preventivo, al compararlo con la presente investigación en específico con el mini cargador JOHN DEERE 320 D del grupo control B el cual tiene la disponibilidad más baja siendo 79.44%, podemos deducir que el mini cargador SR 200 está en muy mal estado ya que después de su mantenimiento preventivo sigue teniendo una disponibilidad baja. Además, el autor realizó una capacitación dirigida al personal de mantenimiento, los operadores de los equipos pesados y elaboró una ficha donde se detalla los mantenimientos que se deben realizar, de igual forma en la presente investigación se realizó una capacitación dirigida a los operadores de los mini cargadores del grupo A, se logró mejorar la respuesta ante una falla repentina ya que antes de realizar la capacitación el tiempo de respuesta ante las fallas duraba 1 o 2 horas aproximadamente, y después de la capacitación el tiempo de respuesta es inmediata.

En cuanto a la tesis de Cáceres y León (2017), el investigador aplicó la metodología AMEF dentro de un mantenimiento centrado en la confiabilidad a 18 camiones CATERPILLAR 793F donde se identificó 16 modos de fallo, ya que los 18 camiones son del mismo tipo solo se realizó una tabla AMFE, en la presente investigación se realizaron tres AMFE ya que los mini cargadores son de distintos fabricantes y modelos. En la investigación del autor, la disponibilidad aumentó de 81.87% a 85.92%, el TPEF incremento de 27.76 horas a 37.47 horas y el TPDR aumento de

3.91 horas a 4.23 horas, el aumento del TPDR en su investigación es debido a que se detalló las fallas que ocurrieron a la par de que se realizaron las reparaciones, lo cual es 0.32 horas extras y según el autor la calidad del mantenimiento mejora en un 26.86%, en la presente investigación, se obtuvo resultados semejantes, el TPDR se redujo en 14 horas, el TPEF aumento en 181 horas y la disponibilidad aumento en 13.04%, se puede deducir que con las fallas mejor precisadas, se maximiza los resultados de un mantenimiento y ya depende del gerente o jefe a cargo en aumentar o reducir las horas de reparación a su conveniencia, como es el caso de la tesis del autor donde decidió agregar más horas de reparación para detallar con más exactitud qué falla ocurrió, es decir se realiza un mejor mantenimiento para que este no se vuelva a presentar en un periodo más largo. Además en dicha investigación el autor establece como tarea de mantenimiento la inspección visual, lubricación, reificación del funcionamiento tanto por el interior y exterior del equipo, de igual forma en la presente investigación se decidió que cada vez que se termine un trabajo se realice la inspección del equipo de los componentes importantes y que el operario de un manifiesto del rendimiento del equipo.

VI. CONCLUSIONES

Al aplicar la metodología análisis modal de fallos y efectos AMFE para mejorar la disponibilidad de los mini cargadores, podemos concluir lo siguiente:

1. Se concluyó que al aplicar la metodología AMFE y el desarrollo del plan de mantenimiento, aumenta la disponibilidad ya que el grupo experimental A conformado por los mini cargadores CATERPILLAR 252B AMS-10, BOBCAT 873 AMS-05 y BOBCAT 863 AMS-06, tienen en promedio una disponibilidad de 97.39%, mientras que el grupo control B conformado por los mini cargadores JOHN DEERE 320D AMS-09, CASE SR 220 AMS-08 y BOBCAT S250 AMS-07, tienen en promedio una disponibilidad de 84.35%. Por lo tanto, hay un incremento de 15.46% de disponibilidad entre ambos grupos, lo cual también se ve reflejado en los resultados ya que el tiempo total de operación en el Post Test de los mini cargadores del grupo experimental A fue un total de 298 horas trabajadas y tuvieron un tiempo total de reparación de 8 horas, mientras que en los mini cargadores del grupo control B el tiempo total de operación fue 263 horas y el tiempo total de reparación fueron 49 horas en los 20 días operativos que fueron evaluados.
2. Se concluyó que el plan de mantenimiento aumenta la confiabilidad de los mini cargadores, ya que se realizó 10 intervenciones en el sistema hidráulico, 8 intervenciones en el sistema eléctrico, 10 intervenciones en el sistema mecánico y 10 intervenciones en la carrocería y cabina que tuvieron como resultado un tiempo promedio entre fallas total de 298 horas en el grupo experimental A, mientras que en el grupo control B se obtuvo como resultado un tiempo promedio entre fallas total de 117 horas, por lo tanto hay una diferencia de 181 horas de tiempo promedio entre fallas entre ambos grupos. Se entregó a la empresa dicho plan de mantenimiento en donde se detalla el momento en el que se debe realizar cada actividad además de un check list para llevar un registro del estado de cada mini cargador, por lo tanto, los mini cargadores del grupo experimental A tienen un incremento de 154.34% en confiabilidad al compararlo con los mini cargadores del grupo control B.
3. Se concluyó que la mantenibilidad se reduce ya que se implementaron varias medidas que acortan el tiempo de duración de una falla imprevista, la primera mejora fue acondicionar la unidad de transporte de la empresa, es decir se preparó la unidad con una caja de herramientas generales y de uso común para

ahorrar el tiempo que toma alistarla, y disminuir el tiempo en acudir en el auxilio, además se promulgó y declaró la unidad como uso exclusivo para el auxilio mecánico, la segunda mejora fue un file donde se archivaran los check list registrados por los operarios, los registros de falla, y los fichas resumen del ultimo mantenimiento con la finalidad de tener un historial que permita acelerar la reparación de futuras fallas, la tercera mejora fue que se compraron los repuestos como filtros de aire, filtros de petróleos, aceite hidráulico, entre otros, para que se remplacen de forma inmediata y evitar la demora en comprar dichos repuestos, por último, en coordinación con el jefe de mantenimiento se realizó una capacitación a los operadores de los mini cargadores del grupo experimental A para que sepan que acciones o medidas deben tomar ante una posible falla, además del protocolo que se debe seguir, el correcto uso y llenado de los formatos presentados. De tal forma dichas medidas permitieron reducir el tiempo de reparación en el Post Test ya que se obtuvo un tiempo promedio de reparación total de 8 horas en los mini cargadores del grupo A y en el grupo control B se obtuvo un tiempo promedio de reparación total de 22 horas, por ello, la mantenibilidad del grupo experimental A se redujo en un 63.64% al compararlo con el grupo control B.

VII. RECOMENDACIONES

Para finalizar la investigación, se recomienda lo siguiente:

La primera recomendación es para la gerencia de la empresa, basándose en los resultados obtenidos y el método de trabajo presentado para el mantenimiento de los mini cargadores, es conveniente aplicar la herramienta a todas las máquinas. En la presente investigación se pudo observar una reducción en los costos y el tiempo promedio de reparación mejoró, por lo tanto, se recomienda aplicarlo al grupo B.

Como segundo punto, se recomienda a la administración llevar el control del mantenimiento en un registro digital separado e independiente, ya que así se pueden obtener promedios, resultados e índices que puedan ayudar a la gerencia saber cómo va el desempeño de cada máquina y de forma independiente si así se quisiera, las fallas más concurrentes y las más frecuentes de cada máquina, además de saber cuál es la tiene síntomas de tener desgaste mayor y posible parada definitiva.

Referente al almacén y taller, se recomienda implementar la metodología 5S para mejorar el orden y limpieza del taller, aportando puntos favorables al mantenimiento debido a la organización.

A los futuros investigadores se recomienda que al aplicar el AMFE de medios, acompañar la implementación con algún método predictivo adicional, como el análisis de vibración o la termografía que permita anticipar las fallas y maximizar los resultados.

REFERENCIAS

1. AC BUSINESS MEDIA. *Equipment Today* [en línea]. Vol. 56, n°6. Julio 2020. [Fecha de consulta: 5 de diciembre del 2020].
Disponible en: <https://issuu.com/forconstructionpros.com/docs/et0720>
ISSN: 0891-141X
2. ÁLVAREZ, Iván. Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de Cuenca. Tesis (Ingeniero mecánico automotriz). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2017.
Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14200>
3. ALVAREZ, Linder. El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa EMTRAFESA SAC. Tesis (Ingeniería mecánica). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2017.
Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9488>
4. BARRIENTOS, Gabriela. Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF. Tesis (Ingeniero industrial y comercial). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería, 2017.
Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3465/3/2017_Barrientos-Medina.pdf
5. BAUM PUBLICATION Ltd. *Heavy Equipment Guide* [en línea]. Vol. 35, n°5. mayo 2020. [Fecha de consulta: 5 de diciembre del 2020].
Disponible en: https://issuu.com/baumpub/docs/heg_may_2020
ISSN: 1485-6085
6. BELIC, Zivorad [et al]. *Data driven root cause analyses in multistage manufacturing utilising life cycle wide* [en línea]. Vol. 4, n.°26. 2019. [Fecha de consulta: 19 de junio del 2020].
Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=699b7f5d-567c-4799-9bf6-11e81e0c1ac5%40pdc-v-sessmgr02>
ISSN: 1330-3651
7. BENTLEY, Peter, GULBRANDSEN, Magnus y KYVIK, Svein. *The relationship between basic and applied research in universities* [en línea]. Vol. 70, n.°4. marzo 2015. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020].
Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=140d4b09-ae6d-445a-859c-1b31d59156fa%40pdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbm>

c9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsjsr.43648899&db=edsjsr

ISSN: 0018-1560

8. BREED, Douw y VESTER, Tanja. *An empirical investigation of alternative semi-supervised segmentation methodologies* [en línea]. Vol. 115, n.º3. marzo 2019. [Fecha de consulta: 20 de junio el 2020].
Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c9006c88-0469-4633-8a3e-0d1a72c4f097%40pdc-v-sessmgr06>
ISSN: 1996-7489
9. CACERES, Reynaldo y LEÓN, Alex. Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo CATERPILLAR 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional. Tesis (Ingeniero en energía). Chimbote: Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2803>
10. CAMPOS, Omar [et al]. *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos* [en línea]. Vol. 23, n.º1. enero 2019. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2020].
Disponible en: <https://docplayer.es/155453412-Metodologia-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-considerando-taxonomia-de-equipos-bases-de-datos-y-criticidad-de-efectos.html>
ISSN: 2594-2921
11. CARDONA, José [et al]. *Design, adaptation and content validity process of a questionnaire: a case study* [en línea]. Vol. 7, n.º7. 2016. [Fecha de consulta: 06 de diciembre del 2020].
Disponible en: http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJM_07_07_021/IJM_07_07_021.pdf
ISSN: 0976-6510
12. CRESPO, Adolfo [et al]. *Maintenance management through intelligent asset management platforms (IAMP). emerging factors, key impact areas and data models* [en línea]. Vol. 13, n.º15. julio 2020. [Fecha de consulta: 8 de diciembre del 2020].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/15/3762>

ISSN: 1857-7288

13. CUATRECASAS, Luis. Gestión integral de la calidad [en línea]. 3.^a ed. Barcelona: Profit Editorial inmobiliaria S.L., 2010 [fecha de consulta: 22 de mayo del 2020].

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=uoaaxj6zxZsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 84-96426-38-6

14. DIESTRA, Juan, ESQUIVIEL, Lourdes y GUEVARA, Robert. *Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad* [en línea]. Vol. 4, n.º1. junio 2017. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2020].

Disponible en: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530>

ISSN: 2313-1926

15. DUFFUA, Salih, RAOUF, A y DIXON, John. Sistemas de mantenimiento [en línea]. [Ciudad de México]: Limusa Wiley, 2000 [fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en:

<https://es.slideshare.net/rusvel7/sistemas-demantenimientoduffuayotros>

ISBN: 968-18-5918-9

16. EYISI, Daniel. *The usefulness of qualitative and quantitative approaches and methods in researching problem-solving ability in science education curriculum* [en línea]. Vol. 7, n.º15. 2016. [Fecha de consulta: 21 de junio del 2020].

Disponible en: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1103224.pdf>

ISSN: 2222-1735

17. FUENMAYOR, Edgar. Mantenimiento en Latinoamérica. *La selección de un activo físico considerando sus costos en el ciclo de vida* [en línea]. Vol. 11, n.º4. agosto 2019. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2020].

Disponible en: https://issuu.com/mantenimientoenlatinoamerica/docs/ml_julio_-_agosto_2019

ISSN: 2357-6340

18. GUTIÉRREZ, Eduard. Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado para las máquinas de la empresa MANRIQUE LOSADA Y COMPAÑÍA S.A.S. Tesis (Ingeniero mecánico). Bogotá: Fundación

- Universidad de América, Facultad de Ingenierías, 2017.
Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6338>
19. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª ed. Ciudad de México: The McGraw Hill, 2014 [fecha de consulta: 31 de mayo del 2020].
Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0
20. IDROGO, Wilmer. *Estudio de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los motores asíncronos trifásicos de la empresa Cogorno S.A.-Trujillo* [en línea]. Vol. 14, n.º1. enero 2016. [Fecha de consulta: 06 de diciembre del 2020].
Disponible en: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/1257>
ISSN: 1819-4575
21. JUAREZ, Adler. Aplicación del AMEF para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la Empresa S. M. R. L minera JUPITHER. Tesis (Ingeniero mecánico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2019.
Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15211>
22. LEWIS, Bryan. *Chiller designs* [en línea]. Vol. 24, n.º4. abril 2017. [Fecha de consulta: 06 de diciembre del 2020].
Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=e443ab90-4c22-475a-be2a-b899d60b8799%40pdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=bth&AN=121907214>
ISSN: 1077-5870
23. Ley n.º 30806. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 5 de julio de 2018.
24. LINLONG, Ma. *Research on maintenance task analysis (MTA) in civil aircraft type development* [en línea]. Vol. 33, n.º3. 2015. [Fecha de consulta 19 de junio del 2020].
Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=c6ab7610-cb98-457f-bec5-7dbc0b09bfd%40sdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbm c9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edscqv.665126198&db>

[=edscqv](#)

ISSN: 1674-5590

25. MEDINA, Ernesto. *Análisis de fallas mecánicas en turbocargadores* [en línea]. Vol. 7, n.º2. 2017. [Fecha de consulta: 06 de diciembre del 2020].

Disponible en: <http://ojs.urbe.edu/index.php/revecitec/article/view/3022>

ISSN: 1856-4194

26. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Mantenimiento de Equipo Mecánico. Resolución Directoral N°014-2009-MTC/14. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2009. 10 pp.

27. MIÑO, Melania. Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna Wartsila 18V32LNGD. Tesis (Magister en gestión de mantenimiento industrial). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4400>

28. ÑAUPAS, Humberto [et al]. Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis [en línea]. 4.ª ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2014 [fecha de consulta: 6 de diciembre del 2020].

Disponible en: <https://www.freelibros.me/metodologia-de-la-investigacion/metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-humberto-naupas-paitan>

ISBN: 978-958-762-188-4

29. OLIVO, Moya. Diseño del plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa. Tesis (Ingeniero industrial). Ambato: Universidad Tecnológica Indoamericana, Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la información y la comunicación, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1072>

30. ORREGO, Juan [et al]. *Mantenimiento en Latinoamérica* [en línea]. Vol. 12, n.º2. Abril del 2020. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2020].

Disponible en: https://issuu.com/mantenimientoenlatinoamerica/docs/ml_vol_umen_12_2

ISSN: 2357-6340

31. PÉREZ, Irene. *Aspectos éticos en la investigación científica* [en línea]. Vol. 8, n.º1. 2002. [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2020].

Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532002000100003

ISSN: 0717-2079

32. PRAJAPATI, D.R. *Implementation of Failure Mode and Effect Analysis: A Literature Review* [en línea]. Vol. 2, n.º7. 2012. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020].

Disponible en: https://www.academia.edu/36224962/Implementation_of_Failure_Mode_and_Effect_Analysis_A_Literature_Review

ISSN: 2249-0558

33. QUEVEDO, Juan, PAREDES, Lourdes y CHINCHAYAN, Robert. *Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad* [en línea]. Vol. 4, n.º1. 2017. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020].

Disponible en: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530>

ISSN: 2313-1926

34. RAHI, Samar. *Research Design and Methods: A Systematic Review of Research Paradigms, Sampling Issues and Instruments Development* [en línea]. Vol. 6, n.º2. 2017. [Fecha de consulta: 21 de junio del 2020].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316701205_Research_Design_and_Methods_A_Systematic_Review_of_Research_Paradigms_Sampling_Issues_and_Instruments_Development

ISSN: 2162-6359

35. RIESMAN, David. *Some Observations on Social Science* [en línea]. Vol. 74, n.º3. 2016. [Fecha de consulta: 19 de junio del 2020].

Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=9d80643c-bad3-43be-bc38-f11769f57c0f%40pdc-v-sessmgr01>

ISSN: 0003-5769

36. ROOM, Arlene. *Reflections on a Post-Qualitative Inquiry With Children/Young People: Exploring and Furthering a Performative Research Ethics* [en línea]. Vol. 21, n.º1. 2020. [Fecha de consulta: 21 de junio del 2020].

Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=0b0aee13-7b3c-4eb9-a66c-035d15675755%40pdc-v-sessmgr01&bdata=Jmx>

[hbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsgso.66465&db=edsgso](https://www.researchgate.net/publication/247742953)

ISSN: 1438-5627

37. SIRECI, Stephen y GEISINGER, Kurt. *Using Subject-Matter Experts to Assess Content Representation: An MDS Analysis* [en línea]. Vol. 19, n.º3. setiembre 1995. [Fecha de consulta: 07 de diciembre del 2020].

Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/247742953> Using Subject-Matter Experts to Assess Content Representation An MDS Analysis

ISSN: 0146-6216

38. Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa. Normas de Competencia del Operador de Maquinaria Pesada. Resolución de Presidencia N°438-2017-SINEACE/CDAH-P. Lima: Consejo Directivo Ad Hoc, 2017. 49 pp.

