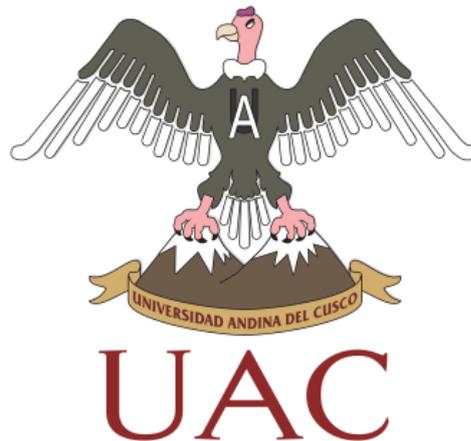




# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



“MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO,  
BASADA EN LA MANTENIBILIDAD Y EL INCREMENTO  
DE LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE TRACTORES  
ORUGA BULLDOZER D475 EN LA EMPRESA KOMATSU  
MITSUI 2017”

Presentado por las bachilleres:

Huancahuire Champi, Sheyla Priscila

Quispe Ponce de León, Karen Stephany

Para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesora:

Mg. Shaili Julie Cavero Pacheco

Cusco – 2018



### **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina del Cusco, como institución, a los docentes y personal administrativo de la Sección de pre grado por permitirnos lograr nuestros anhelos de superación profesional.

Un agradecimiento especial a la Magister Ing. Shaili Cavero Pacheco por su amistad y valioso asesoramiento.



## DEDICATORIA

A Dios, por concedernos la vida; por brindarnos salud, protección, sabiduría y el conocimiento.

A nuestros padres que con su apoyo moral, consejos y ejemplos de bondad que estuvieron presentes a lo largo de nuestra formación, inculcándonos perseverancia para cumplir con nuestros objetivos y metas.



INDICE

AGRADECIMIENTOS ..... I

DEDICATORIA ..... II

INDICE ..... III

INDICE DE TABLAS ..... VII

RESUMEN ..... XVIII

ABSTRACT ..... XX

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN ..... 22

    1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 22

    1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 27

        1.2.1 Problema general ..... 27

        1.2.2 Problemas específicos ..... 27

    1.3 JUSTIFICACIÓN ..... 27

        1.3.1 Conveniencia ..... 27

        1.3.2 Relevancia social ..... 28

        1.3.3 Implicancias prácticas ..... 28

        1.3.4 Valor teórico ..... 28

        1.3.5 Utilidad metodológica ..... 29

    1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 30

        1.4.1 Objetivo general ..... 30

        1.4.2 Objetivos específicos ..... 30

    1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO ..... 30

        1.5.1 Delimitación espacial ..... 30

        1.5.2 Delimitación temporal ..... 31

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO ..... 32

    2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 32

        2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 32

        2.1.2 Antecedentes nacionales ..... 35

    2.2 BASES TEÓRICAS ..... 40

        2.2.1 Gestión de mantenimiento ..... 40

        2.2.2 Importancia de la Gestión de mantenimiento ..... 41

        2.2.3 Indicadores de mantenimiento ..... 41



- 2.2.4 Tipos de mantenimiento..... 47
  - 2.2.4.1 Mantenimiento correctivo ..... 47
  - 2.2.4.2 Mantenimiento preventivo ..... 48
  - 2.2.4.3 Mantenimiento predictivo ..... 50
  - 2.2.4.4 Mantenimiento productivo total (TPM)..... 51
- 2.2.5 Tipos de contrato de servicios de mantenimiento ..... 53
- 2.2.6 Especificaciones de tractor oruga Bulldozer D475 ..... 56
- 2.3 MARCO CONCEPTUAL..... 57
- 2.4 HIPÓTESIS ..... 62
  - 2.4.4 Hipótesis general ..... 62
  - 2.4.5 Hipótesis específicas ..... 62
- 2.5 VARIABLES E INDICADORES ..... 63
- CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO..... 65
  - 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 65
  - 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... 65
  - 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 65
  - 3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 66
    - 3.4.1 Observación directa ..... 66
    - 3.4.2 Reportes técnicos ..... 66
    - 3.4.3 Informes técnicos de servicio minería (ITSM)..... 66
    - 3.4.4 Información de dispatch (software del cliente) ..... 67
    - 3.4.5 Entrevistas verbales a los supervisores, técnicos y operadores ..... 67
  - 3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS ..... 67
- CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 68
  - 4.1 DIAGNOSTICO DE LA MANTENIBILIDAD Y LA DISPONIBILIDAD (ENERO – JUNIO) ..... 68
    - 4.1.1 Tiempo medio de reparación ..... 68
      - 4.1.1.1 Número de mantenimientos programados de los equipos por turno de la flota 68
      - 4.1.1.2 Evaluación del número de mantenimientos programados de los equipos de la flota 76
      - 4.1.1.3 Duración del mantenimiento programado de los equipos de la flota..... 77
      - 4.1.1.4 Evaluación de la duración del mantenimiento programado en los equipos de la flota 85
    - 4.1.2 Tiempo medio entre fallas ..... 86



- 4.1.2.1 Número de intervenciones no programadas por turno de los equipos de la flota 86
- 4.1.2.2 Evaluación del número de intervenciones no programadas por turno de los equipos de la flota..... 94
- 4.1.2.3 Duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota ..... 95
- 4.1.2.4 Evaluación de la duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota ..... 103
- 4.1.2.5 Horas no trabajadas de los equipos de la flota ..... 104
- 4.1.2.6 Evaluación de la disponibilidad de los equipos de la flota ..... 112
- 4.1.2.7 Duración de paradas imprevistas en los equipos de la flota ..... 113
- 4.1.2.8 Evaluación de las principales paradas imprevistas en la flota ..... 121
- 4.2 IMPLEMENTACION DE MEJORAS..... 122
  - 4.2.1 IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA MANTENIBILIDAD ..... 122
    - 4.2.1.1 Campañas de lavado de radiador ..... 122
    - 4.2.1.2 Inspección de análisis vibracional ..... 122
    - 4.2.1.3 Formato de demora ..... 122
    - 4.2.1.3 PIC (programa de intercambio de componentes) ..... 123
  - 4.2.2 IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA DISPONIBILIDAD ..... 124
    - 4.2.2.1 Formato de inspección en campo ..... 124
    - 4.2.2.2 Implementación de la bitácora del operador..... 124
    - 4.2.2.3 Implementación del Taw Haul..... 124
- 4.3 RESULTADOS DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS (JULIO – DICIEMBRE) ..... 125
  - 4.3.1 Tiempo medio de reparación ..... 125
    - 4.3.1.1 Número de mantenimientos programados de los equipos de la flota ..... 125
    - 4.3.1.2 Evaluación del número de mantenimientos programados de los equipos de la flota 133
    - 4.3.1.3 Duración del mantenimiento programado de los equipos de la flota ..... 134
    - 4.3.1.4 Evaluación de la duración del mantenimiento programado en los equipos de la flota 142
  - 4.3.2 Tiempo medio entre fallas ..... 143
    - 4.3.2.1 Número de intervenciones no programadas de los equipos de la flota ..... 143
    - 4.3.2.2 Evaluación del número de intervenciones no programadas de los equipos de la flota 151
    - 4.3.2.3 Duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota ..... 152



4.3.2.4 Evaluación de la duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota ..... 160

4.3.3 Disponibilidad de los equipos de la flota ..... 161

4.3.3.1 Horas no trabajadas de los equipos de la flota ..... 161

4.3.3.2 Evaluación de la disponibilidad de los equipos de la flota ..... 169

4.3.3.3 Duración de paradas imprevistas en los equipos de la flota ..... 170

4.3.3.4 Evaluación de las principales paradas imprevistas en la flota ..... 178

4.4 DISPONIBILIDAD DE TRACTORES ..... 179

4.5 MANTENIBILIDAD DE TRACTORES ..... 181

CAPITULO V: DISCUSIÓN ..... 184

4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS MÁS RELEVANTES Y SIGNIFICATIVOS ..... 184

5.1.1 Tiempo de paradas de equipos - disponibilidad ..... 184

5.1.2 Implementación de mejoras en el tiempo de paradas de equipos - disponibilidad 185

5.1.3 Tiempo medio de reparación y tiempo medio de falla ..... 186

5.1.4 Implementación de mejoras en el tiempo medio de reparación y tiempo medio de falla ..... 187

5.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO ..... 189

5.3 COMPARACIÓN CRÍTICA CON LA LITERATURA EXISTENTE ..... 189

5.4 IMPLICANCIAS DEL ESTUDIO ..... 190

5.5 ALCANCE DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO ..... 191

CONCLUSIONES ..... 195

RECOMENDACIONES ..... 196

BIBLIOGRAFIA ..... 197

ANEXOS ..... 200

ANEXO A – MATRIZ DE CONSISTENCIA ..... 200

ANEXO B – TIPOS DE MANTENIMIENTO ..... 202

ANEXO C – IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA MANTENIBILIDAD ..... 226

ANEXO D – REPORTE DISPONIBILIDADES MECANICAS Y CONTRACTUALES 231



**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. *Tiempo medio de reparación y tiempo medio entre falla* .....25

Tabla 2. *Numero de mantenimiento programado por turno (DZ001)* .....68

Tabla 3. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ002)* .....69

Tabla 4. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ003)* .....70

Tabla 5. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ004)* .....71

Tabla 6. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ005)* .....72

Tabla 7. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ006)* .....73

Tabla 8. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ007)* .....74

Tabla 9. *Número de mantenimiento programado (DZ009)* .....75

Tabla 10. *Número total de mantenimiento programado por equipo* .....76

Tabla 11. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)* .....77

Tabla 12. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)* .....78

Tabla 13. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)* .....79

Tabla 14. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)* .....80

Tabla 15. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)* .....81

Tabla 16. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)* .....82

Tabla 17. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)* .....83

Tabla 18. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)* .....84

Tabla 19. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo* .....85

Tabla 20. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ001)* .....86

Tabla 21. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ002)* .....87



Tabla 22. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ003)*.....88

Tabla 23. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ004)*.....89

Tabla 24. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ005)*.....90

Tabla 25. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ006)*.....91

Tabla 26. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ007)*.....92

Tabla 27. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ009)*.....93

Tabla 28. *Número total de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento por equipo* .....94