39. TAHERDOOST, Hamed. *Determining sample size; how to calculate survey sample size* [en línea]. Vol. 2, n.º22. febrero 2017. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322887480> Determining Sample Size How to Calculate Survey Sample Size

ISSN: 2367-8925

40. TSAROUHAS, Panagiotis y FOURLAS, George. *Reliability and Maintainability Analysis of a Robotic System for Industrial Applications: A Case Study* [en línea]. Vol. 11, n.º5. setiembre 2015. [fecha de consulta: 06 de diciembre del 2020].

Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=adb825a1-cb61-4f58-af11-e32dea03b0e6%40sdc-v-sessmgr03>

ISSN: 0973-1318

41. ZAMBRANO, Egilde, PRIETO, Ana y CASTILLO, Ricardo. *Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas* [en línea]. Vol. 17, n.º3. marzo 2015. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5655378>

ISSN: 1317-0570

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de las variables

Tabla 126. Matriz de Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	“Es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño y, por tanto, tratando de prevenir problemas futuros de calidad” (Cuatrecasas, 2005, p. 149).	Se evaluó la metodología AMFE al haber identificado los modos de fallos y estos serán clasificados según su IPR obtenido del producto de sus coeficientes, para prevenir problemas.	Modo de fallo	<p>Índice prioritario de riesgo</p> $IPR = F \cdot G \cdot D$ <p>IPR: Índice prioritario de riesgo (leve, moderado y crítico) F: Coeficiente de frecuencia (de 1 a 4) G: Coeficiente de gravedad (de 1 a 4) D: Coeficiente de detección (de 1 a 4)</p>	Razón
Disponibilidad	Duffua (como se citó en Zambrano et al., 2015, p. 499), “es la capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un periodo de tiempo específico”	Se evaluó la disponibilidad a partir de su confiabilidad y mantenibilidad para alcanzar con éxito la función requerida en el momento específico.	Confiabilidad	$TPEF = \frac{TTO}{F}$ <p>TPEF: Tiempo promedio entre fallas (h) TTO: Tiempo total de operación (h) F: Cantidad de fallas</p>	Razón
			Mantenibilidad	$TPDR = \frac{TTR}{F}$ <p>TPDR: Tiempo promedio de reparación(h) TTR: Tiempo total de reparación (h) F: Cantidad de fallas</p>	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Tabla 127. Ficha del tiempo total de operación (TTO)

FICHA DEL TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN				
MÁQUINA:			CÓDIGO:	
FECHA:			MARCA:	
RESPONSABLE(S):			PÁGINA 1 DE 1	
N°	FECHA	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS ACUMULADAS	OBRA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
30				
31				
TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Horas)				

Fuente: elaboración propia.

Tabla 128. Ficha de reporte de fallas (F)

FICHA DE REPORTE DE FALLAS			
MÁQUINA:		CÓDIGO:	
FECHA:		MARCA:	
RESPONSABLE(S):		PÁGINA 1 DE 1	
FECHA	FALLO (DESCRIPCION)	PIEZA / PARTE DAÑADA	DURACIÓN DE PARADAS (HORAS)
TOTAL HORAS DE PARADAS			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 129. Ficha del tiempo total de reparación (TTR)

REGISTRO DEL TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (TTR)				
MÁQUINA:			CÓDIGO:	
FECHA:			MARCA:	
RESPONSABLE(S):			PÁGINA 1 DE 1	
FALLO	FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	PIEZAS O PARTES REPARADA	DURACIÓN DE MANT. (HORAS)
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN				

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Certificado de validez de instrumentos (juez validador 2)



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE) Y LA DISPONIBILIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)								
Dimensión 1: Modo de Fallo	IPR: Índice prioritario de riesgo (leve, moderado y crítico) F: Coeficiente de frecuencia (de 1 a 4) G: Coeficiente de gravedad (de 1 a 4) D: Coeficiente de detección (de 1 a 4)	X		X		X		
IPR = F · G · D								
VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Confiabilidad	TPEF: Tiempo promedio entre fallas (h) TTO: Tiempo total de operación (h) F: Cantidad de fallas	X		X		X		
TPEF =								
Dimensión 2: Mantenibilidad	TPDR: Tiempo promedio de reparación(h) TTR: Tiempo total de reparación (h) F: Cantidad de fallas	X		X		X		
TPDR =								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. Jaime Molina Vilchez

DNI: 06019540

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial CIP 100497

Lima, de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.

Firma del Experto Informante.

INSTRUMENTO 1

Fuente: Elaboración propia, revisada por juez validador 2

Anexo 5. Certificado de validez de instrumentos (juez validador 3)



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE) Y LA DISPONIBILIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN		Pertinencia ^{a1}		Relevancia ^{a2}		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)								
Dimensión 1: Modo de Fallo	IPR: Índice prioritario de riesgo (leve, moderado y crítico) F: Coeficiente de frecuencia (de 1 a 4) G: Coeficiente de gravedad (de 1 a 4) D: Coeficiente de detección (de 1 a 4)	X		X		X		
IPR = F · G · D								
VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD								
Dimensión 1: Confiabilidad	TPEF: Tiempo promedio entre fallas (h) TTO: Tiempo total de operación (h) F: Cantidad de fallas	X		X		X		
TPEF = $\frac{TTO}{F}$								
Dimensión 2: Mantenibilidad	TPDR: Tiempo promedio de reparación(h) TTR: Tiempo total de reparación (h) F: Cantidad de fallas	X		X		X		
TPDR = $\frac{TTR}{F}$								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SI HAY SUFICIENCIA** _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. Margarita Jesús Egusquiza Rodriguez

DNI: 08474379

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

30 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.

Activar Window
Ve a Configuración p

Tabla 1. Tabla AMFE

Fuente: Elaboración propia, revisada por juez validador 3

Anexo 6. Permiso para realizar investigación en la empresa Arango Maquinaria
S.A.C.

SOLICITUD: Permiso para realizar
Trabajo de Investigación

SEÑOR MARCO ANTONIO ARANGO TINEO

GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA ARANGO MAQUINARIA S.A.C.

Nosotros, BRAYAND ALEXIS ALBUJAR ARANGO identificado con DNI N° 76132876 y MIGUEL ANDRÉS JESUSI VENTURO identificado con DNI N°76094242, estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo del décimo ciclo solicitamos permiso para realizar el trabajo de investigación titulada "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AMFE PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA PESADA EN UNA EMPRESA DE LIMA METROPOLITANA 2020" dentro de su empresa para obtener el título profesional en la carrera de ingeniería industrial.

Asimismo, aprovechamos la oportunidad para expresarle nuestras especiales consideraciones y estima personal.

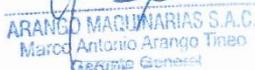
Por lo expuesto:

Rogamos a usted acceder a nuestra solicitud

Lima, abril del 2020



Miguel Andrés Jesusi Venturo
DNI N°76094242

Marco Antonio Arango Tineo
Gerente General
DNI N°40453687



Alexis Brayand Albuja Arango
DNI N°76132876

Anexo 7. Matriz de consistencia

Tabla 130. Matriz de consistencia

VARIABLES	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	General	General	General
	¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejorará la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020?	Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020	La aplicación de la metodología AMFE mejora la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020
Disponibilidad	Específicas	Específicas	Específicas
	¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejorará la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020?	Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020	La aplicación de la metodología AMFE mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020
	¿De qué manera la aplicación de la metodología AMFE reducirá la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020?	Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMFE reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020	La aplicación de la metodología AMFE reduce la mantenibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

Fuente: elaboración propia.

Anexo 8. Elevación de costo y mantenimiento de equipos pesados

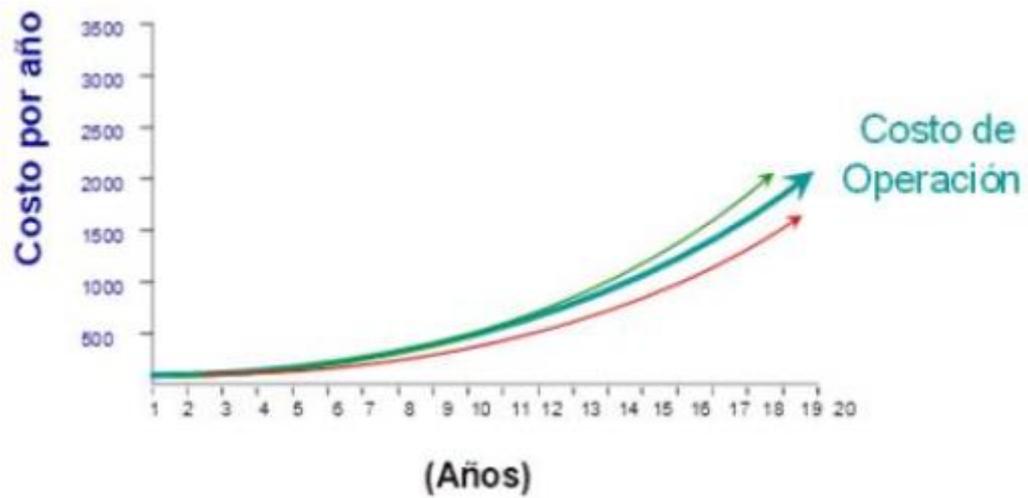


Figura 23. Elevación de costo y mantenimiento de equipos pesados.

Anexo 9. Auditorías a empresas de América Latina



Figura 24. Auditorías a empresas de América Latina.

Anexo 10. Diagrama de Ishikawa

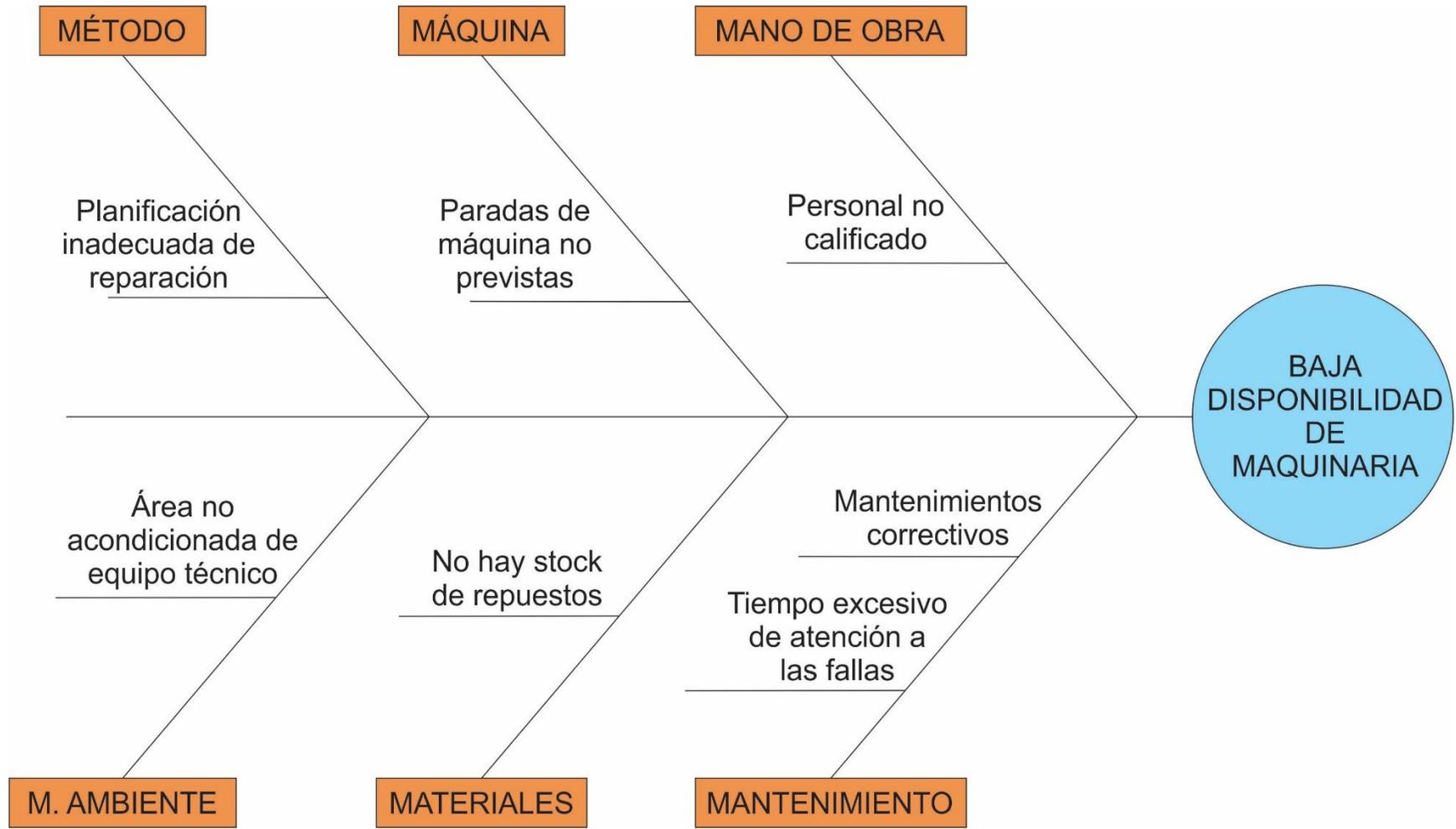


Figura 25. Diagrama de Ishikawa.

Anexo 11. Causas y criterios de evaluación

Tabla 131. *Causas identificadas en la empresa*

N°	CAUSAS
C1	Planificación inadecuada de reparación
C2	Paradas de máquina no previstas
C3	Personal no calificado
C4	Área no acondicionada de equipo técnico
C5	No hay stock de repuestos
C6	Mantenimientos correctivos
C7	Tiempo excesivo de atención a las fallas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 132. *Criterios de evaluación para realizar la Matriz Vester*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
No existe relación	0
Existe una escasa relación	1
Existe una mediana relación	2
Existe una fuerte relación	3

Fuente: elaboración propia.

Anexo 12. Matriz Vester

Tabla 133. *Matriz Vester*

CAUSAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Total de activos
C1		0	3	0	0	2	3	8
C2	2		1	0	2	3	3	11
C3	0	0		0	0	0	2	2
C4	0	0	0		0	0	1	1
C5	2	0	0	0		0	3	5
C6	1	3	0	0	1		3	8
C7	3	3	0	1	2	0		9
Total pasivo	8	6	4	1	5	5	15	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 13. Relaciones de causalidad

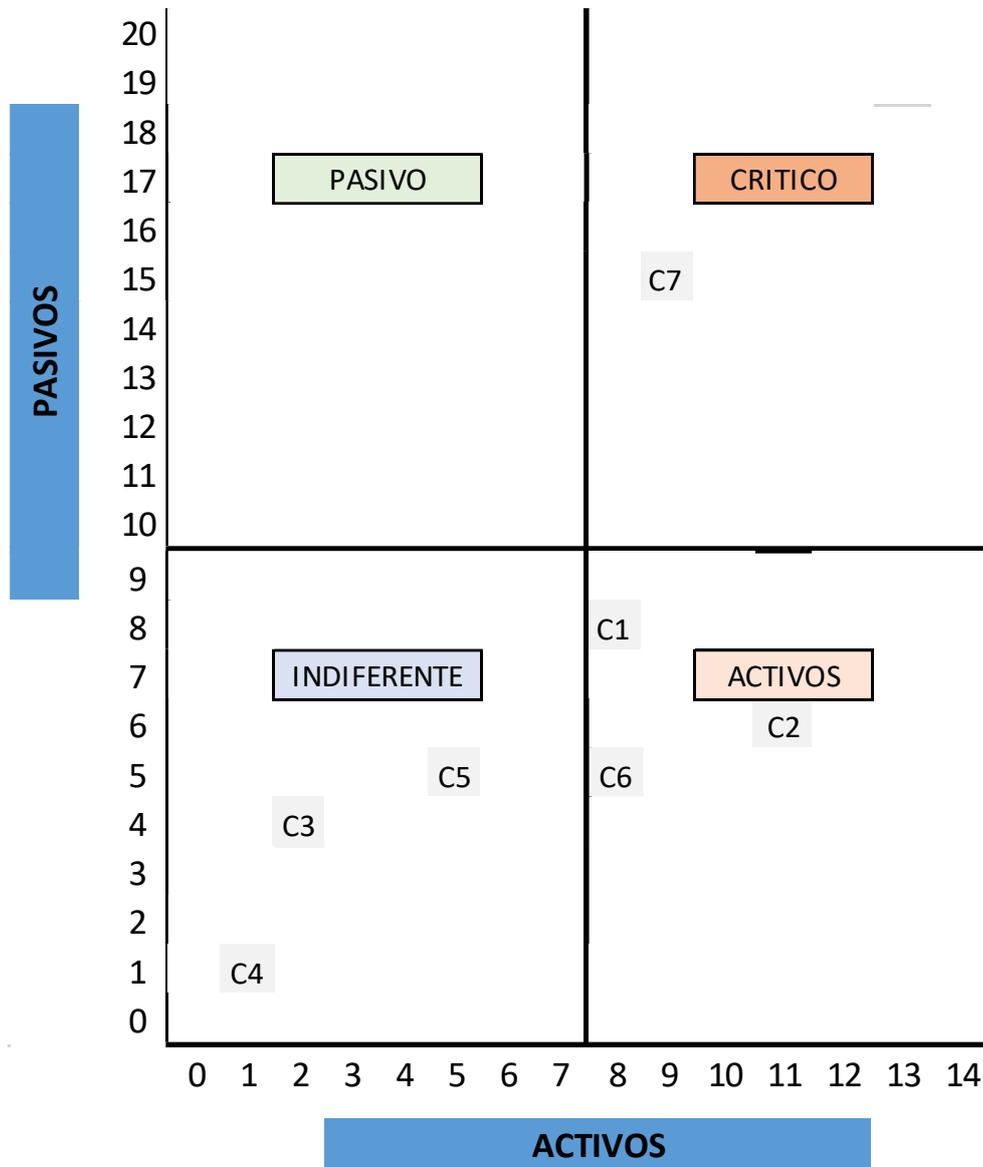


Figura 26. Relaciones de causalidad de la matriz Vester.

Anexo 14. Causas según su frecuencia

Tabla 134. Casusas ordenadas según su frecuencia

N°	CAUSAS	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA PARCIAL	FRECUENCIA PORCENTUAL ACUMULADA
C2	Paradas de máquina no previstas	11	11	25%	25%
C7	Tiempo excesivo de atención a las fallas	9	20	20%	45%
C6	Mantenimientos correctivos	8	28	18%	64%
C1	Planificación inadecuada de reparación	8	36	18%	82%
C5	No hay stock de repuestos	5	41	11%	93%
C3	Personal no calificado	2	43	5%	98%
C4	Área no acondicionada de equipo técnico	1	44	2%	100%
		64		100%	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 15. Diagrama de Pareto (Causas según su frecuencia)

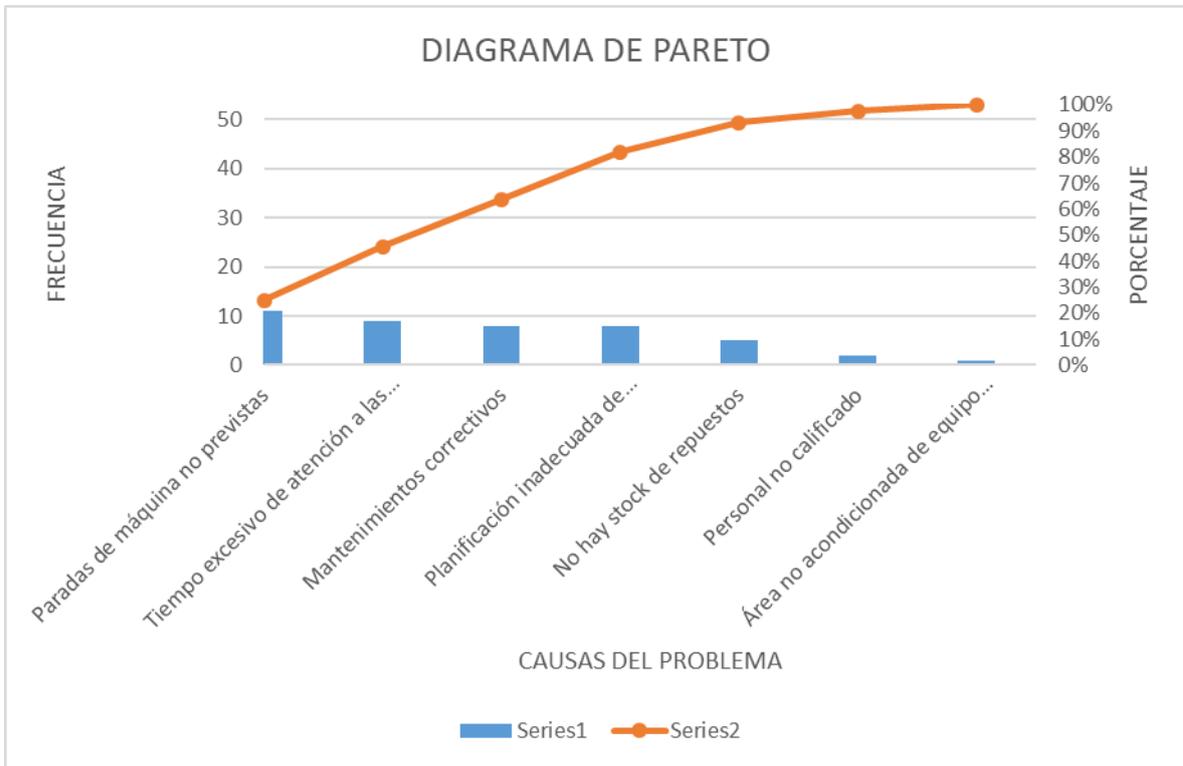


Figura 27. Diagrama de Pareto de las causas de baja disponibilidad.

Anexo 16. Selección de herramienta

Tabla 135. Selección de herramienta

CRITERIOS	Herramientas metodológicas		
	AMFE - Análisis modal de fallos y efectos	MTA – Análisis de tareas de mantenimiento	RCA – Análisis causa raíz
	Cuatrecasas (2005)	Linlong (2015)	Belic, Majstorovic, Durdanovic, y Kirin (2019)
¿Reconocer los modos de falla?	✓	✓	X
¿Analiza los efectos de los modos de falla?	✓	✓	X
¿Evalúa las causas de las fallas?	✓	✓	✓
¿Clasifica fallas según riesgo?	✓	X	X
¿Permite generar acciones correctivas?	✓	✓	✓
¿Puede mejorar la inspección del equipo?	✓	✓	✓
TOTAL	6	5	3

Fuente: elaboración propia.

Anexo 17. Puntaje obtenido por la herramienta

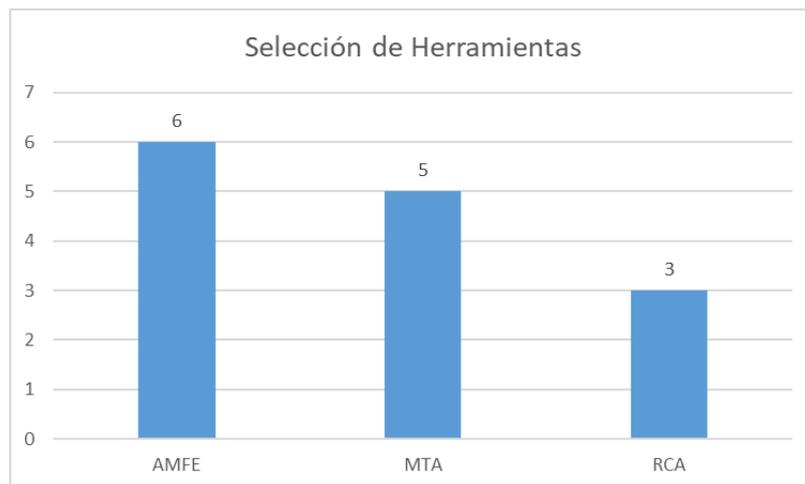


Figura 28. Diagrama de barras de selección de herramienta.

Anexo 18. Coeficiente de frecuencia (F) en el AMFE de medios

Tabla 136. Valoración de coeficiente de frecuencia (F)

Frecuencia	Observación	Frecuencia
1	Muy baja	1 Fallo por año
2	Posible	1 Fallo por trimestre
3	Media	1 Fallo por semana
4	Alta o frecuente	1 a 3 Fallos diarios

Fuente: adaptado del libro de Cuatrecasas (2005).

Anexo 19. Coeficiente de gravedad (G) en el AMFE de medios

Tabla 137. Valoración de coeficiente de gravedad (G)

Gravedad	Observación	Parada de Producción
1	Muy Baja	1 minuto
2	Media	1 a 20 minutos
3	Alta o crítica	20 a 60 minutos
4	Catastrófica	A 60 minutos

Fuente: adaptado del libro de Cuatrecasas (2005).

Anexo 20. Coeficiente de detección (D) en el AMFE de medios

Tabla 138. Valoración de coeficiente de detección (D)

No Detección	Observación
1	Escasa Probabilidad de No Detección
2	Poca Probabilidad
3	Media Probabilidad
4	Alta Probabilidad

Fuente: adaptado del libro de Cuatrecasas (2005).

Anexo 21. Tabla del análisis modal de fallos y efectos

Tabla 139. Tabla AMFE

MATRIZ AMFE								
ÁREA:						ÍNDICE PRIORITARIO DE RIESGO (IPR)		
MAQUINA:						LEVE: DE 1 A 8		
PÁGINA: 1 DE 1						MODERADO: DE 9 A 27		
RESPONSABLES:					FECHA:		CRITICO: DE 28 A 64	
SISTEMA DEL EQUIPO	FALLO			CONTROLES ACTUALES	F	G	D	IPR
	MODO	EFFECTO	CAUSA					

Fuente: elaboración propia.

Anexo 22. Formato resumen de disponibilidad

Tabla 140. Formato resumen de disponibilidad

	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
GRUPO A	MINICARGADOR	AMS - 10						
	MINICARGADOR	AMS - 05						
	MINICARGADOR	AMS - 06						
						PROMEDIO		
	MAQUINA	CODIGO	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (HORAS)	TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN (HORAS)	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (HORAS)	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)
GRUPO B	MINICARGADOR	AMS - 09						
	MINICARGADOR	AMS - 08						
	MINICARGADOR	AMS - 07						
						PROMEDIO		

Fuente: elaboración propia.

Anexo 23. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 141. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
- Observación - Análisis documental	Ficha del tiempo total de operación (TTO)
	Ficha de reporte de fallas (F)
	Ficha del tiempo total de reparación (TTR)

Fuente: elaboración propia.

Anexo 24. Cálculo de validez de los instrumentos

$V = \frac{S}{(n(c-1))}$	S: La sumatoria de Sí (3 en este caso) n: Numero de jueces (3 en este caso) C: Numero de valores (2 en este caso)
--------------------------	---

Figura 29. Formula V de Aiken.

Tabla 142. *Interpretación de validación de expertos mediante la V de Aiken*

INDICADOR	CONDICIÓN	J1	J2	J3	MEDIA	V AIKEN	INTERPRETACIÓN V
INDICADOR 1	PERTINENCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	RELEVANCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	CLARIDAD	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
INDICADOR 2	PERTINENCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	RELEVANCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	CLARIDAD	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
INDICADOR 3	PERTINENCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	RELEVANCIA	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO
	CLARIDAD	1	1	1	1.00	1.00	VALIDO

Fuente: elaboración propia.

Anexo 25. Logotipo de la empresa



Figura 30. Logotipo de la empresa.

Anexo 26. Localización geográfica de la empresa Arango Maquinaria SAC.

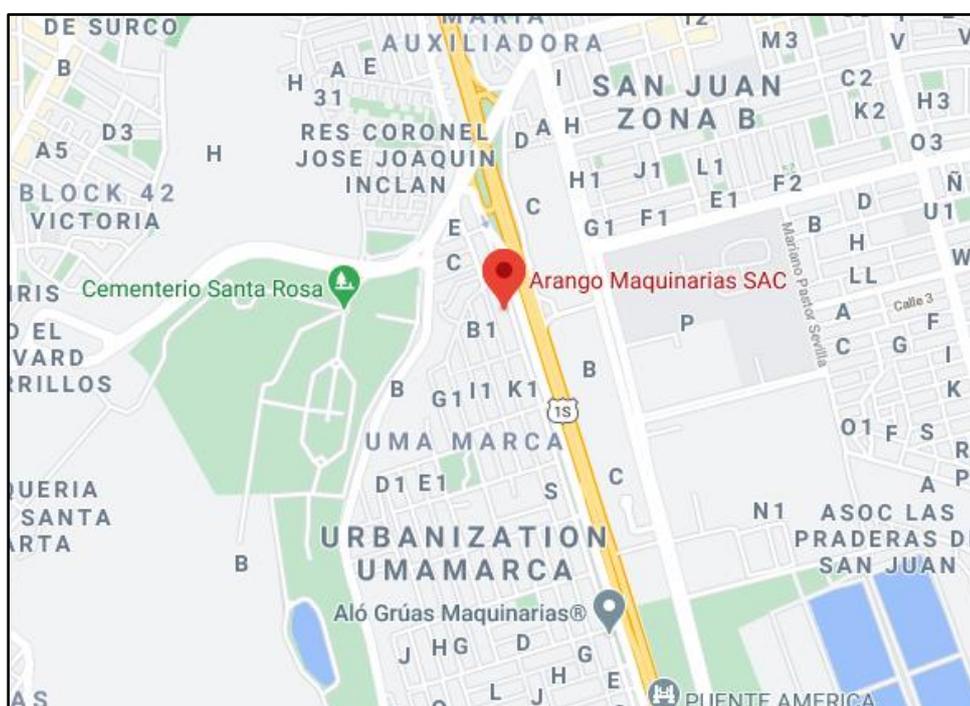


Figura 31. Localización geográfica de la empresa.

Anexo 27. Organigrama de la empresa Arango Maquinaria S.A.C.

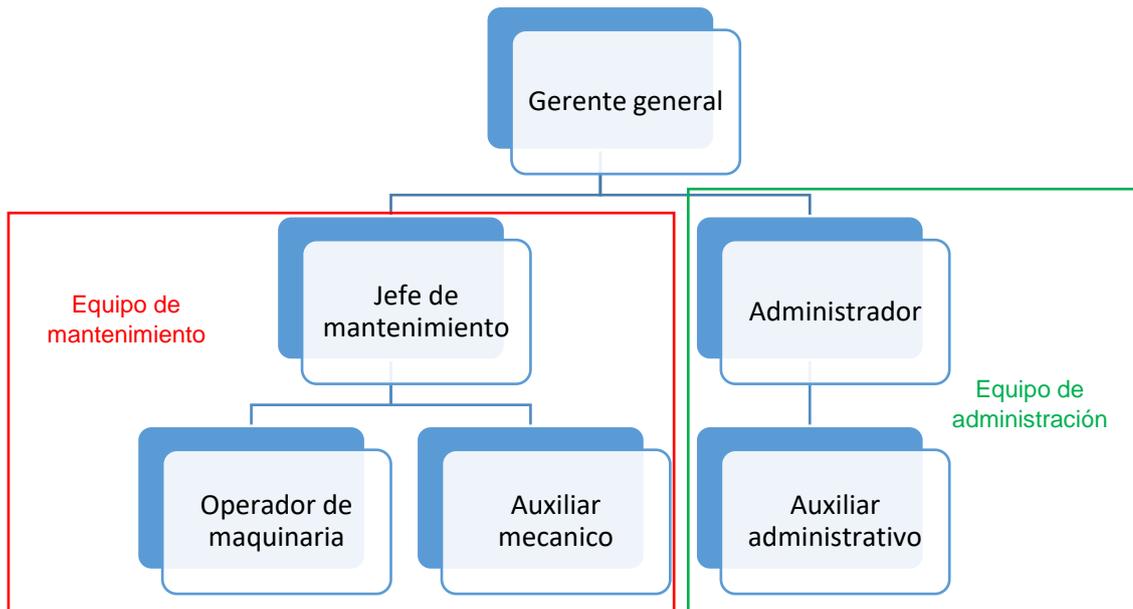


Figura 32. Organigrama de la empresa.

Anexo 28. Responsabilidad del equipo de mantenimiento

Tabla 143. Responsabilidad del equipo de mantenimiento

CARGO	RESPONSABILIDAD
Jefe de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar como se va a realizar cada mantenimiento programado. - Establecer si la parte del equipo debe ser cambiada o reparada. - Dar tareas operativas al auxiliar y técnico operador. - Diagnosticar las fallas ocurridas y dar veredicto. - Rendir ante la gerencia sobre las decisiones tomadas.
Auxiliar mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Asistencia inmediata a órdenes de su superior. - Reportar al jefe de mantenimiento sobre cualquier otra pieza o sistema comprometido con la falla actual. - Brinda ayuda de reparación en general.
Operador de maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar y reportar irregularidades en el funcionamiento de la maquinaria. - Evitar actividades no seguras y de riesgo contra la maquinaria. - Inspeccionar la maquinaria antes y después de la jornada. - No permitir la manipulación de la maquinaria y accesorios por terceros.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 29. Imágenes de los mini cargadores de la empresa



Figura 33. Mini cargador CATERPILLAR 252 B – AMS 10.



Figura 34. Mini cargador BOBCAT 873 – AMS 05.



Figura 35. Mini cargador BOBCAT 863 – AMS 06.



Figura 36. Mini cargador JOHN DEERE 320D – AMS 09.



Figura 37. Mini cargador CASE SR220 – AMS 08.



Figura 38. Mini cargador BOBCAT S250 – AMS 07.

Anexo 30. Diseño particular de adaptación



Anexo 31. Veracidad de datos brindados por la empresa

CONSTANCIA DE ENTREGA DE INFORMACIÓN

YO, MARCO ANTONIO ARANGO TINEO IDENTIFICADO CON EL DNI N° 40453687, EN REPRESENTACION DE LA EMPRESA ARANGO MAQUINARIAS SAC CON EL RUC: 20538104206 OCUPANDO EL CARGO DE GERENTE GENERAL, DEJO CONSTANCIA DE LA ENTREGA DE INFORMACION CONFIDENCIAL DE LA EMPRESA A LOS SEÑORES ALEXIS ALBUJAR ARANGO IDENTIFICADO CON EL DNI N° 76132876 Y A MIGUEL JESUS VENTURO IDENTIFICADO CON EL DNI N° 76094242. LA INFORMACION ENTREGADA CORRESPONDE AL HISTORIAL DIARIO DE TRABAJO DONDE SE REGISTRA EL MOVIMIENTO TOTAL DE LOS EQUIPOS ADEMAS DE DETALLES QUE SON CONFIDENCIALES DE LA EMPRESA, LA ENTREGA DE LA INFORMACION FUE A TRAVEZ DE UN DISPOSITIVO USB DEBIDO A QUE LAS BASES DE DATOS SON EN SU TOTALIDAD DIGITALES. SE ENTREGA LA INFORMACION BAJO EL COMPROMISO POR PARTE DE LOS SEÑORES ANTERIORMENTE MENCIONADOS, QUE SERAN USADOS CON FINES UNICAMENTE EDUCATIVOS Y QUE NO SE MANIPULARA NI PUBLICARA LA INFORMACION BRINDADA.