Tabla 29. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*95

Tabla 30. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*96

Tabla 31. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*97

Tabla 32. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*98

Tabla 33. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*99

Tabla 34. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*100

Tabla 35. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*101

Tabla 36. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*102

Tabla 37. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo* .....103

Tabla 38. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*.....104



Tabla 39. *Número de horas no trabajadas (DZ002)*..... 105

Tabla 40. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*..... 106

Tabla 41. *Número de horas no trabajadas (DZ004)*..... 107

Tabla 42. *Número de horas no trabajadas (DZ005)*..... 108

Tabla 43. *Número de horas no trabajadas (DZ006)*..... 109

Tabla 44. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*..... 110

Tabla 45. *Número de horas no trabajadas (DZ009)*..... 111

Tabla 46. *Número de horas no trabajadas por equipo* ..... 112

Tabla 47. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*..... 113

Tabla 48. *Duración total de paradas imprevistas (DZ002)*..... 114

Tabla 49. *Duración total de paradas imprevistas (DZ003)*..... 115

Tabla 50. *Duración total de paradas imprevistas (DZ004)*..... 116

Tabla 51. *Duración total de paradas imprevistas (DZ005)*..... 117

Tabla 52. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*..... 118

Tabla 53. *Duración total de paradas imprevistas (DZ007)*..... 119

Tabla 54. *Duración total de paradas imprevistas (DZ009)*..... 120

Tabla 55. *Duración total de paradas imprevistas por equipo* ..... 121

Tabla 56. *Número de mantenimiento programado (DZ001)* ..... 125

Tabla 57. *Número de mantenimiento programado (DZ002)* ..... 126

Tabla 58. *Número de mantenimiento programado (DZ003)* ..... 127

Tabla 59. *Número de mantenimiento programado (DZ004)* ..... 128

Tabla 60. *Número de mantenimiento programado (DZ005)* ..... 129

Tabla 61. *Número de mantenimiento programado (DZ006)* ..... 130

Tabla 62. *Número de mantenimiento programado (DZ007)* ..... 131

Tabla 63. *Número de mantenimiento programado (DZ009)* ..... 132



Tabla 64. *Número total de mantenimiento programado por equipo* .....133

Tabla 65. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)* .....134

Tabla 66. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)* .....135

Tabla 67. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)* .....136

Tabla 68. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)* .....137

Tabla 69. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)* .....138

Tabla 70. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)* .....139

Tabla 71. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)* .....140

Tabla 72. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)* .....141

Tabla 73. *Número de horas totales operadas de julio a diciembre por equipo*.....142

Tabla 74. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*.....143

Tabla 75. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*.....144

Tabla 76. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*.....145

Tabla 77. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*.....146

Tabla 78. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*.....147

Tabla 79. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*.....148

Tabla 80. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*.....149

Tabla 81. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*.....150

Tabla 82. *Número total de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*151

Tabla 83. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*152

Tabla 84. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*153

Tabla 85. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*154

Tabla 86. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*155

Tabla 87. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*156

Tabla 88. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*157



Tabla 89. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*158

Tabla 90. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*159

Tabla 91. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo* .....160

Tabla 92. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*.....161

Tabla 93. *Número de horas no trabajadas (DZ002)*.....162

Tabla 94. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*.....163

Tabla 95. *Número de horas no trabajadas (DZ004)*.....164

Tabla 96. *Número de horas no trabajadas (DZ005)*.....165

Tabla 97. *Número de horas no trabajadas (DZ006)*.....166

Tabla 98. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*.....167

Tabla 99. *Número de horas no trabajadas (DZ009)*.....168

Tabla 100. *Número de horas no trabajadas por equipo* .....169

Tabla 101. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*.....170

Tabla 102. *Duración total de paradas imprevistas (DZ002)*.....171

Tabla 103. *Duración total de paradas imprevistas (DZ003)*.....172

Tabla 104. *Duración total de paradas imprevistas (DZ004)*.....173

Tabla 105. *Duración total de paradas imprevistas (DZ005)*.....174

Tabla 106. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*.....175

Tabla 107. *Duración total de paradas imprevistas (DZ007)*.....176

Tabla 108. *Duración total de paradas imprevistas (DZ009)*.....177

Tabla 109. *Duración total de paradas imprevistas por equipo* .....178

Tabla 110. *Disponibilidad de tractores* .....179

Tabla 111. *Tiempo medio entre falla* .....181

Tabla 112. *Tiempo medio de reparación* .....182



**INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico 1. *Disponibilidad y utilización de tractores* ..... 26

Gráfico 2. *Delimitación del área de estudio - Las Bambas* ..... 31

Gráfico 3. *Comportamiento de la mantenibilidad* ..... 43

Gráfico 4. *Tipos de contrato en mina* ..... 53

Gráfico 5. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ001)* ..... 68

Gráfico 6. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ002)* ..... 69

Gráfico 7. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ003)* ..... 70

Gráfico 8. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ004)* ..... 71

Gráfico 9. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ005)* ..... 72

Gráfico 10. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ006)* ..... 73

Gráfico 11. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ007)* ..... 74

Gráfico 12. *Número de mantenimiento programado (DZ009)* ..... 75

Gráfico 13. *Número total de mantenimiento programado por equipo* ..... 76

Gráfico 14. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)* ..... 77

Gráfico 15. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)* ..... 78

Gráfico 16. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)* ..... 79

Gráfico 17. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)* ..... 80

Gráfico 18. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)* ..... 81

Gráfico 19. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)* ..... 82

Gráfico 20. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)* ..... 83

Gráfico 21. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)* ..... 84

Gráfico 22. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo* ..... 85

Gráfico 23. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ001)* ..... 86



Gráfico 24. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ002)..... 87

Gráfico 25. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ003)..... 88

Gráfico 26. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ004)..... 89

Gráfico 27. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ005)..... 90

Gráfico 28. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ006)..... 91

Gráfico 29. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ007)..... 92

Gráfico 30. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento*  
(DZ009)..... 93

Gráfico 31. *Número total de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento  
por equipo* ..... 94

Gráfico 32. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
(DZ001)..... 95

Gráfico 33. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
(DZ002)..... 96

Gráfico 34. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
(DZ003)..... 97

Gráfico 35. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
(DZ004)..... 98



Gráfico 36. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*..... 99

Gráfico 37. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*..... 100

Gráfico 38. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*..... 101

Gráfico 39. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo* ..... 103

Gráfico 40. *Número de horas no trabajadas (DZ001)* ..... 104

Gráfico 41. *Número de horas no trabajadas (DZ002)* ..... 105

Gráfico 42. *Número de horas no trabajadas (DZ003)* ..... 106

Gráfico 43. *Número de horas no trabajadas (DZ004)* ..... 107

Gráfico 44. *Número de horas no trabajadas (DZ005)* ..... 108

Gráfico 45. *Número de horas no trabajadas (DZ006)* ..... 109

Gráfico 46. *Número de horas no trabajadas (DZ007)* ..... 110

Gráfico 47. *Número de horas no trabajadas (DZ009)* ..... 111

Gráfico 48. *Número de horas no trabajadas por equipo*..... 112

Gráfico 49. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*..... 113

Gráfico 50. *Duración total de paradas imprevistas (DZ002)*..... 114

Gráfico 51. *Duración total de paradas imprevistas (DZ003)*..... 115

Gráfico 52. *Duración total de paradas imprevistas (DZ004)*..... 116

Gráfico 53. *Duración total de paradas imprevistas (DZ005)*..... 117

Gráfico 54. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*..... 118

Gráfico 55. *Duración total de paradas imprevistas (DZ007)*..... 119

Gráfico 56. *Duración total de paradas imprevistas (DZ009)*..... 120



Gráfico 57. *Duración total de paradas imprevistas por equipo* ..... 121

Gráfico 58. *Número de mantenimiento programado (DZ001)* ..... 125

Gráfico 59. *Número de mantenimiento programado (DZ002)* ..... 126

Gráfico 60. *Número de mantenimiento programado (DZ003)* ..... 127

Gráfico 61. *Número de mantenimiento programado (DZ004)* ..... 128

Gráfico 62. *Número de mantenimiento programado (DZ005)* ..... 129

Gráfico 63. *Número de mantenimiento programado (DZ006)* ..... 130

Gráfico 64. *Número de mantenimiento programado (DZ007)* ..... 131

Gráfico 65. *Número de mantenimiento programado (DZ009)* ..... 132

Gráfico 66. *Número total de mantenimiento programado por equipo* ..... 133

Gráfico 67. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)* ..... 134

Gráfico 68. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)* ..... 135

Gráfico 69. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)* ..... 136

Gráfico 70. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)* ..... 137

Gráfico 71. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)* ..... 138

Gráfico 72. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)* ..... 139

Gráfico 73. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)* ..... 140

Gráfico 74. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)*..... 141

Gráfico 75. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo* ..... 142

Gráfico 76. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*..... 143

Gráfico 77. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)* .... 144

Gráfico 78. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)* .... 145

Gráfico 79. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)* .... 146

Gráfico 80. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)* .... 147

Gráfico 81. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)* .... 148



Gráfico 82. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007) ....* 149

Gráfico 83. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009) ....* 150

Gráfico 84. *Número total de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*  
..... 151

Gráfico 85. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ001).....* 152

Gráfico 86. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ002).....* 153

Gráfico 87. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ003).....* 154

Gráfico 88. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ004).....* 155

Gráfico 89. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ005).....* 156

Gráfico 90. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ006).....* 157

Gráfico 91. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ007).....* 158

Gráfico 92. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*(DZ009).....* 159

Gráfico 93. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento*  
*por equipo .....*  160

Gráfico 94. *Número de horas no trabajadas (DZ001) .....*  161

Gráfico 95. *Número de horas no trabajadas (DZ002) .....*  162

Gráfico 96. *Número de horas no trabajadas (DZ003) .....*  163



Gráfico 97. *Número de horas no trabajadas (DZ004)* ..... 164

Gráfico 98. *Número de horas no trabajadas (DZ005)* ..... 165

Gráfico 99. *Número de horas no trabajadas (DZ006)* ..... 166

Gráfico 100. *Número de horas no trabajadas (DZ007)* ..... 167

Gráfico 101. *Número de horas no trabajadas (DZ009)* ..... 168

Gráfico 102. *Número de horas no trabajadas por equipo*..... 169

Gráfico 103. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*..... 170

Gráfico 104. *Duración total de paradas imprevistas (DZ002)*..... 171

Gráfico 105. *Duración total de paradas imprevistas (DZ003)*..... 172

Gráfico 106. *Duración total de paradas imprevistas (DZ004)*..... 173

Gráfico 107. *Duración total de paradas imprevistas (DZ005)*..... 174

Gráfico 108. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*..... 175

Gráfico 109. *Duración total de paradas imprevistas (DZ007)*..... 176

Gráfico 110. *Duración total de paradas imprevistas (DZ009)*..... 177

Gráfico 111. *Duración total de paradas imprevistas por equipo* ..... 178

Gráfico 113. *Disponibilidad de tractores* ..... 180

Gráfico 114. *Mantenibilidad de tractores* ..... 183

Gráfico 115. *Principales paradas imprevistas* ..... 185

Gráfico 116. *Ciclo de producción tajo abierto* ..... 191

Gráfico 117. *Alcance gestión de mantenimiento* ..... 191

Gráfico 118. *Servicio Post venta* ..... 191



## RESUMEN

En la presente investigación se evalúa y analiza la relación causa- efecto de las variables: Mantenibilidad y Disponibilidad para mejorar la Gestión del Mantenimiento de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017 en la mina Las Bambas, encontrando como resultado, una deficiente Gestión de Mantenimiento de la flota en mención, debido a la falta de implementación de herramientas que optimicen los procesos de mantenimiento, así como la falta de controles de tiempos durante la parada de un equipo. También se consideró la falta de conocimiento del personal referente a las técnicas cualitativas y cuantitativas del mantenimiento, entre otros conceptos. También se ha encontrado, que prácticamente el mantenimiento predictivo no se toma en cuenta.

En tal contexto, no se conocen cuáles son los equipos críticos de la flota, ni en qué momento se necesitará un cambio de componente mayor; tampoco se efectúan análisis de modos y efectos de fallas de dichos equipos; asimismo, no se manejan datos históricos o estadísticos del tiempo entre fallas de los equipos para evaluar su confiabilidad y determinar el ciclo óptimo de mantenimiento preventivo de cada equipo crítico basado en el análisis de mantenibilidad, entre otros aspectos. Todas estas deficiencias, ha conllevado a poner en práctica inadecuadas frecuencias o ciclos de mantenimiento de los equipos de la flota, ocasionando paradas imprevistas, generando así los número bajos en la disponibilidad.