Lima, octubre 2020



ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
Marco Antonio Arango Tineo
Gerente General

Anexo 32. Entrega de datos financieros del segundo semestre del 2019

ENTREGA DE INFORMACIÓN

Como respuesta a la solicitud de información financiera por parte de los Srs. Jesusi Venturo Miguel y Albuja Arango Alexis para su trabajo de investigación titulada "Aplicación de la metodología AMFE para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020", se extiende el presente documento el cual contiene información sobre los ingresos mensuales del segundo semestre del año 2019 correspondiente a los mini cargadores de la empresa.

Se solicita responsabilidad y total discreción con la información brindada para sus fines netamente de investigación.

MES	MINI CARGADOR					
	AMS-10	AMS-05	AMS-06	AMS-09	AMS-08	AMS-07
JULIO	S/7,695.00	S/7,170.00	S/6,070.00	S/7,620.00	S/8,110.00	S/7,700.00
AGOSTO	S/7,347.50	S/6,015.00	S/6,350.00	S/6,380.00	S/7,850.00	S/7,490.00
SEPTIEMBRE	S/8,015.00	S/8,150.00	S/7,870.00	S/7,147.00	S/7,147.00	S/5,170.00
OCTUBRE	S/7,718.00	S/7,503.00	S/7,830.00	S/6,270.00	S/7,500.00	S/7,400.00
NOVIEMBRE	S/7,625.00	S/7,700.00	S/7,717.50	S/8,450.00	S/5,640.00	S/7,250.00
DICIEMBRE	S/5,055.00	S/5,215.00	S/4,050.00	S/5,160.00	S/5,810.00	S/5,230.00

Lima, octubre del 2020


ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
Marco Antonio Arango Tineo
Gerente General

Anexo 34. Inversiones tangibles para aplicar la metodología AMFE

Tabla 144. Inversiones tangibles para aplicar la metodología AMFE

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
REPUESTOS E INSUMOS PARA MANTENER LA HERRAMIENTA	FILTROS	UNIDAD	Tabla 48		S/ 872.00
	ACEITE Y GRASA	BALDE	Tabla 49		S/ 1,430.00
	TOTAL				S/ 2,302.00
REPUESTOS ELECTRICOS PARA MANTENER LA HERRAMIENTA	REPUESTOS ELECTRICOS	UNIDAD	Tabla 50		S/ 380.00
	TOTAL				S/ 380.00
EQUIPOS Y BIENES DURADEROS	COMPUTADORA	UNIDAD	2	S/ 500.00	S/ 1,000.00
	IMPRESORA	UNIDAD	1	S/ 200.00	S/ 200.00
	CARTUCHOS	UNIDAD	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	USB	UNIDAD	2	S/ 15.00	S/ 30.00
	TOTAL				S/1,255.00
PAPELERA EN GENERAL, UTILES Y MATERIALES DE OFICINA	ESCRITORIO	UNIDAD	2	S/ 75.00	S/ 150.00
	SILLAS	UNIDAD	2	S/ 25.00	S/ 50.00
	HOJAS A3	MILLAR	0.5	S/ 18.50	S/ 9.25
	LAPICEROS	UNIDAD	4	S/ 1.00	S/ 4.00
	CUADERNOS	UNIDAD	2	S/ 2.50	S/ 5.00
	LÁPIZ	UNIDAD	2	S/ 1.00	S/ 2.00
	BORRADOR	UNIDAD	2	S/ 0.50	S/ 1.00
TOTAL				S/221.25	
LIBROS, TEXTOS Y OTROS MATERIALES IMPRESOS	LIBRO DE GESTIÓN DE CALIDAD (L. CUATRECASAS)	UNIDAD	1	S/ 38.00	S/ 38.00
	IMPRESIÓN DE TABLA AMFE (A3)	UNIDAD	1	S/ 1.50	S/ 1.50
	IMPRESIÓN DE CHECK LIST (A3)	UNIDAD	5	S/ 1.50	S/ 7.50
	TOTAL				S/47.00
				TOTAL INVERTIDO	S/ 4,205.25

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35. Inversión intangible de capacitación

Tabla 145. Inversión intangible de capacitación

Descripción	Sueldo/mes	Sueldo/día	Sueldo / Hr	Horas de Capacitación	TOTAL
Jefe de mantenimiento	S/ 2,200.00	S/ 91.67	S/ 11.46	5 hrs	S/ 57.29
Auxiliar mecanico	S/ 1,100.00	S/ 45.83	S/ 5.73	5 hrs	S/ 28.65
Operario	S/ 1,700.00	S/ 70.83	S/ 8.85	5 hrs	S/ 44.27
Operario	S/ 1,700.00	S/ 70.83	S/ 8.85	5 hrs	S/ 44.27
Operario	S/ 1,700.00	S/ 70.83	S/ 8.85	5 hrs	S/ 44.27
Expositor (Jefe de mantenimiento)					S/ 100.00
Materiales					S/ 20.00
Total					S/ 338.75

Fuente: elaboración propia.

Anexo 36. Inversión intangible por horas invertidas de los investigadores

Tabla 146. Inversión intangible por horas invertidas de los investigadores

	Sueldo Mín	Sueldo/día	Sueldo/hr	Horas/seman	N° de Semanas		Horas Tot	TOTAL S/.
					PI	DPI		
Tesista 1	S/ 930.00	S/ 46.50	S/ 11.63	8 hrs	16	16	256 hrs	S/ 2,976.00
Tesista 2	S/ 930.00	S/ 46.50	S/ 11.63	8 hrs	16	16	256 hrs	S/ 2,976.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo 37. Inversión intangible de estudio de los investigadores

Tabla 147. Inversión intangible de estudio de los investigadores

	Mensualidad	Cursos	por 1 curso	Meses	N° Tesistas	TOTAL S/.
Estudio UCV	S/ 200.00	2	S/ 100.00	9	2	S/ 1,800.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo 38. Otras inversiones intangibles adicionales de los investigadores

Tabla 148. Otras inversiones intangibles adicionales de los investigadores

	Gasto por semana (S/.)	PI	DPI	N° Tesista	TOTAL S/.
Material-Otros	5	16	16	2	S/ 320.00
Total	S/ 2,976.00	S/ 2,976.00	S/ 1,800.00	S/ 320.00	S/ 8,072.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo 39. Inversiones intangibles para aplicar la metodología AMFE

Tabla 149. Inversiones intangibles para aplicar la metodología AMFE

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	MEDIDA	CANT.	TESISTA 1		TESISTA 2		COSTO TOTAL (S/.)
				COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL TESISTA 1	COSTO UNITARIO	TOTAL TESISTA 2	
SERVICIO DE TELEFONIA E INTERNET	TELEFONIA E INTERNET	MENSUAL	9	S/ 90.00	S/ 810.00	S/ 70.00	S/ 630.00	S/ 1,440.00
SERVICIO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA	LUZ	MENSUAL	9	S/ 75.00	S/ 675.00	S/ 80.00	S/ 720.00	S/ 1,395.00
SERVICIO DE AGUA Y DESAGUE	AGUA	MENSUAL	9	S/ 50.00	S/ 450.00	S/ 65.00	S/ 585.00	S/ 1,035.00
VIÁTICOS Y ASIGNACIONES	MOVILIDAD	MENSUAL	9	S/ 48.00	S/ 432.00	S/ 4.00	S/ 36.00	S/ 468.00
SERVICIO DE UN ELECTRICISTA	ELECTRICISTA	ANUAL	1	Tabla 45				S/ 300.00
OTROS GASTOS	CAPACITACIÓN PREOPERATIVA	TOTAL						S/ 338.75
	TIEMPO INVERTIDO DE TESISTAS	TOTAL						S/ 8,072.00
							TOTAL INVERTIDO	S/ 13,048.75

Fuente: elaboración propia.

Anexo 40. Estado actual de los mini cargadores



Figura 45. Parte posterior de los mini cargadores.





Figura 46. Pines y bocinas de los mini cargadores.



Figura 47. Parte interna del mini cargador.

Anexo 41. Plan de mantenimiento preventivo

Tabla 150. Plan de mantenimiento preventivo

LOGO IMAGEN		RAZON SOCIAL O EMPRESA			PERIODO:	
					VERSIÓN:	
		MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			CODIGO:	
					PAGINA:	
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ MANTENIMIENTO						
Máquina - Equipo		Marca:		Modelo:		
Serie No:		Fabricante:		Origen		
Año:		Motor:		Modelo:		
Peso:		Alto x ancho:		Largo:		
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico			C/ 1000 horas	
		C. Filtro hidráulico			C/ 1000 horas	
		Ins. Nivel de aceite			Semanal	
		Ins. Botellas hidráulicas			Anual	
		Ins. Cañerías			Semestral	
		Ins. Mangueras Hidráulicas			Mensual	
		Ins. Nivel de presión			Semestral	
		Cheq. Bomba Hidráulica			Anual	
		Ins. Nivel de aceite de cadenas			Semestral	
		Rev. Acoples rapidos			Trimestral	
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador			Trimestral	
		Ins. Faros de luz			Mensual	
		Ins. Luz estroboscópica			Mensual	
		Ins. Arrancador			Trimestral	
		Ins. Bateria - bornes			Semestral	
		Ins. Luces de tablero			Mensual	
		Ins. Cableado general			Anual	
		Ins. Bocina			Mensual	
3	SISTEMA MECÁNICO	C. Aceite de motor			C/ 250 horas	
		C. Filtro aceite de motor			C/ 250 horas	
		Ins. Nivel y estado de aceite			Mensual	
		Ins. de fajas			Trimestral	
		Ins. de inyectores			C/ 250 horas	
		C. Filtro de petróleo			C/ 250 horas	
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)			C/ 250 horas	
		Ins. Bomba de transferencia			Trimestral	
		Ins. De nivel de refrigerante			Mensual	
		Rev. Deposito de combustible			Anual	
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Pines y bocinas			Trimestral	
		Ins. Puntos de engrase			Mensual	
		Ins. Soldaduras de union			Semestral	
		Ins. Malla de cabina			Mensual	
		Ins. Joysticks / Palancas			Trimestral	
		Ins. Acelerador / pedales			Trimestral	
		Ins. Barras de agarre / Peldaños			Anual	
		Ins. Pintura			Anual	
		Ins. Neumáticos / Tuercas			Trimestral	
		Ins. Barra de seguridad			Mensual	
OBSERVACIONES						

Fuente: elaboración propia.

Anexo 42. Formato de registro de último mantenimiento

Tabla 151. Formato de registro de último mantenimiento

LOGO IMAGEN		RAZON SOCIAL O EMPRESA			PERIODO: 2020
					VERSIÓN: 1
		FICHA RESUMEN DE MANTENIMIENTO			CODIGO: AMS - 10
					PAGINA: 1 DE 1
FORMATO RESUMEN DE ÚLTIMO MANTENIMIENTO					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo		Marca:		Modelo:	
Serie No:		Fabricante:		Origen	
Año:		Motor:		Modelo:	
Peso:		Alto x ancho:		Largo:	
ELEMENTOS SOMETIDOS A MANTENIMIENTO					
COD.	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Horometro	FECHA	RESULTADO
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico			
		C. Filtro hidráulico			
		Ins. Nivel de aceite			
		Ins. Botellas hidráulicas			
		Ins. Cañerías			
		Ins. Mangueras Hidráulicas			
		Ins. Nivel de presión			
		Cheq. Bomba Hidráulica			
		Ins. Nivel de aceite de cadenas			
		Rev. Acoples rapidos			
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador			
		Ins. Faros de luz			
		Ins. Luz estroboscópica			
		Ins. Arrancador			
		Ins. Bateria - bornes			
		Ins. Luces de tablero			
		Ins. Cableado general			
3	SISTEMA MECÁNICO	Ins. Bocina			
		C. Aceite de motor			
		C. Filtro aceite de motor			
		Ins. Nivel y estado de aceite			
		Ins. de fajas			
		Ins. de inyectores			
		C. Filtro de petróleo			
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)			
		Ins. Bomba de transferencia			
Ins. De nivel de refrigerante					
4	CARROCERIA Y CABINA	Rev. Deposito de combustible			
		Ins. Pines y bocinas			
		Ins. Puntos de engrase			
		Ins. Soldaduras de union			
		Ins. Malla de cabina			
		Ins. Joysticks / Palancas			
		Ins. Acelerador / pedales			
		Ins. Barras de agarre / Peldaños			
		Ins. Pintura			
Ins. Neumáticos / Tuercas					
Ins. Barra de seguridad					
OBSERVACIONES					

Fuente: elaboración propia.

Anexo 43. Formato de check list

Tabla 152. Formato de check list

LOGO IMAGEN	RAZON SOCIAL O EMPRESA			PERIODO:
				VERSIÓN:
CHECK LIST DE MAQUINARIA PESADA			CODIGO:	
			PAGINA:	
FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS				
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE SOMETERÁ A INSPECCIÓN				
Máquina - Equipo		Marca:		Modelo:
Serie No:		Fabricante:		Origen
Año:		Motor:		Modelo:
Peso:		Alto x ancho:		Largo:
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO				
RESPONSABLE:		Cargo:		Fecha:
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO				
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		ESTADO
1	SISTEMA ELÉCTRICO	Bocina / alarma de retroceso		
		Luz estroboscópica		
		Luz de tablero		
		Bateria / bornes		
		Cableado		
2	NEUMÁTICOS	Presión		
		Tuercas		
		Labrado de llanta		
		Cortaduras / abultamientos / clavos		
		Llanta de repuesto		
3	SISTEMA HIDRÁULICO	Nivel de aceite hidraulico		
		Cañerías		
		Mangueras hidraulicas		
		Cilindros hidraulicos		
4	MOTOR	Acoples hidráulicos		
		Arranque		
		Nivel de aceite de motor		
		Tension de fajas		
		Color /olor de humo		
		Filtros de aire		
		Nivel de combustible		
Fuerza de levante				
5	CARROCERIA Y CABINA	Barras de agarre		
		Barra de seguridad / cinturon		
		Joysticks / Palancas		
		Pedales / aceleador		
		Pines y bocinas		
		Malla de cabina		
		Pintura / oxido		
		Rajaduras / soldaduras		
OBSERVACIONES				

Fuente: elaboración propia.

Anexo 44. Formato de registro de fallas

Tabla 153. *Formato de registro de fallas*

LOGO IMAGEN		RAZON SOCIAL O EMPRESA		PERIODO:	
				VERSIÓN: 1	
		REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		CODIGO:	
				PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo		Marca:		Modelo:	
Obra:				Operador	
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:		Cargo:		Fecha:	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO:		HORA FIN:	
2	ANTECEDENTES				
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL				
4	FALLA DETECTADA				
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA				
6	DECISIÓN				
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN				
COMENTARIOS					
<div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 80px; display: inline-block; margin-left: auto;"></div> FIRMA DEL RESPONSABLE					

Fuente: elaboración propia.

Anexo 45. Formato de registro de fallas

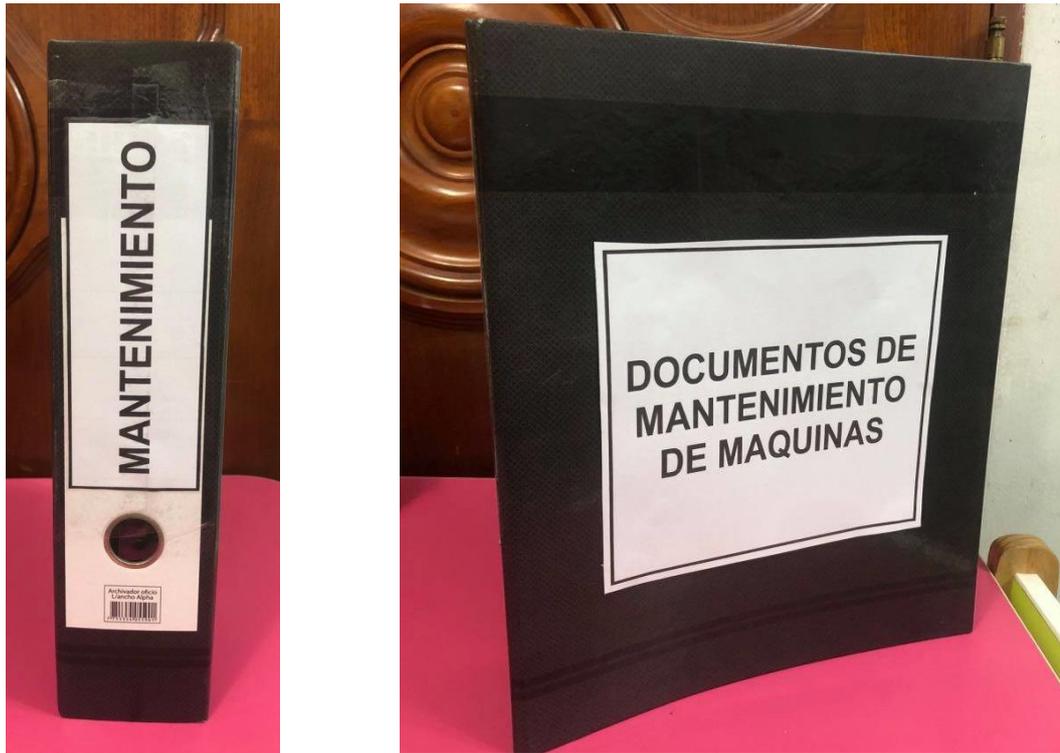


Figura 48. Archivador de documentos de mantenimiento.



Figura 49. Stand de archivadores de la empresa.

Anexo 46. Cotización de filtros de mini cargadores



FILTROS SAN JORGE SAC

Dirección Fiscal: AV. MEXICO 1182 LA VICTORIA - LIMA - LIMA

TELF: (+511) 324-1315 - 473-3174

RPC: 998 365 926 - 989 264 873

Suc. Arequipa: Av. Industrial N° 303 Asoc. Apima - Paucarpata - Arequipa / Telf: (054)397195 / RPC: 913 000 098

Suc. Arequipa: Av. Nicolás Ariola 1561-A - La Victoria - Lima - Lima.

Suc. Cerro Colorado: Car. Vía de Evitamiento Km 4.5 - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa.

Email - Ventas: sj.mexico@filtrosanjorge.com, sj.arequipa@filtrosanjorge.com, sj.arica@filtrosanjorge.com

sj.aqcerrocolorado@filtrosanjorge.com

Web: www.filtrosanjorge.com.pe

Cotización N° 40453

Fecha de emisión	: 29/08/2020	R.U.C	: 20501158012
Señor(es)	: FILTROS SAN JORGE S A C		
Dirección	: AV MEXICO NRO 1182 LIMA - LIMA - LA VICTORIA - LA VICTORIA - LIMA - LIMA		
Cond. de Pago	: CONTADO	Plazo de Entrega	: NO ESPECIFICA
Moneda	: SOLES	Rep. de Ventas	: MARCO MENDOZA
Teléfono	:	O.C. Cliente	:
Garantía	:	Validez de Oferta	: 2 DIAS
Observaciones:	: ENTREGA INMEDIATA		

ID	Ítem o Concepto	U.M	Cant.	Precio	Importe
1	102578 - LF3828 - FLEETG F/ ACEITE	UNIDADES	1	44.07	44.07
2	105709 - P551424 - DONALDSON F/ SEPARADOR	UNIDADES	1	55.93	55.93
3	FILTRO P163542= HF6572 - FLEETG F/ HIDRAULICO	UNIDADES	1	125.42	125.42
4	105844 - A5541S - SAKURA F/ AIRE	UNIDADES	1	67.80	67.80
5	FILTRO LF3341= LF3311 - FLEETG F/ ACEITE	UNIDADES	2	25.42	50.85
6	FILTRO F53125= PC42 - PUROLATOR F/ PETROLEO	UNIDADES	2	10.17	20.34
7	FILTRO HF6568= P164381 - DONALDSON F/ HIDRAULICO	UNIDADES	2	119.49	238.98
8	105845 - A8506S - SAKURA F/ AIRE	UNIDADES	2	67.80	135.59
					Valor de Venta S/ 738.98
					I.G.V. (18%) S/ 133.02
					Importe Total S/ 872.00

STOCK DISPONIBLE SALVO VENTA PREVIA

INDICAR EN SU ORDEN DE COMPRA EL NRO DE ESTA COTIZACIÓN

Abonar a las sgtes Ctas. Corrientes:

En Lima:

BANCO DE CREDITO DEL PERU

Cta. Cte Soles : 191-1714954-0-86

Cta. Cte Dolares : 191-1561734-1-99

BANCO CONTINENTAL

Cta. Cte Soles : 0011-0124-53-0100009395

Cta. Cte Dolares : 0011-0124-52-0100009409

En Arequipa:

BANCO DE CREDITO DEL PERU

Cta. Cte Soles : 215-2468387-0-17

Figura 50. Cotización de filtros de mini cargadores.

Anexo 47. Adquisición de filtros para mini cargador



Figura 51. Stock de filtros.

Anexo 48. Baterías de los mini cargadores



Figura 52. Baterías en mal estado.



Figura 53. Compra de batería nueva y bornes.

Anexo 49. Partes de un mini cargador

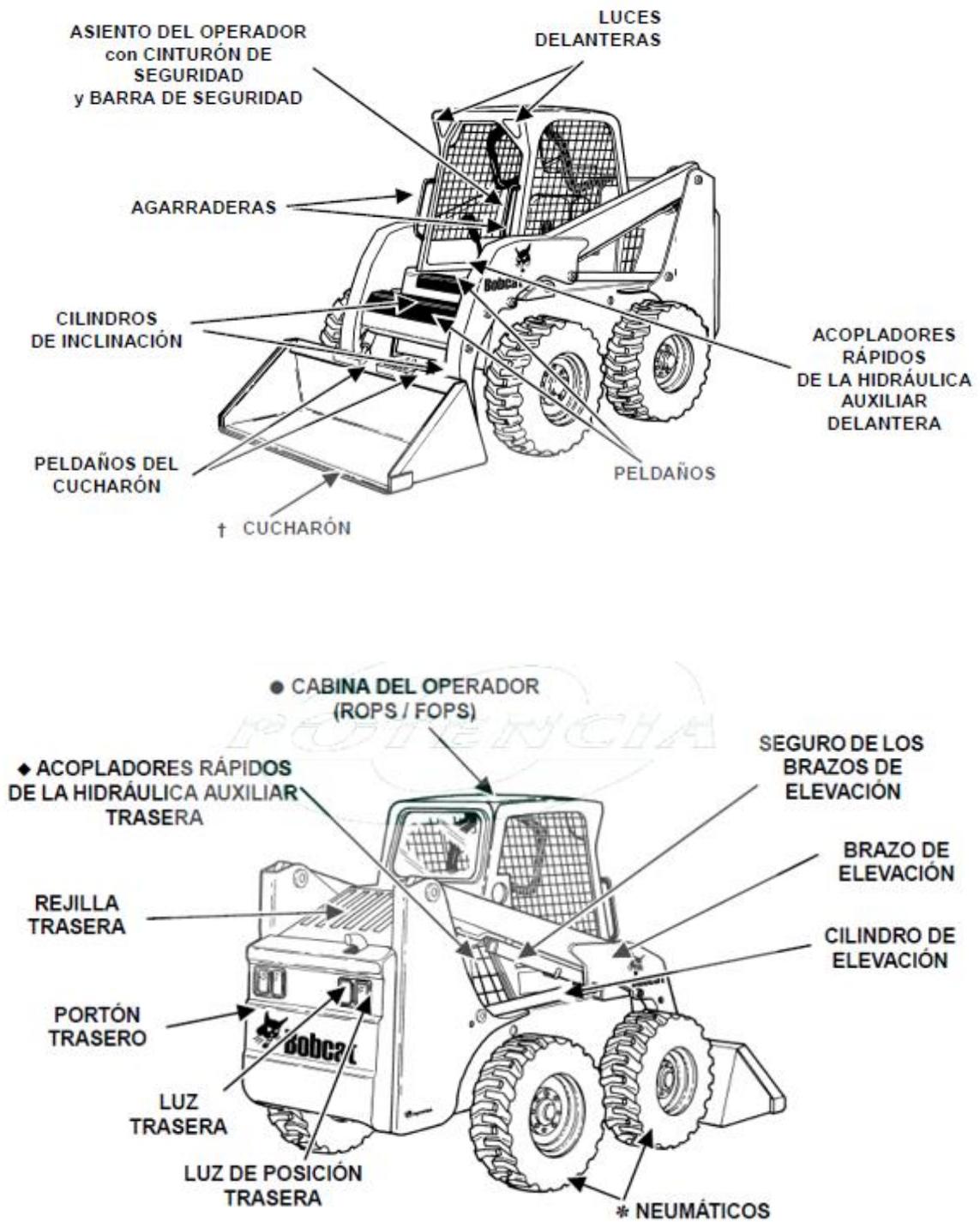


Figura 54. Partes de un mini cargador.

Anexo 50. Componentes visibles de un motor de mini cargador

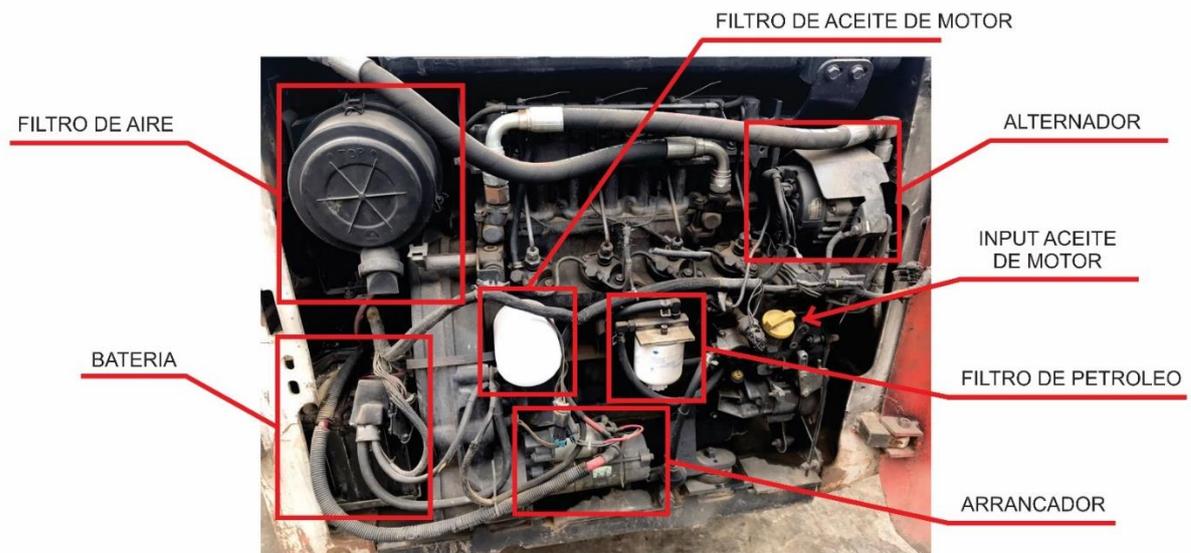


Figura 55. Partes de un motor de mini cargador.

Anexo 51. Almacén de repuestos y filtros



Figura 56. Almacén de filtros.

Anexo 52. Preparación de formatos del plan de mantenimiento

Arango MAQUINARIAS S.A.C. PERIODO: 2020
 VERSION: 1
 CODIGO: AMS-12
 PAGINA: 1 DE 1

ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
 MANTENIMIENTO MECANICO PREVENTIVO

FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARA MANTENIMIENTO

Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	252, B2
Serie No:	CAT02L3BVSC05603	Fabricante:	CATERPILLAR INC.	Origen:	Estados Unidos
Año:	2006	Motor:	CATERPILLAR	Modelo:	3616AC DIT
Peso:	3,5 Tn	Alto x ancho:	2061 x 1829 mm	Largo:	3616 mm

ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO

COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / M	Periodo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico			C/ 1200 horas	
		C. Filtro hidráulico			C/ 1200 horas	
		Ins. Nivel de aceite			Semanal	
		Ins. Botellas hidráulicas			Anual	
		Ins. Cables			Semanal	
		Ins. Mangueiras Hidráulicas			Mensual	
		Ins. Nivel de gerador			Semanal	
		Cheng Bomba Hidráulica			Anual	
		Ins. Nivel de aceite de cilindros			Semanal	
		Ins. Acopleo rayados			Semanal	
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador				
		Ins. Fases de luz				
		Ins. Luz retrovisiva				
		Ins. Arrancador				
		Ins. Baterías - Secas				
		Ins. Luces de trabajo				
3	SISTEMA MECÁNICO	Ins. Cables general				
		Ins. Saco				
		C. Aceite de motor				
		C. Filtro aceite de motor				
		Ins. Nivel y estado de aceite				
		Ins. de agua				
		Ins. de escape				
		C. Filtro de aire (F1) - Suc				
		Ins. Bomba de transferencia				
		Ins. de nivel de combustible				
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Depósito de combustible				
		Ins. Filtros y sacos				
		Ins. Puntos de engarce				
		Ins. Suspendores de cables				
		Ins. Malla de cabina				
		Ins. Interruptor / Frenos				
		Ins. Acopleador / pedales				
		Ins. Borneo de apaga / Pedales				
		Ins. Pintura				
		Ins. Inspecciones / Limpieza				

OBSERVACIONES

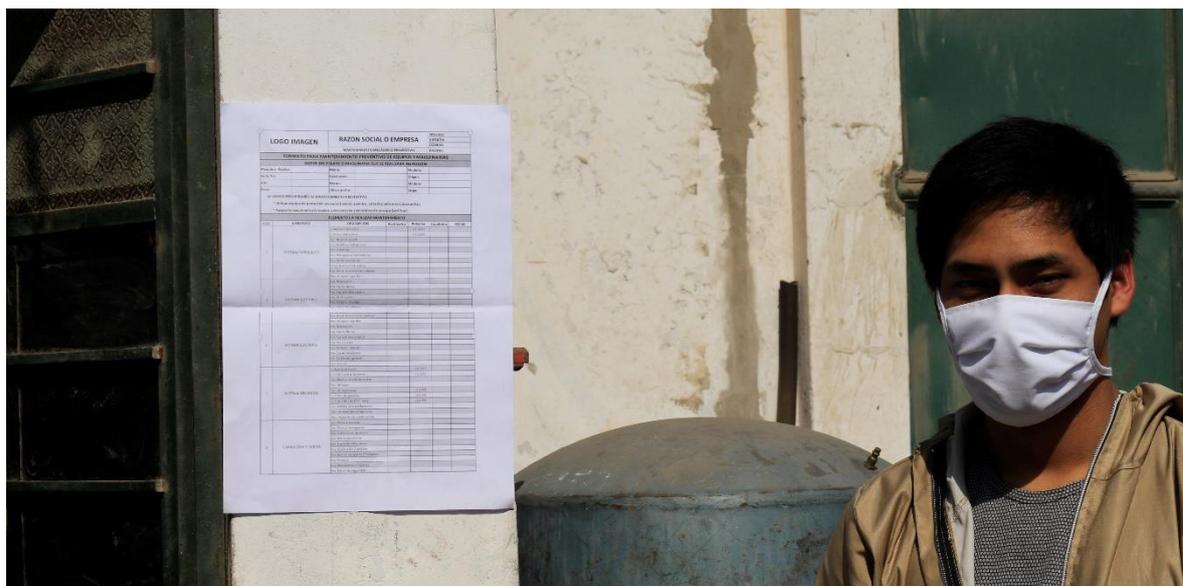


Figura 57. Tablero con formatos del plan de mantenimiento.

Anexo 53. Mantenimiento a mini cargador AMS – 06





Figura 58. Mantenimiento a mini cargador AMS – 06.

Anexo 54. Estado de los neumáticos





Figura 59. Estado de los neumáticos.

Anexo 55. Reparación sistema eléctrico



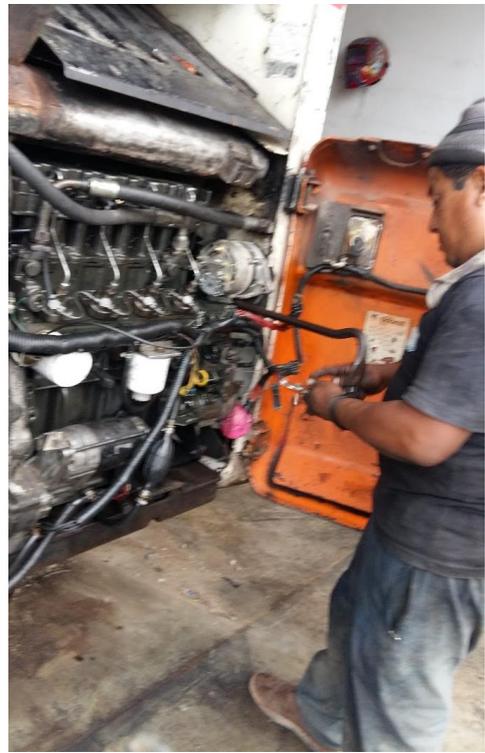


Figura 60. Reparación sistema eléctrico.

Anexo 56. Limpieza del mini cargador



Figura 61. Limpieza del mini cargador.

Anexo 57. Unidad de transporte de la empresa





Figura 62. Unidad de transporte de la empresa.

Anexo 58. Capacitación al personal





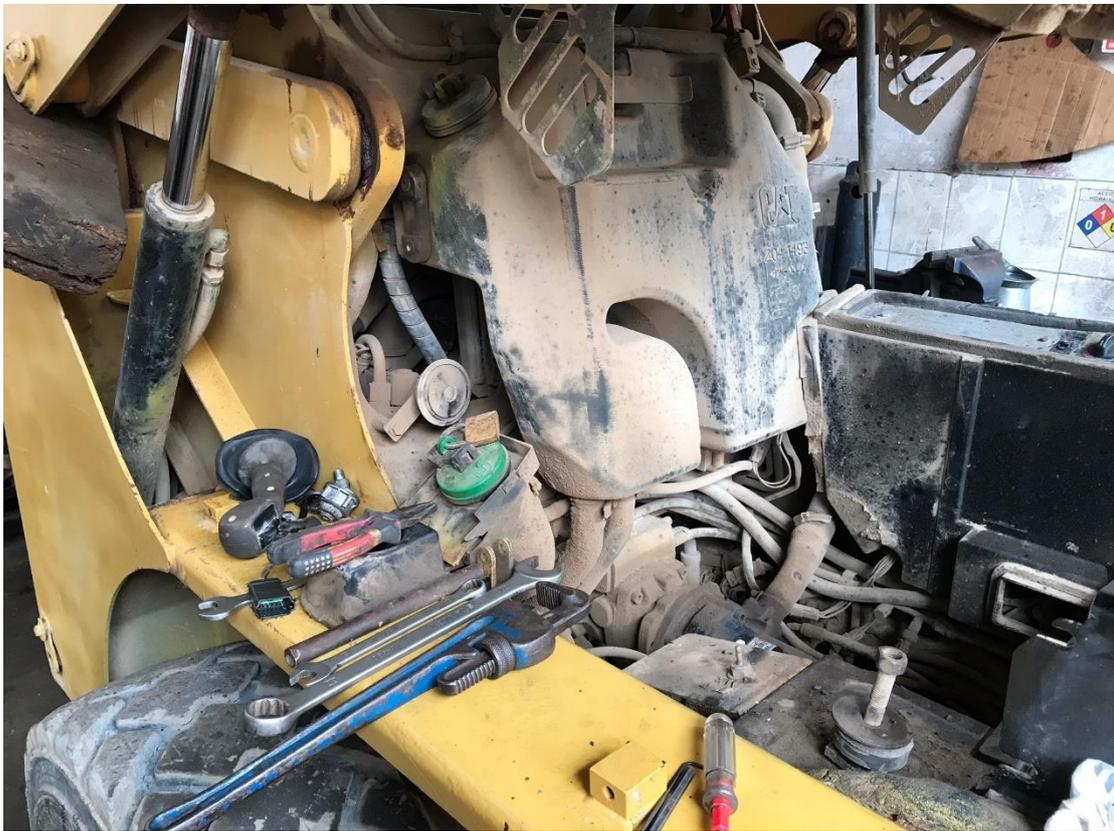




Figura 63. Capacitación al personal.