Ante tal situación, en la presente investigación, primero se utilizó como herramienta el Análisis de la Mantenibilidad, se realizó el diagnóstico durante los primeros 6 meses del año (Enero – Junio), determinando el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación de los equipos de la flota, de esta forma se obtuvo una relación de los equipos críticos para luego determinar las mejoras dentro del proceso de mantenimiento, como el



ciclo óptimo para el mantenimiento preventivo o la anticipación de posibles fallas, basada en el análisis de la mantenibilidad de los mismos.

Asimismo, para llegar a la mejora de la Gestión de Mantenimiento se utilizó como otra herramienta el Análisis de la Disponibilidad, para poder tener el número de horas no trabajadas de los equipos, la identificación de las principales paradas y la utilización de la flota. Por ello se propone la implementación de un control de tiempos, de esta manera se identificará cada parada que tenga el equipo mientras es utilizado.

Luego de proponer las mejoras y ponerlas en práctica, se realizó la evaluación de los posteriores 6 meses del año (Julio – Diciembre), para así comprobar que con esta implementación se logra el objetivo de optimizar la Gestión de Mantenimiento de los equipos de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.

Palabras claves: Mantenibilidad, Disponibilidad, Proceso, Mantenimiento, Gestión del Mantenimiento, Tiempo Medio Entre Fallos, Tiempo Medio de Reparación, Principales Paradas.

**ABSTRACT**

In the present investigation, the cause-effect relationship of the variables is evaluated and analyzed: Maintainability and Availability to improve Maintenance Management of the Caterpillar Bulldozer D475 Tractor fleet at the Komatsu Mitsui 2017 company in the Las Bambas mine, finding as a result, a deficient maintenance management of the fleet in question, due to the lack of implementation of tools that optimize maintenance processes, as well as the lack of time controls during the stoppage of a team. The lack of knowledge of personnel regarding qualitative and quantitative maintenance techniques, among other concepts, was also considered. It has also been found that practically predictive maintenance is not taken into account.

In such a context, it is not known which are the critical equipment of the fleet, nor at what moment a major component change will be needed; neither are analysis of failure modes and effects of said equipment; likewise, no historical or statistical data of the time between failures of the equipment is managed to evaluate its reliability and determine the optimal preventive maintenance cycle of each critical equipment based on the maintainability analysis, among other aspects. All these deficiencies, has led to implement inadequate frequencies or maintenance cycles of fleet equipment, causing unexpected stops, thus generating low numbers in availability.

In view of this situation, in the present investigation, the Sustainability Analysis was first used as a tool, the diagnosis was made during the first 6 months of the year (January - June), determining the average time between failures and the average time of repair of the equipment of the fleet, in this way a list of the critical equipment was obtained to then determine the improvements within the maintenance process, such as the optimal cycle for preventive maintenance or the anticipation of possible failures, based on the maintenance analysis thereof.



Likewise, to reach the improvement of Maintenance Management, the Availability Analysis was used as another tool, in order to have the number of hours not worked by the teams, the identification of the main stops and the use of the fleet. For this reason, the implementation of a time control is proposed, in this way each stop that the equipment has while it is used will be identified.

After proposing the improvements and putting them into practice, the evaluation of the subsequent 6 months of the year (July - December) was carried out, in order to verify that with this implementation the objective of optimizing the Maintenance Management of the fleet equipment is achieved of Tractors Caterpillar Bulldozer D475 in the company Komatsu Mitsui 2017.

Keywords: Maintainability, Availability, Process, Maintenance, Maintenance Management, Mean Time Between Failures, Average Repair Time, Main Stops.



## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de mantenimiento según la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), nos indica que es el conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado. El concepto actual de mantenimiento no implica reparar un equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia, buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

En la actualidad, es común escuchar que todas las empresas están en una constante búsqueda por hacer sus procesos más eficientes. La búsqueda de esta perfección nace de la necesidad de adquirir ventajas competitivas, que pongan a la empresa en mejores condiciones que la competencia.

La importancia de la gestión de mantenimiento para un proceso que requiere de maquinarias, es extremadamente alta. Si una empresa carece de esto, inevitablemente va a ocasionar muchas pérdidas por motivos de inoperatividad. Se debe considerar que el mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

La industria minera en el Perú y en especial en el departamento de Apurímac, viene presentando un crecimiento acelerado. Sin embargo este avance muchas veces no es acompañado por actividades de apoyo como las que constituyen la gestión adecuada de mantenimiento, por ello se debe poner mayor atención, pues el mantenimiento en



minería (en especial en la gran minería) equivale a un gran porcentaje del presupuesto de la empresa y por lo tanto debe ser manejado de manera muy cuidadosa con una estrategia clara a través de un plan altamente estructurado que evite paradas, accidentes, problemas ecológicos, desviaciones en el presupuesto, etc.

Las Bambas es una mina de cobre de gran envergadura, se espera que sea uno de los activos de cobre más importantes a nivel mundial, en términos de producción. Tiene reservas minerales de 7,2 millones de toneladas de cobre y recursos minerales de 12,6 millones. Se estima que en los cinco primeros años se producirá más de 2 millones de toneladas de cobre en concentrado. Para esto cuenta con socios estratégicos que se encargan del mantenimiento de los equipos de maquinaria pesada: Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A, Ferreyros SA y Komatsu Mining Corp.

Komatsu Ltd. es uno de los líderes mundiales en la fabricación de equipos para Minería y Construcción. Fue fundado el 13 de mayo de 1921 y es accionista de Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú S.A. Sus principales negocios son la fabricación y venta de equipos de construcción y minería, servicios, maquinaria forestal y maquinaria industrial. El grupo Komatsu Ltd. está conformado por 178 empresas. Cuenta con 146 subsidiarias consolidadas y un total de 46,730 trabajadores. Para la compañía Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A., el servicio post venta representa un rol muy importante dentro de la cadena de valor, pues genera el mayor nivel de ingresos para la compañía. Las futuras ventas depende de la calidad del servicio que se le brinda al cliente, si no se genera buen servicio, entonces, no habrán ventas posteriores.

Las necesidades que satisface Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A es ofrecer maquinaria de origen japonés de alta tecnología para toda clase de aplicaciones, que



cumple con las exigencias y requerimientos de la gran minería, construcción e industria peruana.

Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A. compete con una vocación de servicio adecuado, pues más allá de ofrecer una maquinaria, considera que su principal actividad es ofrecer a sus clientes un soporte por lo cual operan con dos tipos de contratos.

Con un MARC (Contrato de Reparación y Mantenimiento) con ello el cliente no tiene porque preocuparse del mantenimiento ni reparación. El contrato MARC cubre actividades como: planificación, recambio y reparación de componentes, suministro y administración de repuestos y componentes, análisis de fallas, y control de costos. Todo ello a cargo de Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A.

Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A., ofrece el servicio de reparación y mantenimiento en Las Bambas en la Modalidad LPP (Labor Part Plus). El costo contempla conceptos tales como remuneraciones, gastos y otras cargas del personal dedicado a prestar el servicio solicitado, incluyendo los seguros requeridos del giro del negocio; así como planificación del mantenimiento, mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, retiro e instalación de componentes mayores y menores, servicio de muestreo de aceite, servicio de diálisis de aceite, reparación de sistemas de lubricación automática, servicio de mantenimiento de sistemas de tanques cisterna, mantenimiento y reparación de sistemas de llenado rápido, reemplazo de elementos de desgaste (GETS) y reemplazo de tren de rodado.

Los indicadores de calidad del servicio son utilizados por la gerencia para diagnosticar la apreciación de los usuarios sobre la gestión de mantenimiento, es decir, se emplean para determinar la satisfacción o no del usuario, basándose en dos indicadores principales:

La mantenibilidad, se define como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo establecido, consiste en la duración de las paradas por mantenimiento o en qué tiempo se logra tomar las acciones correctivas, existen dos índices clave para esto el MTTR (Mean Time To Repair) el MTBF (Mean Time Between Failure). En los resultados de la gestión de mantenimiento de la flota de Tractores Oruga Bulldozer, se tiene lo siguiente:

El MTTR ha ido aumentando, esto quiere decir que la reparación de un equipo demora más del tiempo promedio estipulado, generando que el equipo demore más de lo normal en darse operativo después de un mantenimiento.

El MTBF ha ido disminuyendo, esto quiere decir que los equipos después de salir de un mantenimiento presentan fallas antes del tiempo promedio estipulado.

**Tabla 1. Tiempo medio de reparación y tiempo medio entre falla**

	2015	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	2017
<b>MTBF 2015</b>	90									76
<b>MTBF (Compromiso 70 - 80 horas)</b>		78.2	79.0	66.9	78.6	74.0	73.4	75.4	78.8	
<b>MTBF viable</b>		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	
	2015	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	2017
<b>MTTR 2016</b>	6									5
<b>MTTR (Compromiso 2 - 6 horas)</b>		4.0	4.9	5.0	4.9	4.7	4.5	4.6	5.1	
<b>MTTR viable</b>		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	

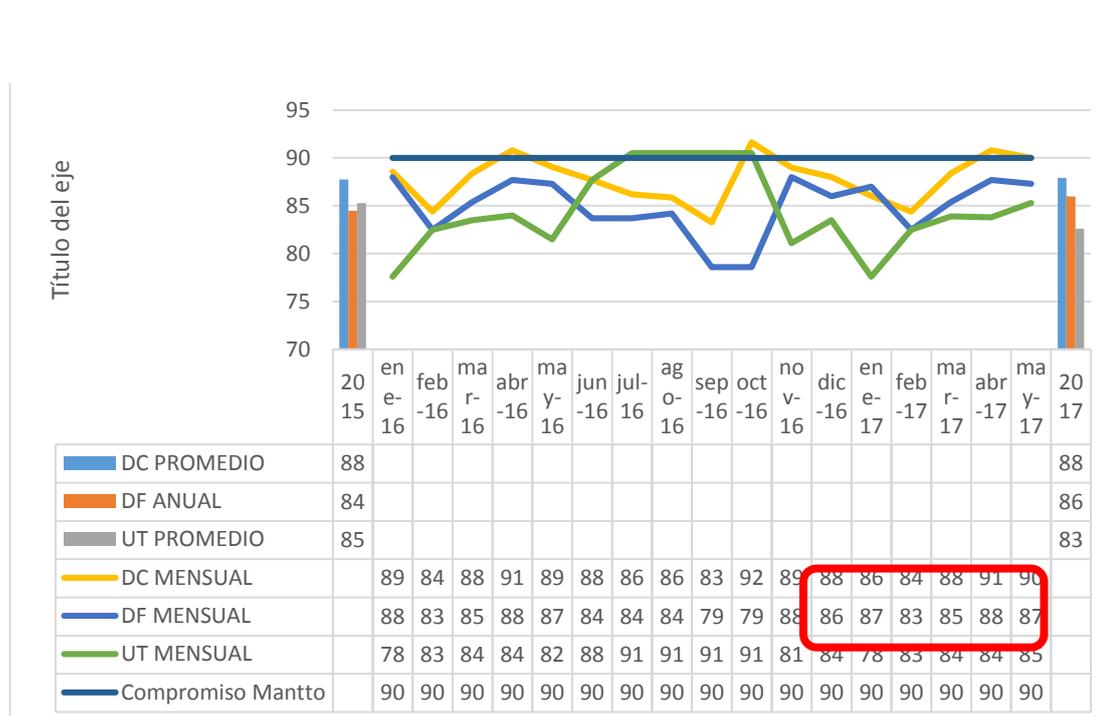
Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado, los resultados anteriores afectan directamente en la disponibilidad contractual de los equipos cuyo objetivo es de 88 %, lo que origina la insatisfacción del cliente.