Anexo 59. Mantenimiento a mini cargador AMS - 10









Anexo 60. Estado final del mini cargador AMS - 10



Figura 64. Estado final del mini cargador AMS – 10.

Anexo 61. Mantenimiento a mini cargador AMS – 05





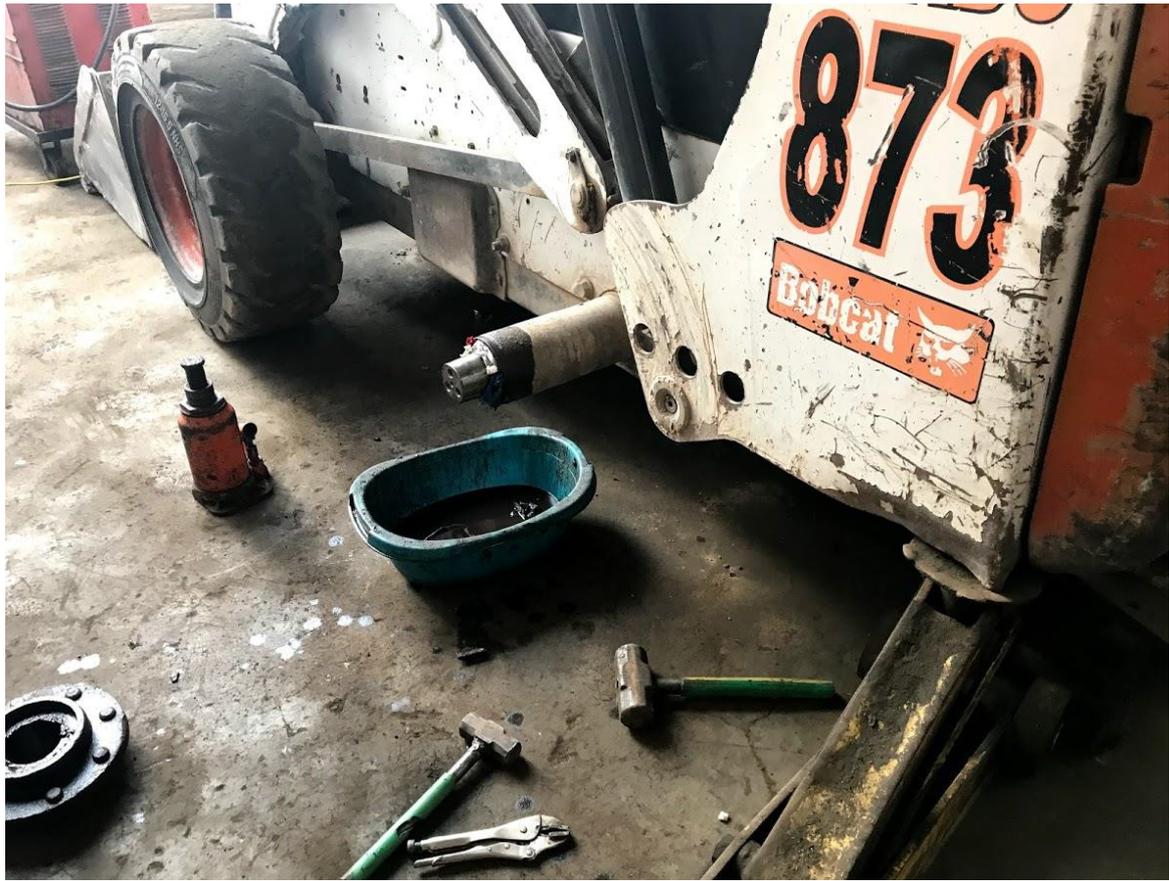


Figura 65. Mantenimiento a mini cargador AMS – 05.

Anexo 62. Estado final del mini cargador AMS - 05



Figura 66. Estado final del mini cargador AMS – 05.

Anexo 63. Residuos del mantenimiento



Figura 67. Residuos del mantenimiento.

Anexo 64. Venta del aceite quemado



Figura 68. Venta del aceite quemado.

Anexo 65. Consecuencia de la falta de mantenimiento



Figura 69. Consecuencia de la falta de mantenimiento.

Anexo 67. Registro del mantenimiento del BOBCAT 863 – AMS 06

Tabla 154. Registro del mantenimiento del BOBCAT 863 – AMS 06

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.			PERIODO:	2020
					VERSIÓN:	1
					CODIGO:	AMS - 06
					PAGINA:	1 DE 1
MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO						
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ INSPECCIÓN						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	BOBCAT	Modelo:	863	
Serie No:	514452245	Fabricante:	BOBCAT INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2003	Motor:	DEUTZ	Modelo:	BF4M1011F	
Peso:	3.2 Tn.	Alto x ancho:	1820 x 2090 mm	Largo:	3439 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	3451,9 Hrs.	4451,9 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	3451,9 Hrs.	4451,9 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	31/08/2020	07/09/2020	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	01/09/2020	01/09/2021	Anual	OK
		Ins. Cañerías	01/09/2020	01/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	01/09/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	01/09/2020	01/03/2021	Semestral	OK
		Cheq. Bomba Hidráulica	01/09/2020	01/09/2021	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	31/08/2020	01/03/2021	Semestral	OK
Rev. Acoples rapidos	01/09/2020	01/12/2020	Trimestral	OK		
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador	01/09/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	01/09/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	01/09/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	01/09/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	01/09/2020	01/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	01/09/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Cableado general	01/09/2020	01/09/2021	Anual	OK
Ins. Bocina	01/09/2020	01/10/2020	Mensual	OK		
3	SISTEMA MECÁNICO	C. Aceite de motor	3451,9 Hrs.	3701,9 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	3451,9 Hrs.	3701,9 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	31/08/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. de fajas	31/08/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	3451,9 Hrs.	3701,9 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	3451,9 Hrs.	3701,9 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	3451,9 Hrs.	3701,9 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		Ins. Bomba de transferencia	01/09/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante			Mensual	OK
Rev. Deposito de combustible	01/09/2020	01/09/2021	Anual	OK		
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Pines y bocinas	31/08/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	31/08/2020	01/11/2020	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	31/08/2020	01/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	31/08/2020	01/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	31/08/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	31/08/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Barras de agarre / Peldaños	31/08/2020	01/09/2021	Anual	OK
		Ins. Pintura	31/08/2020	01/09/2021	Anual	OK
		Ins. Neumáticos / Tuercas	31/08/2020	01/12/2020	Trimestral	OK
Ins. Barra de seguridad	31/08/2020	01/10/2020	Mensual	OK		
OBSERVACIONES						

Fuente: elaboración propia.

Anexo 68. Registro del mantenimiento del CAT 252B – AMS 10

Tabla 155. Registro del mantenimiento del CAT 252B – AMS 10

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.			PERIODO:	2020
					VERSIÓN:	1
		MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			CODIGO:	AMS - 10
					PAGINA:	1 DE 1
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ MANTENIMIENTO						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	252 B2	
Serie No:	CAT0252BVSCP05621	Fabricante:	CATERPILLAR INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2008	Motor:	CATERPILLAR	Modelo:	3044C DIT	
Peso:	3.5 Tn.	Alto x ancho:	2063 x 1829 mm	Largo:	3616 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	7752.0 Hrs.	8752.0 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	7752.0 Hrs.	8752.0 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	03/09/2020	10/09/2020	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	03/09/2020	03/09/2021	Anual	OK
		Ins. Cañerías	03/09/2020	03/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	04/09/2020	04/03/2021	Semestral	OK
		Cheq. Bomba Hidráulica	04/09/2020	04/09/2021	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	03/09/2020	03/03/2021	Semestral	OK
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Rev. Acoples rapidos	04/09/2020	04/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Alternador	04/09/2020	04/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	04/09/2020	04/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	04/09/2020	04/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	04/09/2020	04/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	04/09/2020	04/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	04/09/2020	04/10/2020	Mensual	OK
3	SISTEMA MECÁNICO	Ins. Cableado general	04/09/2020	04/09/2021	Anual	OK
		Ins. Bocina	04/09/2020	04/10/2020	Mensual	OK
		C. Aceite de motor	7752.0 Hrs.	8002.0 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	7752.0 Hrs.	8002.0 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK
		Ins. de fajas	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	7752.0 Hrs.	8002.0 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	7752.0 Hrs.	8002.0 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	7752.0 Hrs.	8002.0 Hrs.	C/ 250 horas	OK
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Bomba de transferencia	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK
		Rev. Deposito de combustible	03/09/2020	03/09/2021	Anual	OK
		Ins. Pines y bocinas	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	03/09/2020	03/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK
Ins. Barras de agarre / Peldaños	03/09/2020	03/09/2021	Anual	OK		
Ins. Pintura	03/09/2020	03/09/2021	Anual	OK		
Ins. Neumáticos / Tuercas	03/09/2020	03/12/2020	Trimestral	OK		
Ins. Barra de seguridad	03/09/2020	03/10/2020	Mensual	OK		
OBSERVACIONES						

Fuente: elaboración propia.

Anexo 69. Registro del mantenimiento del BOBCAT 873 – AMS 07

Tabla 156. Registro del mantenimiento del BOBCAT 873 – AMS 07

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.			PERIODO:	2020
					VERSIÓN:	1
		MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			CODIGO:	AMS - 05
					PAGINA:	1 DE 1
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ INSPECCIÓN						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	BOBCAT	Modelo:	873	
Serie No:	514764823	Fabricante:	BOBCAT INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2004	Motor:	DEUTZ	Modelo:	BF4M1011F	
Peso:	3.2 Tn.	Alto x ancho:	1870 x 2000 mm	Largo:	3570 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	5125.2 Hrs.	6125.2 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	5125.2 Hrs.	6125.2 Hrs.	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	05/09/2020	12/09/2020	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	07/09/2020	07/09/2021	Anual	OK
		Ins. Cañerías	07/09/2020	07/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	05/09/2020	05/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	07/09/2020	07/03/2021	Semestral	OK
		Cheq. Bomba Hidráulica	07/09/2020	07/09/2021	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	05/09/2020	05/03/2021	Semestral	OK
Rev. Acoples rapidos	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK		
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador	07/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	07/09/2020	07/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	07/09/2020	07/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	07/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	07/09/2020	07/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	07/09/2020	07/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Cableado general	07/09/2020	07/09/2021	Anual	OK
Ins. Bocina	07/09/2020	07/10/2020	Mensual	OK		
3	SISTEMA MECÁNICO	C. Aceite de motor	5125.2 Hrs.	5375.2 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	5125.2 Hrs.	5375.2 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	05/09/2020	05/10/2020	Mensual	OK
		Ins. de fajas	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	5125.2 Hrs.	5375.2 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	5125.2 Hrs.	5375.2 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	5125.2 Hrs.	5375.2 Hrs.	C/ 250 horas	OK
		Ins. Bomba de transferencia	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante	-	-	Mensual	OK
Rev. Deposito de combustible	05/09/2020	05/09/2021	Anual	OK		
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Pines y bocinas	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	05/09/2020	05/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	05/09/2020	05/03/2021	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	05/09/2020	05/10/2020	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
		Ins. Barras de agarre / Peldaños	05/09/2020	05/09/2021	Anual	OK
		Ins. Pintura	05/09/2020	05/09/2021	Anual	OK
		Ins. Neumáticos / Tuercas	05/09/2020	05/12/2020	Trimestral	OK
Ins. Barra de seguridad	05/09/2020	05/10/2020	Mensual	OK		
OBSERVACIONES						

Fuente: elaboración propia.

Anexo 70. Registros de mantenimiento en taller

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C. MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			PERIODO: 2020	
					VERSIÓN: 1	
				CODIGO: AMS - 10	PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ MANTENIMIENTO						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	252 B2	
Serie No:	CAT0252BVSCP05G21	Fabricante:	CATERPILLAR INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2008	Motor:	CATERPILLAR	Modelo:	3044C DIT	
Peso:	3.5 Tn.	Alto x ancho:	2063 x 1829 mm	Largo:	3616 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	7752.0	8752.0	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	7752.0	8752.0	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	03/09/20	10/09/20	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	03/09/20	03/09/21	Anual	OK
		Ins. Cañerías	03/09/20	03/03/21	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	03/09/20	03/10/21	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	04/09/20	04/03/21	Semestral	OK
		Cheq. Bomba Hidráulica	04/09/20	04/09/21	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	03/09/20	03/03/21	Semestral	OK
		Rev. Acoples rapidos	04/09/20	04/12/20	Trimestral	OK
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador	04/09/20	04/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	04/09/20	04/10/20	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	04/09/20	04/10/20	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	04/09/20	04/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	04/09/20	04/03/21	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	04/09/20	04/10/20	Mensual	OK
		Ins. Cableado general	04/09/20	04/09/21	Anual	OK
3	SISTEMA MECÁNICO	Ins. Bocina	04/09/20	04/10/20	Mensual	OK
		C. Aceite de motor	7752.0	8002.0	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	7752.0	8002.0	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	03/09/20	03/10/20	Mensual	OK
		Ins. de fajas	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	7752.0	8002.0	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	7752.0	8002.0	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	7752.0	8002.0	C/ 250 horas	OK
		Ins. Bomba de transferencia	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante	03/09/20	03/10/20	Mensual	OK
4	CARROCERIA Y CABINA	Rev. Deposito de combustible	03/09/20	03/09/21	Anual	OK
		Ins. Pines y bocinas	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	03/09/20	03/10/20	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	03/09/20	03/03/21	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	03/09/20	03/10/20	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Barras de agarre / Peldaños	03/09/20	03/09/21	Anual	OK
		Ins. Pintura	03/09/20	03/09/21	Anual	OK
		Ins. Neumáticos / Tuercas	03/09/20	03/12/20	Trimestral	OK
OBSERVACIONES						
S. Observación. S. Mecanico 8002.0, S. Hidraulico 8752.0.						

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.			PERIODO: 2020	
					VERSIÓN: 1	
MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			CODIGO: AMS - 05		PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ INSPECCIÓN						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	BOBCAT	Modelo:	873	
Serie No:	514764823	Fabricante:	BOBCAT INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2004	Motor:	DEUTZ	Modelo:	BF4M1011F	
Peso:	3.2 Tn.	Alto x ancho:	1870 x 2000 mm	Largo:	3570 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	5125.2	6175.2	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	5125.2	6175.2	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	05/04/20	12/04/20	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	07/04/20	07/04/21	Anual	OK
		Ins. Cañerías	07/04/20	07/03/21	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	05/04/20	05/10/21	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	07/04/20	07/03/21	Semestral	OK
		Cheg. Bomba Hidráulica	07/04/20	07/04/21	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	05/04/20	05/03/21	Semestral	OK
		Rev. Acoples rápidos	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador	07/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	07/04/20	07/10/20	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	07/04/20	07/10/20	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	07/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	07/04/20	07/03/21	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	07/04/20	07/10/20	Mensual	OK
		Ins. Cableado general	07/04/20	07/04/21	Anual	OK
		Ins. Bocina	07/04/20	07/10/20	Mensual	OK
3	SISTEMA MECÁNICO	C. Aceite de motor	5125.2	5375.2	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	5125.2	5375.2	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	05/04/20	05/10/20	Mensual	OK
		Ins. de fijas	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	5125.2	5375.2	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	5125.2	5375.2	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	5125.2	5375.2	C/ 250 horas	OK
		Ins. Bomba de transferencia	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante	-	-	Mensual	OK
		Rev. Deposito de combustible	05/04/20	05/04/21	Anual	OK
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Pines y bocinas	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	05/04/20	05/10/20	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	05/04/20	05/03/21	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	05/04/20	05/10/20	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Barras de agarre / Peldaños	05/04/20	05/04/21	Anual	OK
		Ins. Pintura	05/04/20	05/04/21	Anual	OK
		Ins. Neumáticos / Tuercas	05/04/20	05/12/20	Trimestral	OK
Ins. Barra de seguridad	05/04/20	05/10/20	Mensual	OK		
OBSERVACIONES						
<p>— Sin Observaciones S. Mecánico <u>5375.2</u> , S. Hidráulico <u>6175.2</u></p>						

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO:	2020	
				VERSIÓN:	1	
				CODIGO:	AMS - 06	
				PAGINA:	1 DE 1	
MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO						
FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA QUE SE REALIZARÁ INSPECCIÓN						
Máquina - Equipo	MINICARGADOR	Marca:	BOBCAT	Modelo:	863	
Serie No:	514452245	Fabricante:	BOBCAT INC.	Origen	Estadounidense	
Año:	2003	Motor:	DEUTZ	Modelo:	BF4M1011F	
Peso:	3.2 Tn.	Alto x ancho:	1820 x 2090 mm	Largo:	3439 mm	
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO						
COD.	ELEMENTO	ACTIVIDAD	F / H Inicial	Próximo	Frecuencia	Estado
1	SISTEMA HIDRÁULICO	C. Aceite hidráulico	3451.9	4451.9	C/ 1000 horas	OK
		C. Filtro hidráulico	3451.9	4451.9	C/ 1000 horas	OK
		Ins. Nivel de aceite	31/08/20	07/09/20	Semanal	OK
		Ins. Botellas hidráulicas	01/09/20	01/09/20	Anual	OK
		Ins. Cañerías	01/09/20	01/09/20	Semestral	OK
		Ins. Mangueras Hidráulicas	01/09/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Nivel de presión	01/09/20	01/09/21	Semestral	OK
		Cheq. Bomba Hidráulica	01/09/20	01/09/21	Anual	OK
		Ins. Nivel de aceite de cadenas	31/08/20	01/09/21	Semestral	OK
		Rev. Acoples rapidos	01/09/20	01/12/20	Trimestral	OK
2	SISTEMA ELÉCTRICO	Ins. Alternador	01/09/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Faros de luz	01/09/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Luz estroboscópica	01/09/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Arrancador	01/09/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Batería - bornes	01/09/20	01/09/21	Semestral	OK
		Ins. Luces de tablero	01/09/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Cableado general	01/09/20	01/09/21	Anual	OK
		Ins. Bocina	01/09/20	01/10/20	Mensual	OK
3	SISTEMA MECÁNICO	C. Aceite de motor	3451.9	3701.9	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro aceite de motor	3451.9	3701.9	C/ 250 horas	OK
		Ins. Nivel y estado de aceite	31/08/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. de fajas	31/08/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. de inyectores	3451.9	3701.9	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de petróleo	3451.9	3701.9	C/ 250 horas	OK
		C. Filtro de aire (Pri - Sec)	3451.9	3701.9	C/ 250 horas	OK
		Ins. Bomba de transferencia	01/09/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. De nivel de refrigerante	-	-	Mensual	OK
		Rev. Deposito de combustible	01/09/20	01/09/21	Anual	OK
4	CARROCERIA Y CABINA	Ins. Pines y bocinas	31/08/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Puntos de engrase	31/08/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Soldaduras de union	31/08/20	01/09/21	Semestral	OK
		Ins. Malla de cabina	31/08/20	01/10/20	Mensual	OK
		Ins. Joysticks / Palancas	31/08/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Acelerador / pedales	31/08/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Barras de agarre / Peldaños	31/08/20	01/09/21	Anual	OK
		Ins. Pintura	31/08/20	01/09/21	Anual	OK
		Ins. Neumáticos / Tuercas	31/08/20	01/12/20	Trimestral	OK
		Ins. Barra de seguridad	31/08/20	01/10/20	Mensual	OK
OBSERVACIONES						
<p>- Sin observaciones todo OK Mecánico 3701.9, Hidráulico 4451.9</p>						

Anexo 71. Registros de fallas

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020 VERSIÓN: 1 CODIGO: ANS-10 PAGINA: 1 DE 1	
REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS					
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	Minicavadora	Marca:	Cobacollar	Modelo:	252-B
Obra:	Pastos Sevilla	Operador	Marsial		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	WUCC	Cargo:	Mecánico	Fecha:	19/04/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO:	2:45	HORA FIN:	4:45
2	ANTECEDENTES	Estaba gobernando aceite por el acople macho, no tenía fuerza el martillo.			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	- Fuga de aceite por el acople - Falta grasa al bobtach - Falta grasa al martillo			
4	FALLA DETECTADA	- Se calentó y robó el O-ring			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	- Acople Macho x Acople hembra ✓			
6	DECISIÓN	- Comprar un O-Ring (se para alman) \$ 5.00			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	- Se cambió los O-ring a ambos acoples - Se engrasó el martillo y el bobtach			
COMENTARIOS					
Revisar el caudal y flujo de la bomba					

 Arango Maquinarias	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020
	REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		VERSIÓN: 1
			CODIGO: 013-09
			PAGINA: 1 DE 1
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS			
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA			
Máquina - Equipo	Mexicoregator	Marca:	Excent
Modelo:			B77
Obra:	Chigarrillos - Av. Los Condores	Operador	Vicente
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO			
RESPONSABLE:	Vicente	Cargo:	Mecánico
Fecha:			26/09/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO			
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 2:00 Pm	HORA FIN: 5:00 Pm
2	ANTECEDENTES	- El motor se aguantaba, la temperatura subía y bajaba por ratos.	
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	- Llamita posterior derecha se está huyendo, falta mucho humo negro, <u>tuerca rodada</u>	
4	FALLA DETECTADA	- La tuerca está rodada y no hay tensión de folio, está suelto.	
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	- Faja de ventilador de motorizada, no tenso.	
6	DECISIÓN	- Cambiar, comprar otra tuerca y perno. \$ 10.00	
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	- Se cambió otra tuerca (nueva) y se tensó las foljas. Se cambió la llamita por la de repuesto (Vicente).	
COMENTARIOS			
- Previsar en el taller los inventores, mucho humo.			

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020 VERSIÓN: 1 CODIGO: AMS-06 PAGINA: 1 DE 1	
REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS					
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	Meriva 5000	Marca:	Bobcat	Modelo:	863
Obra:	Ciudad de los rios - Av. Heros	Operador	Miller		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	Alexis	Cargo:	Mecánico	Fecha:	25/04/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO:	11:00 am	HORA FIN:	2:00 pm
2	ANTECEDENTES	El taladro perforador se accionaba el acople de la roda. No logra contacto al accionar.			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	- todo OK			
4	FALLA DETECTADA	- Caja de fusibles, estaba cruzado y se quemaron algunos.			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	- Caja de fusibles			
6	DECISIÓN	- Revisar del taller la caja de fusibles y multi-fusible			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	- Probar todos los fusibles con el multi y reemplazar los dañados.			
COMENTARIOS					
- Av. los Heros este cerrado, mucho tráfico.					

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020	
				VERSIÓN: 1	
		REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		CODIGO: 0115-09	
				PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	minicargador	Marca:	John Deere	Modelo:	320D
Obra:	Alameda charcos	Operador	RONAL		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	raulon	Cargo:	mecánico	Fecha:	08/09/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 10:00 am	HORA FIN: 4:00 pm		
2	ANTECEDENTES	ninguno			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	Circulina no funciona, alarma de retroceso tampoco, horometro malogrado.			
4	FALLA DETECTADA	Fuga de aceite por manguera, el terminal se rompió, malado			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Manguera hidraulica (Nipe)			
6	DECISIÓN	Comprar en urrda y cambiar \$/ 10.00 nides \$/ 15.00			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Cambio de manguera h., se volvió a prensar con otro nipe nuevo.			
COMENTARIOS					
Revisar sistema electrico de cabina, mundos					

	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C. REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS			PERIODO: 2020	
				VERSIÓN: 1	
			CODIGO: AUS-CA	PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	minicargador	Marca:	John Deere	Modelo:	320D
Obra:	Alameda Chorrillos	Operador	RONAL		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	marion	Cargo:	Tecnico M.	Fecha:	14/09/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 4:00 pm	HORA FIN: 16/09/20 5: PM		
2	ANTECEDENTES	lentitud de avance, ruido en las cadenas y al girar se quiere atascar			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL				
4	FALLA DETECTADA	Wegote en motor de tracción hidrostático, rodajes internos			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Motor hidrostático.			
6	DECISIÓN	Comprar 1 rodaje del motor hidrostático de segunda \$15 ca millón			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Cambiar rodaje del motor de giro rodaje			
COMENTARIOS					

		ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020 VERSIÓN: 1 CODIGO: HNS-08 PAGINA: 1 DE 1	
REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS					
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	Minicarapoder	Marca:	CASE	Modelo:	SR220
Obra:	Villa del Mar - Villa el Salvador	Operador	W. Alvarez		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	Wuxec	Cargo:	Mecánico	Fecha:	12/04/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO:	9:00 am	HORA FIN:	2:00 pm
2	ANTECEDENTES	La máquina se proba solo de manera regular			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	-			
4	FALLA DETECTADA	Sensor de Parámetros se activa solo cuando está en movimiento			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Sensor			
6	DECISIÓN	Se llevó a Segundo para repararlo o comprar			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Segundo no lo pudo reparar y solo se anuló para que trabaje. Segundo se llevó a su taller.			
COMENTARIOS					
-Se tiene que anular el sensor o comprar otro nuevo.					

 Arango Maquinarias	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020
	REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		VERSIÓN: 1
			CODIGO:
			PAGINA: 1 DE 1
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS			
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA			
Máquina - Equipo	Hor: wagsubs	Marca:	Case
Modelo:	SR220	Operador	Wudmes
Obra:	Plaza de aca		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO			
RESPONSABLE:	Marlon	Cargo:	Mecánico
Fecha:	29/04/20		
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO			
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 8:00 am	HORA FIN: 3:00 pm
2	ANTECEDENTES	- ninguno	
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL		
4	FALLA DETECTADA	- Terminal n: ple durado, doblado.	
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	- braceo terminal lab.	
6	DECISIÓN	- Lomox y combor de riple en la misma mangrea. SL25	
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Se lomox y se combor	
COMENTARIOS			

	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.		PERIODO: 2020
			VERSIÓN: 1
REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		CODIGO: RMS-07	PAGINA: 1 DE 1
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS			
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA			
Máquina - Equipo	Minicargador	Marca:	Fidreant
Modelo:	S250	Operador	Walter
Obra:	Villa Maria del Triunfo		
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO			
RESPONSABLE:	Wjwe	Cargo:	reparador
Fecha:	16/04/2020		
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO			
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 2:00 pm	HORA FIN: 5:00 pm
2	ANTECEDENTES	La máquina se aceleraba sola, en subida o velocidad se quería mover	
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	Falta aceite de motor.	
4	FALLA DETECTADA	La bomba de transmisión tiene rota el diáfragma interno esta rajada.	
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Diáfragma de la bomba de transmisión.	
6	DECISIÓN	Comprar y llevar a reparar. S/ 30	
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Se llevo a comprar y reparar la bomba de transmisión. Se aumentó aceite de motor.	
COMENTARIOS			

	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C. REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS			PERIODO: 2020	
				VERSIÓN: 1	
			CODIGO: AUS-03	PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS					
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA					
Máquina - Equipo	Municatubos	Marca:	Bobcat	Modelo:	S2 50
Obra:	Hakro de Surio.			Operador	Wuimer
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO					
RESPONSABLE:	Wuimer	Cargo:	mecánico	Fecha:	28/04/20
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO					
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN			
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 4:00 pm	28/04	HORA FIN: 4:00 pm 28/04	
2	ANTECEDENTES	ninguno			
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	Tobos			
4	FALLA DETECTADA	No arranca máquina			
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Arrancador			
6	DECISIÓN	Se llvo a 2 guías a reparo \$ 50			
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Repararon el arrancador			
COMENTARIOS					

	ARANGO MAQUINARIAS S.A.C. REGISTRO DE FALLAS DE MAQUINAS		PERIODO: 2020
			VERSIÓN: 1
		CODIGO: R45-07	
		PAGINA: 1 DE 1	
FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS			
DATOS DEL EQUIPO O MAQUINARIA			
Máquina - Equipo	MiniCargadores	Marca:	Bobcat
Modelo:			S250
Obra:	Villa María del Triunfo.		Operador
		Walter	
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO			
RESPONSABLE:	Morán	Cargo:	mecánico
		Fecha:	21/09/2020
ELEMENTOS A REALIZAR MANTENIMIENTO			
ITEM	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	
1	DURACIÓN	HORA INICIO: 10:00 am	HORA FIN: 4:00 pm
2	ANTECEDENTES	-ninguno.	
3	DIAGNOSTICO / REVISIÓN GENERAL	Falta grasa a las bocinas del Bobcat, estan soldadas algunos puntos de engrase	
4	FALLA DETECTADA	Pin roto del bobtach, de la bocina izquiere.	
5	SISTEMA / PIEZA / PARTE INVOLUCRADA	Pin o Pasador.	
6	DECISIÓN	Poner otro pin a su medida, se llevo una barra de acero del taller de otra maquina B63	
7	ACTIVIDAD / EJECUCIÓN	Poner barra de acero y usarlo como pin del bobtach.	
COMENTARIOS			

Anexo 72. Imágenes del registro de fallas



Figura 70. Caja de fusibles AMS – 06



Figura 71. Tablero en falla AMS – 06



Figura 72. Faja de transmisión AMS – 05



Figura 73. Reparación de arrancador AMS – 07



Figura 74. Motor Hidrostático AMS – 09



Figura 75. *Mal prensado de manguera AMS – 09*



Figura 76. *Mal prensado de manguera AMS – 08*



Figura 77. *Pin – Pasado roto AMS – 07*

Anexo 73. Temario de la capacitación



TEMARIO DE CAPACITACION

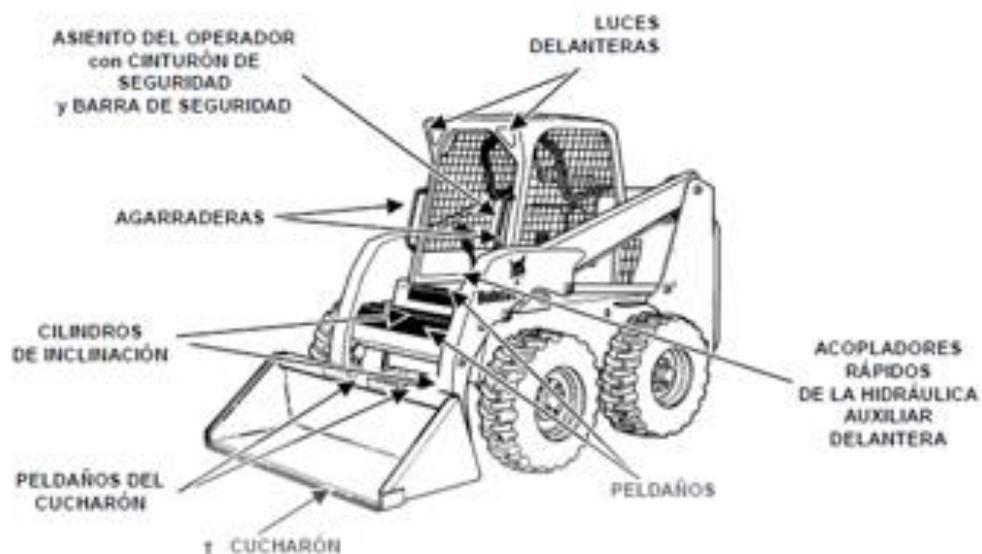
El presente describe los puntos a considerar para llevar a cabo la capacitación de mantenimiento dirigida a los operadores de maquinaria pesada de la empresa Arango Maquinarias S.A.C. La capacitación será apoyada con los formatos realizados para tener un mejor conocimiento y uso de estos. La capacitación tomara un tiempo de media jornada, se consideraron los siguientes puntos:

- INTRODUCCIÓN
- PARTES Y COMPONENTES PRINCIPALES
- SISTEMAS DE UN MINI CARGADOR
- MODOS DE FALLA
- SIGNOS DE MAL FUNCIONAMIENTO
- PROCOTOLOS DE MANTENIMIENTO
- ACCIONES PREVENTIVAS
- LLENADO DE FORMATOS

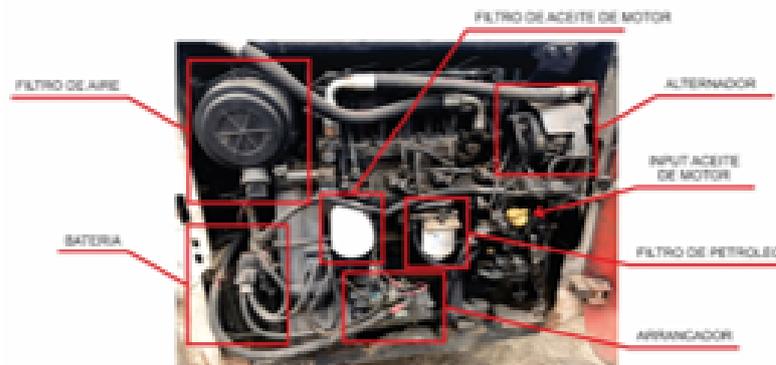
INTRODUCCIÓN

El presente temario de capacitación está dirigido a los operadores del grupo de mini cargadores que cuentan con el sistema de adaptación.

PARTES Y COMPONENTES PRINCIPALES



SISTEMAS DE UN MINI CARGADOR



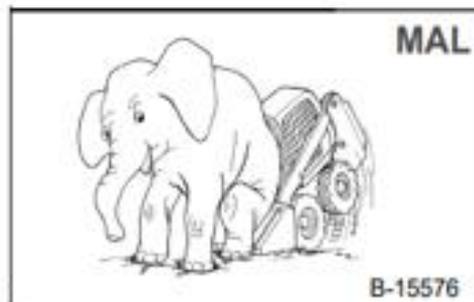
MODOS DE FALLA

MODOS DE FALLO	IPR	ACCIONES PREVENTIVAS
Falla del ventilador	32	<p>El radiador y la rejilla deben ser limpiados con agua o aire a una presión baja. Si el motor sigue sobrecalentado, es necesario el cambio de refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se destapa el depósito de refrigerante y si no tiene el aspecto adecuado, este se cambia. Se desenrosca la llave del radiador y se separa, el refrigerante anterior se desecha. Se vierte el nuevo refrigerante en el depósito.
Falla el filtro de combustible	32	<p>El filtro de combustible debe cambiarse de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se desenrosca la llave del filtro de combustible. Se jala el filtro. El filtro se cambia por uno nuevo.
Falla en la batería	32	<p>Para realizar la limpieza de los bornes de la batería, es necesario lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Limpiar la grasa anterior con un poco de bicarbonato de sodio y este se seca usando un pañuelo. Luego se procede a aplicar grasa en los bornes ya limpiados. <p>Los cables deben estar bien sujetados en los extremos, para ello se puede usar pinzas o alicates.</p> <p>Si se identifica un cable dañado se cambia de inmediato de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> El cable que se va a cambiar se pela en los extremos. El extremo del cable se prensa en un tornillo de banco con el terminal de la batería. El terminal se conecta con la batería.
Rotura de manguera hidráulica	32	<p>Para evitar que la manguera se rompa es necesario asegurar que el filtro no deje pasar las impurezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para ello se debe ver la pureza del aceite hidráulico que contiene el tanque del sistema hidráulico. Si el aceite hidráulico tiene impurezas este se cambia, para ello se afloja el drenaje y se vacía. Se cambia por otro aceite hidráulico y luego se tapa el tanque. Para evitar que entren impurezas se debe limpiar la superficie donde conecta el filtro con las mangueras.
Saturación de filtros	32	<p>Para cambiar un filtro dañado es necesario lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se retira los filtros que están cerca al motor hidrostático, si los filtros están en mal estado, se desarma el alojamiento y se cambia los filtros por uno nuevo.