Esta meta es conciliada al inicio de año entre Komatsu Mitsui y el cliente en este caso viene a ser MMG Las Bambas.

Como se puede observar en el siguiente gráfico la disponibilidad contractual disminuyó considerablemente en los últimos seis meses, por diferentes factores como el stock de repuestos, las condiciones a la que están sujetos los equipos y la escases de mano de obra calificada para realizar el mantenimiento, como se mencionó anteriormente el servicio post venta es muy importante, por lo tanto mantener la disponibilidad dada por el cliente es crucial para poder realizar más ventas y generar de esta manera un buen servicio.

**Gráfico 1. Disponibilidad y utilización de tractores**



Fuente: Elaboración propia

Por lo que surge la necesidad de mejorar dentro del concepto de mantenibilidad e incremento de la disponibilidad, los factores que afectan los resultados de la gestión actual en la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A 2017.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Problema general

¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la Mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la mantenibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?
- ¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

### 1.3.1 Conveniencia

Los equipos que conforman la flota de tractores Oruga Bulldozer D475 de la empresa Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A. están sometidos a un programa de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, lo cual no les proporciona una disponibilidad acorde con lo ofrecido al cliente Minera Las Bambas, operado por MMG.

Esta investigación es favorable porque busca mejorar la gestión de mantenimiento logrando los siguientes beneficios:

- Aumentar la disponibilidad y con esto demostrar que los equipos son confiables, por lo que el cliente a futuro querrá adquirir más de estos.



- Al asegurar una mayor disponibilidad, la producción no se verá afectada por paradas imprevistas de los equipos.
- Consolidar la marca de Komatsu Mitsui Maquinaria Perú S.A con el cliente Minera Las Bambas.

### **1.3.2 Relevancia social**

La investigación beneficiará a la empresa Komatsu Mitsui Maquinaria Perú S.A porque mejorará las herramientas de gestión de mantenimiento que resulten útiles al incremento de la disponibilidad, de esta manera el cliente de la Minera Las Bambas tendrá más oportunidad de una mayor explotación de cobre y podrá llegar a la meta anual de producción porque tendrá todos los equipos disponibles a su favor. Con esto generará una mayor contribución a Perú, porque otros inversionistas podrán apostar más en invertir en nuestro país a futuro.

### **1.3.3 Implicancias prácticas**

La investigación mejoraría el incremento de la disponibilidad por lo tanto al tener un modelo de gestión de mantenimiento se podrá aplicar esta mejora no sólo en la minera Las Bambas, sino también en otros proyectos donde está presente Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A.

### **1.3.4 Valor teórico**

El Mantenimiento en cada uno de los niveles de su estructura organizativa debe aportar estrategias de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades para la optimización de costos y la evaluación del impacto del mantenimiento, en sus cuatro áreas fundamentales:



#### Capacidad de Producción

- Mejora de la productividad de la planta
- Aumento de la capacidad de los equipos

#### Costos de Manufactura

- Reducción de tiempos de mantenimiento
- Reducción de los tiempos de paradas

#### Seguridad Industrial

- Reducción de fallas críticas y catastróficas
- Mayor seguridad del personal

#### Satisfacción de los Clientes

- Cumplimiento de las entregas
- Alta calidad de los productos

Esta investigación busca mejorar la disponibilidad y mantenibilidad, de esta manera aumentaría la eficiencia contribuyendo a la disminución de los costos de mantenimiento, por lo que supone un aumento en la rentabilidad de la empresa Komatsu Mitsui Maquinaria Perú S.A.

#### **1.3.5 Utilidad metodológica**

Con esta investigación podremos ayudar a crear un nuevo instrumento para analizar las deficiencias que pueden existir en la mantenibilidad y



disponibilidad. De esta manera analizar cómo afecta a la gestión de mantenimiento, esto servirá para investigaciones futuras.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la Mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la Mantenibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.
- Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.

## **1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

Esta investigación se realizó en las instalaciones de Las Bambas, ubicado entre las provincias de Cotabambas y Grau Región de Apurímac.

### 1.5.2 Delimitación temporal

El diagnóstico del estudio se realizó entre los primeros seis meses del 2017 (Enero – Junio) y la implementación de las mejoras será durante los últimos seis meses (Julio – Diciembre)

**Gráfico 2. Delimitación del área de estudio - Las Bambas**



Fuente: (Valderrama, 2005)



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

TITULO: PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA DE RECIRCULACIÓN N°3 Y REDES DE AGUA EN EL SISTEMA SAP DE LA EMPRESA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” (SIDOR CA.)

AUTOR: ENDRINA LICCIEN

INSTITUCION: INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO “SANTIAGO MARIÑO” EXTENSIÓN PUERTO ORDAZ, REPUBLICA DE VENEZUELA

AÑO: 2014

RESUMEN:

SIDOR se dedica a la transformación del mineral de hierro en diferentes aplicaciones para su comercialización. Cuenta con una Planta de Recirculación de Aguas N°3, que está conformada por equipos eléctricos y de instrumentación, que no poseen ningún tipo de planes de mantenimiento preventivo para minimizar fallas en los mismos y no están registrados en las guías de inspección del sistema SAP, disminuyendo el rendimiento del sistema productivo de la empresa. Es por ello que surge la necesidad de proponer mejoras en el Sistema de Gestión de Mantenimiento aplicado a los equipos eléctricos y de instrumentación, que comprenda operaciones necesarias para su funcionamiento.



Se aplicó una modalidad de campo, ya que estuvo basada en la recolección de información directamente de la realidad y de tipo descriptiva y documental, debido a que se interpretaron y analizaron las actividades que ayudaron al desarrollo de la investigación, utilizando una población de 60 equipos pertenecientes a PR3 y una muestra de solo 18 equipos, ya que poseían la información necesaria para desarrollar la investigación. Se diagnosticó el sistema de gestión de mantenimiento actual, aplicado a los equipos eléctricos y de instrumentación, encontrando que los registros realizados en el sistema están mal estructurados. También se elaboró el plan de mantenimiento para los equipos, el cual especifica la realización de actividades periódicas, que sirvan de ayuda para su óptimo funcionamiento, diseñando además herramientas de control para garantizar la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento. La finalidad de la esta investigación es proporcionar a la empresa una herramienta que permitirá mejorar la frecuencia de inspección y mantenimiento a los equipos, lo que a su vez trae beneficio y evita demoras en el proceso productivo satisfaciendo las necesidades de la empresa.

#### CONCLUSIONES:

En el diagnóstico realizado al sistema de gestión de mantenimiento de equipos eléctricos y de instrumentación, se encontró que el mismo requiere de una pronta mejora y actualización por parte de la empresa para recuperar su efectividad, además los equipos pertenecientes a dicha área no se encuentran reflejados en las guías de inspección, ni en el sistema, lo que impide que las actividades de mantenimiento se ejecuten en el tiempo establecido. Así mismo, los registros realizados en el sistema se encuentran mal estructurados, lo que conlleva a la ausencia de formatos de inspección y control de mantenimiento y la falta de un



historial de paradas por fallas, dificultando contar con la información exacta sobre las irregularidades que presentan los equipos.

En la propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos Eléctricos y de Instrumentación, se especifican la descripción de las actividades, la frecuencia y las estrategias de mantenimiento que deben recibir los equipos, de esta manera garantizar una eficiente gestión de mantenimiento en la planta de Recirculación N<sup>a</sup> 3, facilitando además, la toma de decisiones, dirigidas a la programación ejecutada, control, evaluación y seguimiento al sistema de gestión de la empresa, y a su vez asegurará la operatividad de los equipos.

Se crearon indicadores de gestión para el control de las actividades de mantenimiento, a través de las órdenes de trabajo ejecutados por mes, el promedio de tiempo activo de reparación y el promedio de horas/hombre por orden de mantenimiento, esto para medir el funcionamiento, desempeño y cumplimiento de los objetivos determinados por la empresa, en cuanto a la operatividad del Sistema SAP, de esta manera, se logra controlar la frecuencia de actividades de mantenimiento realizadas a los equipos eléctricos y de instrumentación, registrar y monitorear las fallas encontradas, garantizar la disponibilidad de los equipos dentro de la planta y facilitar información necesaria para la toma de decisiones efectivas a fin de solucionar cualquier imprevisto que se presente en el área de trabajo.

Se crearon estrategias de mejoras a la gestión de mantenimiento basadas en las normas COVENIN 2500-93, que permitan optimizar el mantenimiento y garantizar las condiciones de calidad y seguridad en el sistema, haciendo un mantenimiento adecuado. Las estrategias consideradas fueron la Mejora



continúa aplicando la política de calidad, para así tener actualizaciones eficientes en las guías, órdenes y planes de mantenimiento y crear equipos para realizar charlas y exposiciones emotivas al personal trabajador sobre el sistema SAP.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

TITULO: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD APLICADO A UNA FLOTA DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA EN UNA MINA DE TAJO ABIERTO

AUTOR: CINDY LI GÁLVEZ RAÚL MESCUA

INSTITUCION: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

AÑO: 2016

RESUMEN:

La presente investigación busca explicar lo importante que es para las empresas que trabajan con maquinaria pesada, sobretodo en el rubro minero, contar con un elevado índice de confiabilidad y disponibilidad en sus flotas de equipos, ya que de tener índices bajos, existirán múltiples consecuencias negativas.

El problema que se identificó, en la minera Vale Bayovar, es que la flota de camiones 730E de Komatsu Mitsui cuenta con una inadecuada estrategia de mantenimiento, lo cual genera consecuencias como un elevado número de paradas no programadas, disminución en los ingresos, entre otros efectos nada beneficiosos.

La propuesta fue desarrollar e implementar una estrategia de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad por un equipo de personas de Komatsu Mitsui para



obtener un plan de mantenimiento más acorde a las condiciones de la mina y así se reduzcan las horas inoperativas de la maquinaria. Esto se traducirá en mayores ingresos y beneficios tanto para el cliente como para Komatsu.

Esta investigación se dividió en cinco partes. Primero, se explicó un marco teórico de temas como la minería, tipos de maquinaria pesada, contratos y herramientas de gestión. La segunda, parte describió a Komatsu de manera detallada en cuanto a sus procesos de mantenimiento y también el problema actual de contar con una estrategia de mantenimiento inadecuada en los camiones 730E de Vale Bayovar. El tercer capítulo se centró en el desarrollo de la metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad como propuesta para la flota de camiones 730E hasta obtener el plan de mantenimiento mejorado. En el cuarto capítulo, se valió la propuesta de aplicar RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el beneficio económico que se tendría de aplicarlo. Y, por último, las conclusiones y recomendaciones que sintetizan lo muy necesario que es desarrollar y aplicar esta nueva estrategia en la flota de camiones 730E en Vale Bayovar.

#### CONCLUSIONES:

- De los datos y cifras cuantificadas en los últimos años, tales como la cantidad de exportación de metales y el ascenso en el ranking mundial como productores de estos, se llega a la importante conclusión de que la minería en Perú juega un rol preponderante en la economía.
- Se concluye que existen diversas estrategias de mantenimiento como RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) y TPM (Mantenimiento productivo total) y que estas pueden otorgar grandes beneficios operativos y



económicos de acuerdo al problema que se tiene dentro de la compañía. El RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) busca mejorar la confiabilidad a través del análisis de modos de fallos y sus causas, mientras el TPM (Mantenimiento productivo total) está orientados eliminar pérdidas ocasionadas por de mantenimiento y de operaciones.

- El servicio pos venta tiene un rol muy importante en Komatsu, ya que de esta dependen los mayores niveles de ingresos para la compañía. El ingreso generado por la post venta representa más del 60% respecto a las ventas totales.
- Se concluye en esta parte que el RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) es la estrategia más adecuada para atacar el problema respecto al TPM (Mantenimiento productivo total). Esto principalmente por que el RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) busca analizar el modo de fallos y sus consecuencias y de este análisis establece un plan de mantenimiento acordó a la realidad operativa de los camiones dentro de la mina Bayovar.
- Concluimos que el equipo crítico es el camión 730E. Esta selección se basó en una matriz de criticidad que contempla aspectos económicos, importancia en la operación y rendimiento. En el camión es donde decidimos implementar el RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).

TITULO: PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD EN LAS EXCAVADORAS HIDRÁULICAS KOMATSU PC4000-6 BAYÓVAR - 2013

AUTOR: JOHNNY ARNALDO PALACIOS ZAFRA



INSTITUCION: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

AÑO: 2013

RESUMEN:

Esta investigación aplicada tuvo como propósito, proponer un programa de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las excavadoras hidráulicas Komatsu PC4000-6. Para resolver el problema de la relación que existe entre el programa de mantenimiento y el incremento de la confiabilidad de las excavadoras hidráulicas Komatsu PC4000-6 se tomó como muestra  $n= 6$ , aplicando el índice de percepción del cliente a un piloto de 5 empleados. El método consistió en elaborar el nuevo programa de mantenimiento para el sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistema del equipo de trabajo, cilindros hidráulicos, sistema general del equipo y el motor diesel. Se alcanzaron los siguientes resultados: sistema eléctrico 48.80%, sistema del equipo de trabajo 42.29%, sistema hidráulico 50.04%, sistema general 48.80%, cilindros hidráulicos 49.20, motor diesel 49.20%, lo que implica una situación crítica. Se aplicó una encuesta de 70 preguntas con una fiabilidad de  $\alpha$  de Cronbach de 84.56% para el sistema eléctrico,  $\alpha$  de Cronbach de 83.33% para el sistema hidráulico,  $\alpha$  de Cronbach de 87.05% para el equipo de trabajo,  $\alpha$  de Cronbach de 94.26% para el sistema general del equipo,  $\alpha$  de Cronbach de 78.19% para cilindros hidráulicos,  $\alpha$  de Cronbach de 77.68% para motor diesel. El modelo de regresión múltiple fue de  $\text{Confiabilidad} = 4,005 + 0,568 \text{ SISTELECT} + 0,073 \text{ SISTHIDRA} + 0,149 \text{ EQUIPTRA} - 0,511 \text{ SISTGENE} - 524 \text{ CILHIDRA} + 0,122 \text{ MOTOR}$ , con un coeficiente de determinación de  $R^2 = 78.60\%$ , quedando aplicada la variabilidad de la confiabilidad por sus variables regresivas múltiples



respectivas. El impacto de proponer el programa de mantenimiento satisface cuando se corre la encuesta para opinión cualitativa de los usuarios el servicio. Esta investigación concluye que el programa de mantenimiento facilita las operaciones de carguío, mejorando los procesos de planificación y programación de minado, incrementando la producción y la satisfacción del cliente.

#### CONCLUSIONES:

- Se analizó la información recopilada mediante el diagrama de Pareto, con la finalidad de identificar los principales problemas del servicio de mantenimiento prestado y que de ellos derivan las principales causas de las detenciones imprevistas, afectando directamente a la confiabilidad del equipo, incurriendo en costos adicionales, elevación de presupuesto del mantenimiento, pérdida de producción e insatisfacción de cliente
- Se recomienda implementar el programa de mantenimiento propuesto por este estudio de investigación y determinado por la aceptación del cliente externo, mediante la evaluación final del índice de percepción del cliente (IPC).
- Se elaboró una matriz de recursos para los principales trabajos de mantenimiento y reparación de componentes mayores en terreno, con la finalidad de soportar las tareas de planificación y programación de acuerdo al programa propuesto.
- Se concluye que la evaluación de nuestros IPC del programa de mantenimiento actual con el nuevo programa de mantenimiento propuesto ha mejorado considerablemente de acuerdo a la tabla mostrada a continuación.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Gestión de mantenimiento

La Gestión del Mantenimiento es el sistema de gestión que planifica, organiza, dirige, controla y administra todas las actividades inherentes al mantenimiento. A la vez, responde a las necesidades de producción, contribuyendo a la productividad y competitividad de la empresa, la cual se enfoca en dos direcciones: (KOMATSU MITSUI, 2014, pág. 29)

- Gestión que realiza mantenimiento con los demás departamentos o áreas enmarcado en los objetivos de la empresa: la primera de ellas define las pautas que se siguen en las buenas relaciones que debe tener mantenimiento para operar dentro de un marco integral de la empresa, con el fin de buscar mejores niveles de colaboración y de trabajo en equipo al seguir las pautas de la organización. (p. 29)
- Nivel en la gestión integral e interna, propia del departamento: depende exclusivamente de cómo disponga sus recursos productivos para generar un buen servicio de mantenimiento al menor costo posible y con la mayor calidad, mediante el logro de excelentes niveles de satisfacción al cliente. (p. 29)
- Es importante precisar, que la gestión del mantenimiento varía con el tipo de industria, pero depende de la disponibilidad financiera, políticas de utilización del parque industrial, niveles de productividad, fiabilidad de los equipos, vida útil de los equipos, obsolescencia tecnológica de las máquinas y calificación del personal de mantenimiento. (p. 30)

### 2.2.2 Importancia de la Gestión de mantenimiento

- La práctica eficiente de gestión de mantenimiento, permite que las empresas se vuelvan más competitivas, es decir que un óptimo mantenimiento, conlleva a sistemas de producción más sostenidos, contribuyendo a satisfacer las necesidades de los clientes. (p. 30)
- Existen varias técnicas de mantenimiento que al ser implementadas adecuadamente, previo análisis, mejoran la productividad de la empresa: Entre algunas técnicas de mantenimiento se puede mencionar las siguientes: el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo (análisis vibracional, termografías, detección de fugas por ultrasonidos, análisis amperimétricos, etc.), el RCM (Reliability Centred Maintenance), el TPM (Total Productive Maintenance), entre otras. (p. 30)
- La disponibilidad de los equipos es importante, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el plan de producción de las empresas. (p. 30)

### 2.2.3 Indicadores de mantenimiento

Los Indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento. Estos indicadores son:

- **Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF).**

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El tiempo Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla”. (p. 31)

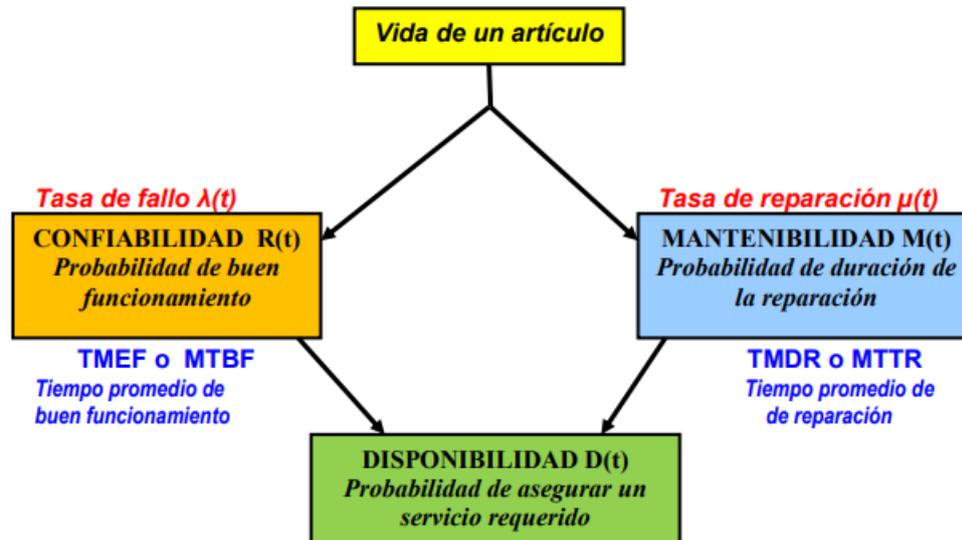
- **Disponibilidad**

Este indicador entrega la relación porcentual que existe entre el tiempo que el equipo se encuentra disponible y el total de horas teóricas que puede operar el equipo, para esto se calcula todas las intervenciones que sean realizadas al equipo por mantenimientos y/o reparaciones menos las horas teóricas entre las horas teóricas que puede trabajar el equipo. (p. 31)

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ Totales}$$

La disponibilidad es el principal parámetro o indicador asociado a la Gestión del mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. En general, la disponibilidad se define como la probabilidad de que un ítem esté “*apto*” para el trabajo en un momento arbitrariamente escogido, excepto en los períodos de mantenimiento en los que la utilización del artículo no se prevé. En ese sentido, también se puede decir, que la disponibilidad es la probabilidad de que un artículo realice la función asignada cuando sea requerido. (p. 32)

Es importante mencionar que el grado de disponibilidad de un equipo será el resultado del comportamiento de la confiabilidad y mantenibilidad de dicho equipo.

**Gráfico 3. Comportamiento de la mantenibilidad**

Fuente (Astros, 2016)

La falta de disponibilidad de los equipos en general, es la resultante de dos fenómenos:

- Falta de confiabilidad: explica la frecuencia elevada de averías e incidencias
- Mantenimiento insuficiente: se traduce en plazos largos de reparaciones y de puesta a punto.