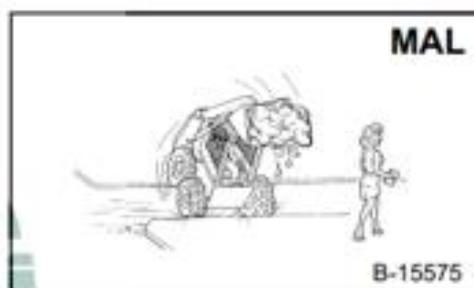
SIGNOS DE MAL FUNCIONAMIENTO



⚠ **Nunca utilice la cargadora sin la cabina del operador que cuenta con la aprobación ROPS y FOPS. Abróchese el cinturón de seguridad.**



⚠ **No sobrepase la capacidad nominal de carga estipulada.**



- ⚠ **Lleve siempre el cucharón o el implemento lo más bajo posible.**
- ⚠ **No se desplace ni gire con los brazos de elevación levantados.**
- ⚠ **Cargue, descargue y gire sobre terreno nivelado.**

PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO



- ⚠ **Mantenga el cuerpo, joyas o la ropa lejos de las piezas en movimiento, los contactos eléctricos, las piezas calientes y el escape.**
- ⚠ **Lleve gafas para protegerse del ácido de la batería, fluidos a presión, muelles comprimidos y proyecciones, cuando tiene el motor en marcha o utiliza herramientas. Para soldar, protéjase con las gafas apropiadas.**
- ⚠ **Mantenga el portón trasero cerrado (excepto durante las reparaciones). Cierrelo con pestillo antes de utilizar la cargadora.**



- ⚠ **Las baterías de plomo y ácido producen gases inflamables y explosivos.**
- ⚠ **Mantenga los arcos eléctricos, chispas, llamas y cigarrillos encendidos alejados de las baterías.**
- ⚠ **Las baterías contienen un ácido que origina quemaduras al contacto con la piel o con los ojos. Use ropa de protección. Si el ácido entra en contacto con el cuerpo, lave con mucha agua. Si entra en contacto con los ojos, lave bien y consulte al médico de inmediato.**



- ⚠ **Antes de hacer una inspección de fluidos, pare el motor, déjelo enfriar y retire cualquier material inflamable. No haga el mantenimiento ni ajustes con el motor en marcha, a no ser que lo indique el manual.**
- ⚠ **Evite el contacto con fluido hidráulico o carburante diésel a presión. Pueden penetrar en la piel y los ojos. Para llenar el depósito, pare el motor, no fume y apague cualquier llama descubierta.**

ACCIONES PREVENTIVAS

ACCIÓN PREVENTIVA 1: REVISAR QUE EL EQUIPO ESTE ENGRASADO



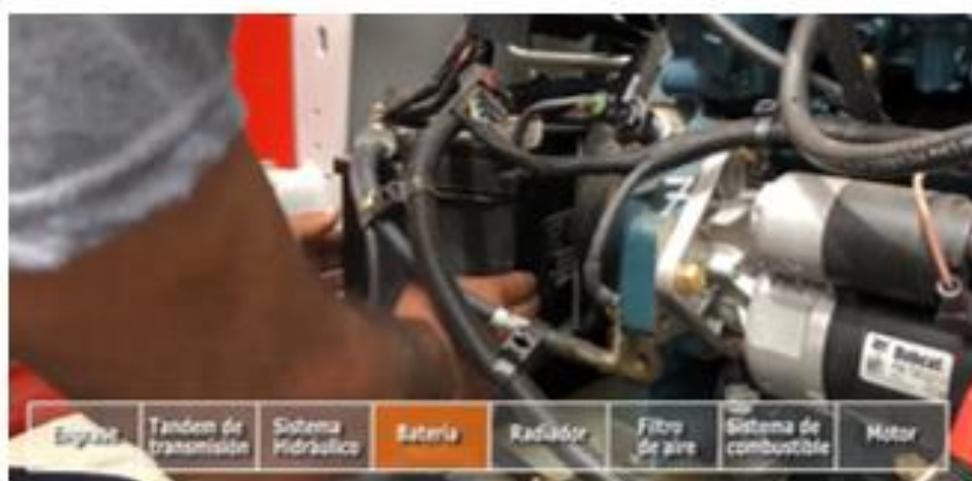
ACCIÓN PREVENTIVA 2: REVISAR QUE EL ACEITE DE TRANSMISIÓN SEA EL CORRECTO



ACCIÓN PREVENTIVA 3: VERIFICAR QUE EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO SEA EL CORRECTO



ACCIÓN PREVENTIVA 4: COMPROBAR QUE LA BATERIA ESTE EN BUEN ESTADO Y QUE LOS CABLES ESTÉN BIEN CONECTADOS



ACCIÓN PREVENTIVA 5: VERIFIQUE QUE EL RADIADOR SE ENCUENTRE LIMPIO Y QUE NO TENGA PERDIDA O MANGUERA FLOJA.



ACCIÓN PREVENTIVA 6: VERIFIQUE QUE EL FILTRO DE AIRE SE ENCUENTRE EN BUENAS CONDICIONES Y QUE SE VACIE SU CONTENIDO



ACCIÓN PREVENTIVA 7: REVISE QUE NO SE OBSERVE DERRAMES DE COMBUSTIBLE EN EL FILTRO DE COMBUSTIBLE



ACCIÓN PREVENTIVA 7: CONTROLE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR Y VERIFIQUE QUE LAS MANGUERAS NO TENGAS ROTURAS O PERDIDAS

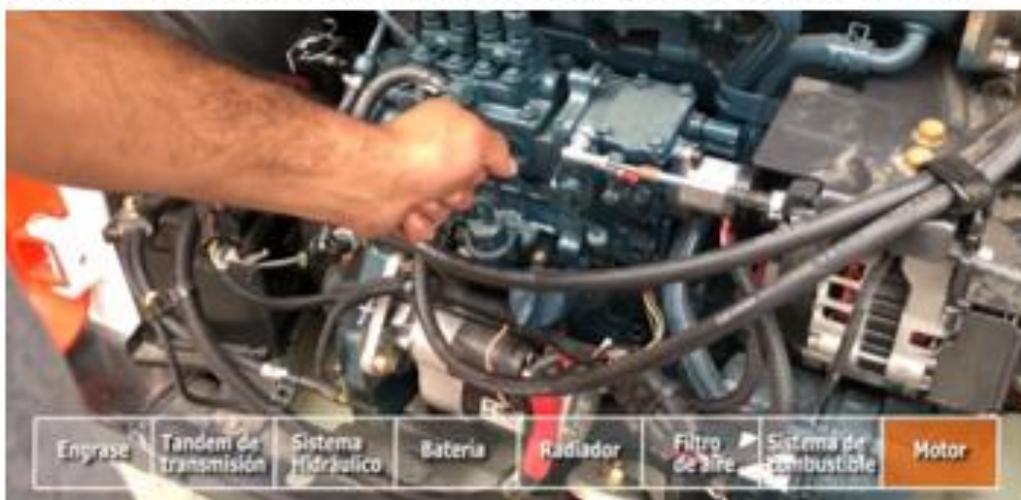


Figura 78. Temario de capacitación.

Anexo 74. Vista de datos y variables para comprobar la hipótesis

*POST TEST BASE DE DATOS.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

9 - DISPONIBILIDAD Visible: 6 de 6 variables

	CONFIABILIDAD	MANTENIBILIDAD PRE_TEST	MANTENIBILIDAD POST_TEST	MANTENIBILID...	DISPONIBILIDAD	GRUPO	var							
1	42,50	10,25	11,00	-.07	.79	CONTROL								
2	46,00	5,00	6,00	-.20	.88	CONTROL								
3	28,67	5,83	5,00	.14	.85	CONTROL								
4	98,00	33,00	2,00	.94	.98	EXPERIMENTAL								
5	101,00	9,00	3,00	.67	.97	EXPERIMENTAL								
6	99,00	22,00	3,00	.86	.97	EXPERIMENTAL								
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														

Vista de datos Vista de variables Ve a Configuración para activar Windows.

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

12:25 PM 5/11/2020

*POST TEST BASE DE DATOS.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	CONFIABILIDAD	Númérico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
2	MANTENIBILIDAD_PRE_TEST	Númérico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
3	MANTENIBILIDAD_POST_TEST	Númérico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
4	MANTENIBILIDAD	Númérico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
5	DISPONIBILIDAD	Númérico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
6	GRUPO	Númérico	8	2		{1,00, CON...	Ninguna	14	Derecha	Nominal	Entrada
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

Vista de datos Vista de variables Ve a Configuración para activar Windows.

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

12:25 PM 5/11/2020

Figura 79. Vista de datos y variables para comprobar la hipótesis.

Anexo 75. Reporte de operarios Pre Test

ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
 Excavación, demolición y construcción
 Alquiler de Maquinaria Pesada
 Excavadora, Grúa Telescópica, Manlift, Motoniveladora,
 Minieexcavadora, Minicargador, Rodillos, Volquetes
 PUNTUALIDAD - COMPROMISO - SEGURIDAD
 info@arangomaquinarias.com / www.arangomaquinarias.com
 Cel: 981252751 / 994141902 / 992021388

LU | MA | MI | JU | VI | SA | DO
 DIA MES AÑO
 23 11 19

ORDEN DE SERVICIO Nº 000965

CLIENTE: ICR ARQUITECTURA SAC R.U.C. / DNI: 20602072585
 LUGAR DE TRABAJO: ASIA MALA OPERADOR: Maximal
 MAQUINA: CAT 252B TIEMPO DE 8:00 A 12:00 = 4:00 HRS. TOTAL: 4:00 HRS.
 DE — A — = — HRS.
 OBSERVACIONES: LA MAQUINA NO TIENE FUERZA ALEX DEVOJA TALLER

V° B° DEL CLIENTE: *[Firma]*
 DNI: _____

NOMBRE Y APELLIDO: Rueda
 CARGO: Ung. Residente

REMITENTE

ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
 Excavación, demolición y construcción
 Alquiler de Maquinaria Pesada
 Excavadora, Grúa Telescópica, Manlift, Motoniveladora,
 Minieexcavadora, Minicargador, Rodillos, Volquetes
 PUNTUALIDAD - COMPROMISO - SEGURIDAD
 info@arangomaquinarias.com / www.arangomaquinarias.com
 Cel: 981252751 / 994141902 / 992021388

LU | MA | MI | JU | VI | SA | DO
 DIA MES AÑO
 26 11 19

ORDEN DE SERVICIO Nº 000796

CLIENTE: Arg. Jimenez R.U.C. / DNI: _____
 LUGAR DE TRABAJO: Av. Sol Chorrillos OPERADOR: Ronal
 MAQUINA: John Dere 320D TIEMPO DE 8:00 A 12:00 = _____ HRS. TOTAL: 5 HRS.
 DE 1:00 A 5:00 = _____ HRS. mínima
 OBSERVACIONES: Avanza muy lento, no responde los mandos.
 - Se llevo al taller para revisar (Pedro Camacho)

V° B° DEL CLIENTE: *[Firma]*
 DNI: _____

NOMBRE Y APELLIDO: Jimenez
 CARGO: _____

REMITENTE

REGISTRO DE ASISTENCIA PARA CAPACITACIÓN



Arango Maquinarias S. A. C.

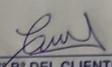
EXCAVACIÓN, DEMOLICIÓN Y CONSTRUCCIÓN
 Alquiler de Maquinaria Pesada y Liviana
 EXCAVADORA, GRÚA TELESCÓPICA, MANLIFT, MOTONIVELADORA
 MINIEXCAVADORAS, MINICARGADORES, RODILLOS Y VOLQUETES
 OFICINA: 982 021 388 - 981 252 751 - 934 648 487
 arango.maquinarias.sac@gmail.com

PUNTUALIDAD - COMPROMISO - SEGURIDAD

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
DÍA			MES		AÑO	
07			VI		2019	

Nº 00316

ORDEN DE SERVICIO

CLIENTE: <i>SM constructores y constructores</i>		R. U. C. / D.N.I.	
Lugar de Trabajo: <i>Av. colonial - CALLAO</i>		Operador: <i>MUEL DE UN CRUZ</i>	
Maquina: <i>Bobcat 863</i>	TIEMPO DE DE <i>8:00</i> A <i>12:00</i> = <i>4:00</i> Hrs	TOTAL: <i>4</i> Hrs.	
	DE <i>-</i> A <i>-</i> = <i>-</i> Hrs		
Observaciones: <i>MAQUINA BOTABA HUMO Y OSTOSO LENTA, SE LEVO M TORRE</i>			
 V° B° DEL CLIENTE		NOMBRE Y APELLIDO <i>Cesar E.</i> CARGO <i>Arquitecto</i> REMITENTE	
DNI: _____			



ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.

Excavación, demolición y construcción
 Alquiler de Maquinaria Pesada
 Excavadora, Grúa Telescópica, Manlift, Motoniveladora,
 Minieexcavadora, Minicargador, Rodillos, Volquetes
 PUNTUALIDAD - COMPROMISO - SEGURIDAD
 info@arango.maquinarias.com / www.arango.maquinarias.com
 Cel: 981252751 / 994141902 / 992021388

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
DÍA			MES		AÑO	
14			11		19	

Nº 000897

ORDEN DE SERVICIO

CLIENTE: <i>RAEM, SAC.</i>		R.U.C. / DNI: <i>20517092763</i>	
LUGAR DE TRABAJO: <i>Av. ARGENTINO - CALLAO</i>		OPERADOR: <i>JAI ME</i>	
MAQUINA: <i>BOBCAT-873</i>	TIEMPO DE DE <i>8:00</i> A <i>10:00</i> = <i>2:00</i> HRS	TOTAL: <i>2:00</i> HRS.	
	DE <i>-</i> A <i>-</i> = <i>-</i> HRS		
OBSERVACIONES: <i>LA MAQUINA NO TENIA FUERZA, VINO EL SR. ROQUE A REVISAR</i>			
V° B° DEL CLIENTE DNI: _____		NOMBRE Y APELLIDO: _____ CARGO: _____ REMITENTE	



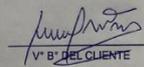
ARANGO MAQUINARIAS S.A.C.
 Excavación, demolición y construcción
 Alquiler de Maquinaria Pesada
 Excavadora, Grúa Telescópica, Manlift, Motoniveladora,
 Minexcavadora, Minicargador, Rodillos, Volquetes
 PUNTUALIDAD - COMPROMISO - SEGURIDAD
 info@arangomaquinarias.com / www.arangomaquinarias.com
 Cel: 981252751 / 994141902 / 992021388

LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
DIA		MES		AÑO		
12		11		19		

Nº 000797

ORDEN DE SERVICIO

CLIENTE: <u>Luis Salazar</u>		R.U.C. / DNI:	
LUGAR DE TRABAJO: <u>Calle San Camilo - Surco</u>		OPERADOR: <u>Oswaldo</u>	
MAQUINA: <u>Case SR220</u>	TIEMPO DE <u>8:00</u> A <u>9:00</u> = <input type="text"/> HRS.	TOTAL: <u>2</u> HRS.	
	DE <u>3:00</u> A <u>4:00</u> = <input type="text"/> HRS.		
OBSERVACIONES: <u>Se Rompió la manguera</u>			



V° B° DEL CLIENTE
DNI: _____

NOMBRE Y APELLIDO: _____

CARGO: _____

REMITENTE

Figura 80. Reporte de operarios Pre Test

Anexo 76. Resultados de Turnitin

evturnitin.com/app/crita/es/

feedback studio

Aplicación de la metodología AMFE para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020

12 de 491

Resumen de coincidencias 9%

Sección ver la fuente web de

Ver fuentes en inglés (beta)

Coincidencias

Rank	Source	Similarity
1	repositorio.uv.edu.pe	2%
2	www.risk12.org	1%
3	www.miba.com	1%
4	myjds.es	<1%
5	el-frasco.com	<1%
6	scopify.es	<1%
7	obterea.unm.edu	<1%
8	www.ponalgamo.gov	<1%
9	tesis.pucp.edu.pe	<1%
10	www.ccmh.com.ec	<1%
11	Entregado a Universidad...	<1%
12	magister.palermo.edu	<1%
13	esohere.org	<1%
14	www.repositorio.uv...	<1%
15	es.alicantano.net	<1%
16	biblioteca.universi...	<1%
17	tesis.pucp.edu.pe	<1%

Página: 1 de 153 Número de palabras: 46057

Text-only Report High Resolution Turnitin