Según lo mencionado, se observa, que una alta confiabilidad (pocas fallas) y una alta mantenibilidad (tiempos de reparación o de mantenimiento cortos) de las maquinarias, implican una alta disponibilidad (alto tiempo de operación) de los mismos. (GARCIA GARRIDO, 2009, pág. 40)

- **Utilización**

También llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado. (p. 40)

- **Confiabilidad**

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. (p. 41)

- **Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF).**

Las paradas breves inciden en la capacidad real de los procesos, y en definitiva en productividad, y a fin de establecer objetivos correctos relacionados con su reducción, debe establecerse alguna forma de evaluarlos. Corrientemente se utiliza el Tiempo Medio Entre Fallas o Mean Time Between Failures (MTBF), que trata de cuantificar el tiempo que por término medio transcurre desde una parada hasta la siguiente (hay que tener en cuenta que a diferencia de las averías, las paradas breves inciden negativamente en la medida en que ocurren con frecuencia). (p. 41)

Es el indicador que refleja el nivel de confiabilidad en un equipo y corresponde al promedio de tiempo entre dos fallas consecutivas para un periodo de tiempo determinado. Se calcula en base a las horas operadas dividido por el número o suma total de detenciones del equipo en el periodo en que se miden las horas operacionales. (p. 42)

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

- **Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR): Mean Time To Repair (MTTR)**

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema, este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo determinado. El MTTR es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad del equipo, es decir, a la ejecución del mantenimiento. (p. 42)

Este indicador corresponde al tiempo medio incurrido entre reparaciones imprevistas, tanto para un sistema, equipo o flota.

$$MTTR = \frac{\text{Hrs de Reparación}}{N^{\circ} \text{ de Interv No Prog}}$$

- **Reparaciones programadas (Prog)**

Mide el porcentaje de horas utilizadas en las reparaciones durante las cuales se efectúan actividades programadas, esta relación porcentual representa la relación existente entre el tiempo de intervención realizada a un sistema o equipo y el total del tiempo de intervención a un sistema o equipo, la formula se define como el cálculo de las horas programadas por mantenimientos entre las horas de reparación total, este indicador se mide en % de horas. (p. 43)

$$\text{Prog} = \frac{\text{Hrs Prog}}{\text{Hrs Reparación Total}} \times 100$$

- **Reparaciones no programadas (NoProg)**

Este indicador mide el porcentaje de horas utilizadas en las reparaciones durante las cuales se efectúan actividades no programadas, esta relación porcentual representa la relación existente entre el tiempo de intervención realizada a un sistema o equipo que no estuvo programado y el total del tiempo de intervención a un sistema o equipo. Estas actividades cumplen la función de reparar una falla ocurrida inesperadamente en el equipo. La formula se define como el cálculo de las horas que no se encuentran programadas entre horas de reparación total, este indicador se mide en % de horas. (p. 43)

$$\text{No Prog} = \frac{\text{Hrs No Prog}}{\text{Hrs Reparación Total}} \times 100$$

- **Paralizaciones Programadas (PProg)**

Este indicador mide el número las paralizaciones que se encuentran programadas entre el número total de las paralizaciones, este indicador se mide en unidades de evento. (p. 44)

$$PProg = \frac{\text{Paralizaciones Prog}}{\text{Total Paralizaciones}} \times 100$$

Los indicadores de mantenimiento, nos permiten visualizar como está comportándose los equipos en temas de disponibilidad, confiabilidad y utilización, también nos permite medir la precisión de nuestro servicio, productividad del personal y de los equipos. También nos permite detectar y clasificar los tipos y modos de fallas. (p. 44)

## 2.2.4 Tipos de mantenimiento

### 2.2.4.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es la típica actividad que consiste en solucionar la falla luego que esta aparezca. Es decir, esta estrategia está orientada a comportarse como mecanismo de atenciones dependiendo de la aparición de la falla en un momento dado. Del mismo modo se menciona en el siguiente comentario: (KLIMASAUSKAS, 2011, pág. 22)

“El mantenimiento correctivo o mantenimiento por avería consiste en dejar los equipos o máquinas en servicio hasta que surja la avería y en este momento el departamento de producción llama a mantenimiento para reparar el defecto. Una



vez reparado, el jefe de mantenimiento deja el equipo o máquina hasta que se produce otra falla.” (p. 22)

De lo descrito anteriormente si bien en cierto que esta estrategia soluciona los problemas de los equipos en el momento, pero genera elevados costos de mantenimiento derivado de las intervenciones, tiempos improductivos, dificultad para organizar el requerimiento de recursos, también repercute en elevar los costos de mantenimiento, ya que no se logra optimizar adecuadamente los recursos con los que se cuenta la compañía. (p. 23)

Podemos mencionar las siguientes ventajas:

- Costo de implementación mínimo
- No requiere planeamiento
- No requiere controles o inspecciones

Podemos mencionar las siguientes desventajas:

- No ataca las causas de las fallas
- Tiempos de ejecuciones inciertos
- Costos de mantenimiento no controlables
- Niveles de seguridad bajos

#### **2.2.4.2 Mantenimiento preventivo**

Gran parte de la maquinaria pesada está compuesta por sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos. Estos sistemas, por el tipo de estructura que poseen, en muchos casos se adaptan para poder hacer intervenciones de mantenimiento en periodos de tiempos establecidos. Es decir, estos sistemas son diseñados de tal forma que pueden ejecutarse tareas de



mantenimiento en él de forma programada. Estas tareas pueden ser del tipo rutinario, donde están constituidas por actividades de limpieza, lubricación, inspecciones, ajustes y pruebas. Así mismo, podemos encontrar tareas globales que involucran cambio de repuestos, reparación y remplazo de componentes menores. Finalmente, tenemos tareas del tipo overhaul que implica retirar el equipo del ciclo de producción por periodos más prolongados para poder hacer reparaciones de los principales componentes mayores del equipo. Este es el proceso normal que se sigue en una estrategia de mantenimiento preventivo, así como se describe a continuación: (p. 24)

“Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos, como por ejemplo, cada 3.000 horas de operación, cada 10.000 millas, o cada 500 aterrizajes, al margen de la condición real de los elementos o sistemas.” (p. 25)

De lo mencionado anteriormente, podemos resaltar que uno de los parámetros fundamentales de una estrategia de mantenimiento preventivo es el periodo donde se ejecutarán las diferentes tareas ya mencionadas. Podemos indicar que la estrategia de mantenimiento preventivo debe responder a las expectativas económicas de la empresa, mejora la disponibilidad y confiabilidad de equipo, reducción del tiempo total de fallas. (p. 25)

La principal actividad que se realiza para lograr un mantenimiento preventivo adecuado son las inspecciones periódicas que buscan detectar condiciones que pudieran causar descomposturas, paros de producción o pérdidas para controlar, eliminar o evitar tales condiciones en sus primeras etapas. (p. 25)



### 2.2.4.3 Mantenimiento predictivo

La maquinaria pesada está constituida por sistemas funcionales basados en principios físicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos, los cuales pueden dar a conocer las condiciones de operación de los equipos según el estado en el que se encuentren. De este modo, el mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo de condiciones continuo de los equipos para predecir cuándo fallará un componente o un sistema determinado. (WESTCOTT, 2011, pág. 65)

Así mismo, podemos ver en el siguiente comentario: “El mantenimiento predictivo consiste en el conjunto de tareas destinadas a determinar la condición operativa de los equipos o máquinas, midiendo las variables físicas y químicas más importantes con el objeto de predecir anomalías y corregirlas usando para tal fin instrumentos y sistemas de diagnóstico.” (p. 65)

De lo comentado anteriormente podemos destacar que, el mantenimiento predictivo, busca identificar potenciales fallas que se puedan presentar en el futuro, mediante el monitoreo de condiciones con el fin de hacer un diagnóstico antes que aparezca la falla.

El mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad de los equipos activos, porque, en primer lugar, ya no ve acciones correctivas, pues analiza el comportamiento de un componente a lo largo del tiempo sin dejar que colapse. En segundo lugar, este mismo monitoreo evita que se desarme un componente para ver su estado, sino que éste ya se conoce sin desmontajes previos. (p. 66)

Asimismo, con la aplicación de estrategias de mantenimiento predictivo se obtienen menos costos de mano de obra y materiales, se minimiza el nivel de



mantenimiento correctivo y optimiza el uso de vida útil del equipo. Además, evita disponer de inventarios de protección, ya que los cambios de componentes se realizan según la condición del equipo. (p. 66)

Las rutinas usuales de mantenimiento predictivo para la maquinaria pesada son las siguientes:

- **Análisis de aceite:** Consiste en medir el tipo y nivel de partículas químicas posee después de horas de trabajo.
- **Análisis de vibraciones:** Esto es aplicable a componentes rotatorios para poder determinar la desalineación de este tipo de componentes.
- **Monitoreo de parámetros funcionales:** Consiste en verificar los niveles de temperatura, presión, voltaje, corriente, potencia, eficiencia, etc. De este modo los podemos comparar con los límites normales de operación.
- **Ensayos no destructivos:** Denominados así porque mediante estos ensayos podemos medir desgaste mecánicos, rajaduras, fisuras internas, etc. sin la necesidad de desmontar los componentes de los equipos.

#### 2.2.4.4 Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM se inició en Japón en la industria automotriz en la década de los 70 y se difundió rápidamente en el mercado del país en diversas empresas como Toyota, Nissan y Mazda. Precisamente, en estas empresas, consideradas de manufactura y ensamble, se buscaba más intensamente centrarse en los equipos y no tanto en la mano de obra. De esta manera, se mejoraba continuamente en la automatización, llegando a convertirse en los líderes en esta. Con la constante sofisticación en la automatización es que conlleva a mejorar la gestión de mantenimiento de los equipos y a crear el enfoque de TPM, una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados. Este tipo de



mantenimiento permite mejorar de manera permanente la efectividad de los equipos con la activa participación de los operadores, ya que involucra al personal de mantenimiento, operación, ingeniería, proveedores, supervisores, entre otros. (p. 67)

Las metas del mantenimiento productivo total o MTP son:

“Cero tiempos de parada no planeada, Cero productos defectuosos causados por equipos, Cero pérdidas de velocidad de los equipos” (KOMATSU MITSUI, 2014, pág. 85)

La filosofía del TPM se difundió rápidamente en Japón y comenzó pronto también a hacerlo a nivel mundial gracias a tres importantes motivos que son los siguientes: asegura resultados bastante notorios, mejora destacablemente los centros de trabajo e incrementa los conocimientos y capacidades de los trabajadores involucrados principalmente a la producción y mantenimiento. (p. 86)

La filosofía de TPM considera que cualquier equipo que no esté operando por un intercambio de componente, una falla, que no opere a su máxima capacidad o que brinde productos sin cumplir los estándares, produce pérdidas a la empresa. Este equipo debe considerarse como improductivo en dichas situaciones y corregir las causas para evitar que se repitan. TPM menciona las siguientes como las seis grandes pérdidas: (p. 86)

- Fallas de equipo, que generan paradas no programadas
- Pérdidas de tiempo debido a preparaciones de la maquinaria
- Averías menores durante el proceso

- Velocidad de operación reducida, ya que no produce lo que debería
- Defectos en los productos, ya que se deben hacer reprocesos.
- Pérdidas de tiempo debido a puesta de marcha de la maquinaria

TPM busca integrar a todas las áreas de la empresa desde el nivel más bajo hasta la gerencia. La idea es que todos los niveles tomen en cuenta la trascendencia del proceso y cómo sus esfuerzos llevan al cumplimiento de las metas. Todas las áreas involucradas deben tener responsabilidad asignadas para lograr la obtención de las metas trazadas. Si se decide implementar TPM en la empresa, se debe estar consciente de que el camino no es corto ni es fácil. Esta implementación, como la mayoría de las metodologías, conlleva a seguir una serie de pasos y el éxito depende de la constancia y la rigurosidad con que las empresas se involucren con la filosofía. (p. 87)

### 2.2.5 Tipos de contrato de servicios de mantenimiento

Existen los siguientes tipos de contrato de mantenimiento que varían de acuerdo a nivel de riesgo asumido por cada una de las partes (cliente - proveedor).

**Gráfico 4. Tipos de contrato en mina**



**Fuente:** (KOMATSU MITSUI, 2014, pág. 17)



- **Contrato Labor Part Plus (LPP)**
  - Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
  - Las piezas de repuesto utilizadas en el mantenimiento y reparación de equipos de componentes se pagan según el consumo.
  - En este método el cliente se hace responsable de los niveles de abastecimiento real (planificación y apoyo logístico del proveedor)
- **Contrato MARC repuestos + Tarifa Mano de Obra + presupuesto de reparación de componentes**
  - Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
  - Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
  - Las reparaciones de los componentes se facturan de manera independiente al contrato.
- **Contrato MARC repuestos + componentes a prorrata**
  - Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
  - Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
  - Los principales componentes son reparados a un costo fijo y con tiempo de vida establecido. Si sobrepasa el tiempo de vida pactado, se factura un adicional por las horas excedentes trabajadas.



- **Contrato MARC repuestos + componentes**
  - Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
  - Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
  - Los componentes principales son reparados a un costo por hora garantizado, es decir, el cliente ya no gasta en reparaciones, porque el proveedor las tiene contempladas en el costo por hora establecido.
  - La inversión en componentes mayores para tener en stock son cobrados en una tarifa fija mensual. Así, cuando se necesite alguno para un cambio programado, ya cuenten con él para que no existan demoras por traslados de componentes.
- **Contrato Full MARC**
  - Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
  - Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
  - Los componentes principales son reparados a un costo por hora garantizado, es decir, el cliente ya no gasta en reparaciones, porque el proveedor las tiene contempladas en el costo por hora establecido.
  - El contrato Full MARC incluye además los servicios que normalmente son subcontratados (reparaciones del sistema de A/C, servicio de soldadura, mantenimiento de neumáticos, etc.).

### 2.2.6 Especificaciones de tractor oruga Bulldozer D475

El tractor oruga Bulldozer D475 es un equipo que logra una mayor calidad, fiabilidad y polivalencia. El sistema hidráulico, el tren de rodaje, el chasis y todos los demás componentes han sido diseñados por Komatsu. (Komatsu, 2009, pág. 5)

Los componentes han sido desarrollados con la mayor tecnología, así obtener una mayor productividad.

- **MOTOR:** El motor SAA12V140E-3 desarrolla un par de 671 kW (900 HP) a 2.000 RPM y cumple con las normas EPA TIER II sobre emisiones, sin sacrificar productividad de la potencia o de la máquina. Incluye inyección directa de carburante más un turbo alimentador y post enfriado para optimizar el ahorro de combustible. Con vistas a reducir al mínimo el ruido y las vibraciones, el motor está montado en el chasis principal sobre amortiguadores de caucho (p. 6)
- **EQUIPO DE TRABAJO:** Komatsu usa un diseño de hoja de caja que ofrece la mayor resistencia en una hoja de bajo peso. Esto aumenta la capacidad de maniobra total de la hoja. Se ha incorporado acero de alta resistencia a la tracción en el borde de ataque y los bordes laterales con vistas a aumentar su vida útil. La forma de la hoja facilita el manejo de una gran variedad de materiales, ofreciendo buena penetración, junto con una baja resistencia a la rodadura de la hoja. Finalmente, las hojas Komatsu proporcionan mayor rendimiento en consumo de combustible. (p. 7)
- **TREN DE RODAJE:** Komatsu ofrece un diseño extraordinariamente resistente y excelente estabilidad y capacidad de explanación. Los



resistentes ensamblajes de la articulación con casquillos de gran diámetro, la altura de la articulación de la oruga y las excelentes juntas estancas al aceite aumentan la durabilidad del tren de rodaje. El mantenimiento es asistido por el engrasado remoto del pasador central de la barra compensadora. Asimismo, el diseño proporciona al conductor una vista perfecta de las puntas de la hoja, facilitando el trabajo y haciéndolo más preciso. (p. 8)

- **TRANSMISIÓN:** La transmisión servoasistida de engranaje planetario Komatsu ofrece 3 velocidades de marcha adelante y 3 de marcha atrás. La transmisión de gran tamaño utiliza válvulas de modulación controladas electrónicamente. Esto permite que la transmisión determine el tiempo óptimo para el cambio, dependiendo de la aplicación y de las condiciones del funcionamiento de la máquina. Como resultado, se reduce la tensión en el tren de rodaje y se aumenta el confort en la conducción. (p. 8)

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Análisis de aceite:** Es un conjunto de procedimientos y mediciones aplicadas al aceite usado en las máquinas y equipos, que facilitan el control del estado del lubricante, como de manera indirecta permiten establecer el estado de los componentes.
- **Backlog cargo a MARC:** Aquellos trabajos que no provienen por una mala operación por parte del cliente ni por falla de producto y están estipuladas en el contrato.



- Backlog cargo al cliente: Se define las cláusulas del contrato de accidentes, reparaciones sin tiempo (no afecta la disponibilidad), mala operación.
- Backlogs cargo garantía: Falla de producto, dentro del periodo de garantía, garantía de repuesto (cuando se reclama un repuesto).
- Backlog: Consiste en la ejecución de las tareas pendientes que se agregan al programa y que se obtienen directamente del mantenimiento, de inspecciones de terreno, campañas de mejoramiento o campañas de fábrica.
- CMMS: Computerized Maintenance Management System. Es una herramienta software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz.
- Componente Cummins: Son los motores Diesel Marca Cummins.
- Componente Eléctrico: Son los componentes eléctricos, en algunos casos estos pueden ser enviados por KRCC en coordinación con el Taller de Componentes para la reparación o intercambio.
- Componentes Mayores: Ensamble o sub-ensamble conformado por repuestos, de alto valor instalado en máquinas o equipos que cumplen una función específica y son viables para el funcionamiento de la máquina o equipo. Por ejemplo, los componentes que forman el tren de potencia, así como los actuadores de sistemas hidráulicos, de suspensión y equipo de trabajo.
- Componentes Menores: Son componentes accesorios de los sistemas del equipo, generalmente de menor valor.
- Demanda: Demanda un listado de repuestos (tipos y cantidades), que deberían estar presentes en la faena, para poder satisfacer los pedidos de estos repuestos.



Cada cierto tiempo, dependiendo del tipo de repuesto, se cruza este listado con el inventario y se emite una orden de compra para todos los repuestos faltantes.

- Emergencia aérea: Corresponde al tipo de flete para el transporte de repuesto, aplica para todos los artículos y su tiempo de entrega es de 20 días.
- ERP: Enterprise Resource Planning, Sistema de gestión de información que integra y automatiza muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos de la empresa. Maneja logística, distribución, inventario, envíos, facturas y contabilidad de la compañía.
- Estrategia de Mantenimiento: Conjunto de actividades planificadas de mantenimiento realizadas a fin de lograr el equilibrio entre disponibilidad, confiabilidad y costo de mantenimiento para optimizar el ciclo de vida de la flota.
- Evento: Parámetro fuera de rango que evidencia como se está operando el equipo.
- Horómetro: Dispositivo instalado en el equipo que indica las horas de funcionamiento del mismo.
- Insite: Software de monitoreo aplicable a todos los equipos, permite calibrar motor, hacer pruebas de inyectores y volumen de combustible, entre otros.
- Inventario: La suma del valor total de todos los repuestos (US\$) con presencia en la faena. Este valor no incluye componentes mayores o menores.
- Machine Sown: Corresponde al tipo de flete para el transporte de repuesto, se utiliza para el equipo detenido y la cantidad a solicitar no puede superar lo que utiliza el equipo, tiempo de entrega 7 días calendario.
- Mantenimiento Programado (MP): Todas las intervenciones durante las cuales se efectúan actividades programadas de mantenimiento. La hora exacta de estas



actividades deberían ser definidas anticipadamente (como regla se considera 24 horas) y estas actividades cumplen la función de evitar o postergar una eventual falla en el futuro, sin efectuar cambios en el equipo asociado.

- RCM: Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en confiabilidad es un modelo que permite la definición de un plan completo de mantenimiento. Se centra en la definición de estrategia de mantenimiento para que el equipo mantenga sus funciones dentro de contexto operativo.
- Reparación Excluida (EX): Todas las intervenciones que están excluidas del contrato MARC. Por ejemplo focos, luces, accidentes, etc.
- Reparación Imprevista (RI): Todas las intervenciones, durante las cuales se efectúan actividades no programadas de reparación. Estas actividades cumplen la función de reparar una falla ocurrida inesperadamente en el equipo asociado.
- Reparación Programada (RP): Todas las intervenciones, durante las cuales se efectúan actividades programadas de reparación. La hora exacta de estas actividades deberían ser definidas anticipadamente (como regla se considera 24 horas) y estas actividades cumplen la función de evitar o postergar una eventual falla, por medio de una corrección o cambio en el equipo asociado. Algunos ejemplos de estas intervenciones son recambio de componentes, etc.
- Reparación Sin/tiempo (S/T): Todas las intervenciones que se efectúan cuando el equipo está en reserva, y por lo tanto, no tienen horas de detención asociada a la disponibilidad.
- Repuesto Reparable: Es aquel que teniendo reparación, no tienen kit y puede ser desarrollado en taller externo, son de alto valor y en casi todos los casos su fabricante no es Komatsu. Por su costo y rotación se prefiere reparar.
- SSOMA: Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.



- VHMS: Software de monitoreo aplicable a todos los equipos mineros, el VHMS se comunica con el Cense, toma los parámetros críticos, presión de aceite de motor, temperatura de motor.
- Dispatch: El sistema dispatch es la solución de gestión de flota más confiable de la industria. Disponible tanto para equipamiento de superficie como de interior de la mina, permite implementar estrategias de producción específicas por medio de un completo juego de herramientas de minería. Las funciones avanzadas incluyen posicionamiento del equipo por GPS, monitoreo del estado del equipamiento, monitoreo del mantenimiento, gestión de mezclas y obtención de informes de producción. Con más de 30 años de reconocimiento de su algoritmo de optimización y más de 200 instalaciones en todo el mundo, el sistema Dispatch es considerado como el estándar de la industria para sistemas de gestión de flotas. presenta muchos avances importantes, incluyendo una interfaz de usuario mejorada, navegación giro a giro, herramienta avanzada de gestión de cubiertas y un motor nuevo de informes corporativos.
- Disponibilidad contractual: Es la disponibilidad que está enfocada bajo un contrato.
- Disponibilidad mecánica: Es la disponibilidad que se enfoca en todas las paradas del mantenimiento del equipo de todos los socios estratégicos.
- Disponibilidad física: Incluye todos los factores que influyen en la parada del equipo.



## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.4 Hipótesis general**

La Mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.

### **2.4.5 Hipótesis específicas**

- La adecuada Mantenibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.
- El incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.



2.5 VARIABLES E INDICADORES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTOS
<b>GESTION DE MANTENIMIENTO</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>	TIEMPO PARADA	Número de horas no trabajadas del equipo por turno a cargo de KMMP	DISPATCH
			Número de horas no trabajadas de equipo a cargo de operaciones.	DISPATCH
		TIEMPO UTILIZACION DE EQUIPO	Horas operadas de equipo (horómetro)	DISPATCH
		TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	Numero paradas imprevistas después de un mantenimiento	DISPATCH
			Duración total paradas imprevistas	DISPATCH



	<b>MANTENIBILIDAD</b>	TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACION	Numero de mantenimiento programado	DISPATCH
			Número de intervenciones de trabajos no programados durante el mantenimiento	DISPATCH

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación corresponde a un tipo aplicativo, porque se utilizan diferentes técnicas para resolver el problema de la gestión de mantenimiento en la empresa Komatsu Mitsui.

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

### 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño que presenta es experimental; con un sub diseño pre experimental; porque se manipula la mantenibilidad y la disponibilidad para ver cómo incide en la gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta la medición de los indicadores de la gestión de mantenimiento, antes y después de la manipulación de las variables mencionadas.

Según Hernández (2008), el diseño experimental es en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables independientes (efectos).

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para nuestro estudio, se ha considerado al total de ocho tractores oruga bulldozer D475 Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A.

### **3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para analizar el efecto del incremento de la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475, se emplearán una serie de técnicas e instrumentos tales como:

#### **3.4.1 Observación directa**

La observación directa nos permite conocer e identificar cada una de las actividades, metodologías y procedimientos de mantenimiento realizados Tractores Oruga Bulldozer D475 en el taller de mantenimiento y en campo.

#### **3.4.2 Reportes técnicos**

Es un documento que contiene información básica de los trabajos realizados al equipo ya sea por intervenciones programadas o no programadas, este documento se encuentra separado por sistemas, sub sistemas del equipo y es la herramienta que el área de planeamiento usa para registrar al sistema que luego de ello sirve para obtener las estadísticas para nuestro reporte de gestión.

#### **3.4.3 Informes técnicos de servicio minería (ITSM)**

Es un documento que detalla paso a paso las intervenciones programadas y no programadas a un equipo pero considerado solo para trabajos críticos como: cambio de componentes, fallas atípicas, garantía de fábrica, trabajos mayores con cargo al cliente y/o cuando un equipo se encuentra detenido por mucho tiempo.

En este documento se incluyen los datos técnicos del equipo, horómetro, hora de inicio y final de intervención, antecedentes de intervenciones anteriores, falla que se presentó, causa de la falla, observaciones, trabajos realizados, conclusiones, recomendaciones, repuestos comprometidos y registro fotográfico.



#### **3.4.4 Información de dispatch (software del cliente)**

Herramientas de gestión de equipos, esta herramienta se encuentra en cada uno de los equipo y es manipulado por el operador (ingresa datos específicos de paradas), la transmisión de datos es por vía satelital y la información es manejada por personal entrenado (controladores técnicos).

#### **3.4.5 Entrevistas verbales a los supervisores, técnicos y operadores**

Se realizaron entrevistas verbales a los supervisores y técnicos de mantenimiento con la finalidad de obtener una información precisa y detallada acerca de los problemas y las fallas, las labores de mantenimiento, funcionamiento y estado de los equipos.

### **3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

La validez y la confiabilidad de los instrumentos utilizados se detallan a continuación:

- Reportes técnicos, se realizan en la mayoría de los proyectos que tiene Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A, son avalados por los supervisores y por el cliente.
- Información de dispatch, la información es validada por el cliente porque no sólo Komatsu Mitsui utiliza esta información sino que se utiliza para saber las diferentes paradas de todos los equipos que existen dentro de Las Bambas.

## CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 4.1 DIAGNOSTICO DE LA MANTENIBILIDAD Y LA DISPONIBILIDAD

(ENERO – JUNIO)

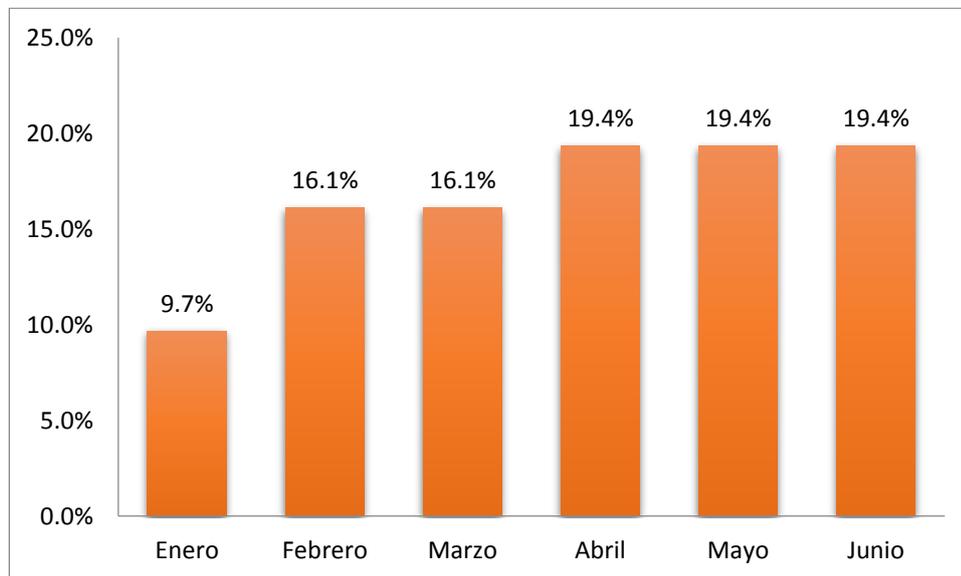
## 4.1.1 Tiempo medio de reparación

## 4.1.1.1 Número de mantenimientos programados de los equipos por turno de la flota

Tabla 2. *Numero de mantenimiento programado por turno (DZ001)*

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Enero	3	9.7%
Febrero	5	16.1%
Marzo	5	16.1%
Abril	6	19.4%
Mayo	6	19.4%
Junio	6	19.4%
Total	31	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ001)*

Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

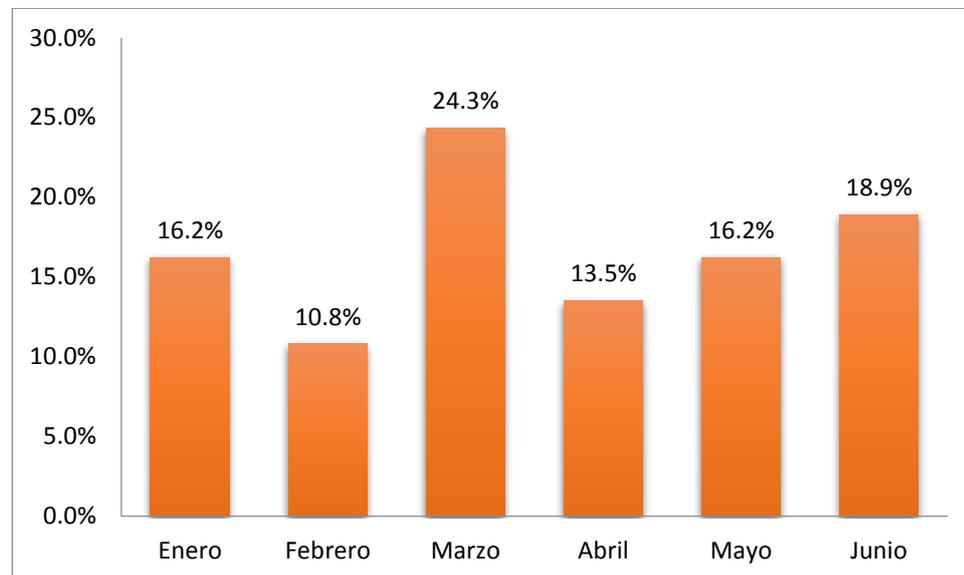
Se observa que en los meses de Abril, Mayo y Junio en el equipo DZ001, se alcanzó un alto porcentaje 19.4%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio entre estos meses, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Enero se alcanzó un 9.7%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 3. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ002)*

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Enero	6	16.2%
Febrero	4	10.8%
Marzo	9	24.3%
Abril	5	13.5%
Mayo	6	16.2%
Junio	7	18.9%
Total	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ002)*



Fuente: Elaboración propia

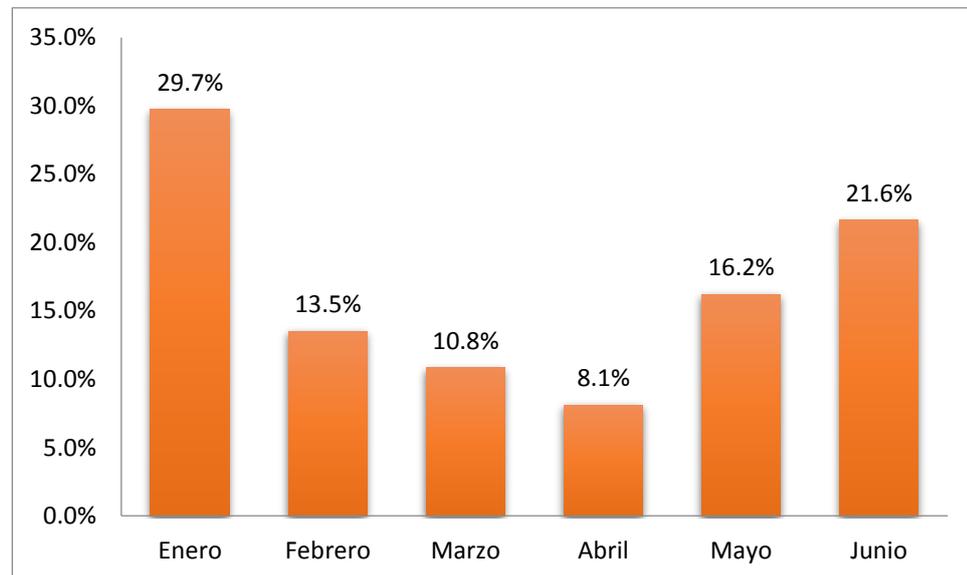
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Marzo en el equipo DZ002, se alcanzó un porcentaje 24.3%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Febrero se alcanzó un 10.8%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 4. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ003)*

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Enero	11	29.7%
Febrero	5	13.5%
Marzo	4	10.8%
Abril	3	8.1%
Mayo	6	16.2%
Junio	8	21.6%
Total	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

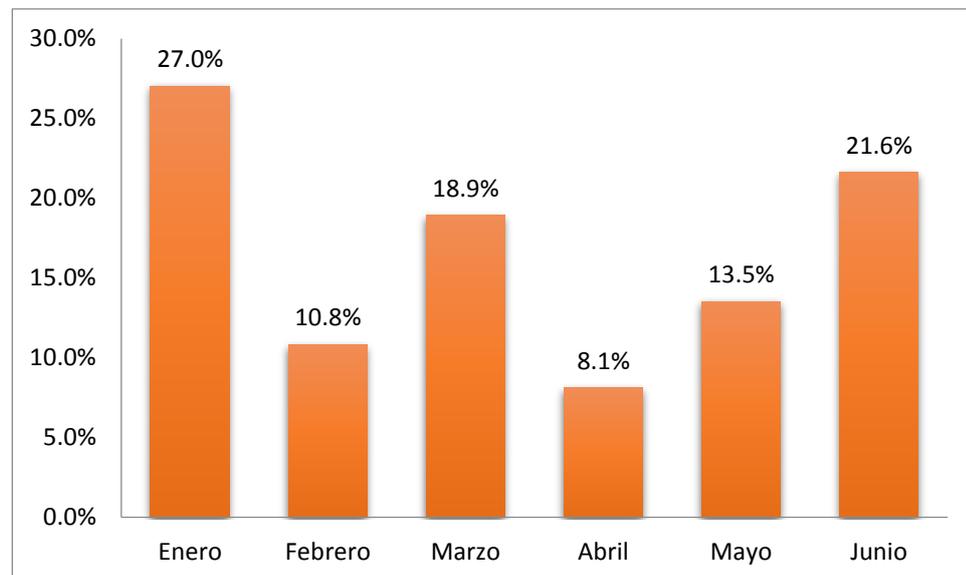
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Enero en el equipo DZ003, se alcanzó un alto porcentaje 29.7%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Abril se alcanzó un 8.1%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 5. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ004)*

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Enero	10	27.0%
Febrero	4	10.8%
Marzo	7	18.9%
Abril	3	8.1%
Mayo	5	13.5%
Junio	8	21.6%
Total	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ004)*

Fuente: Elaboración propia

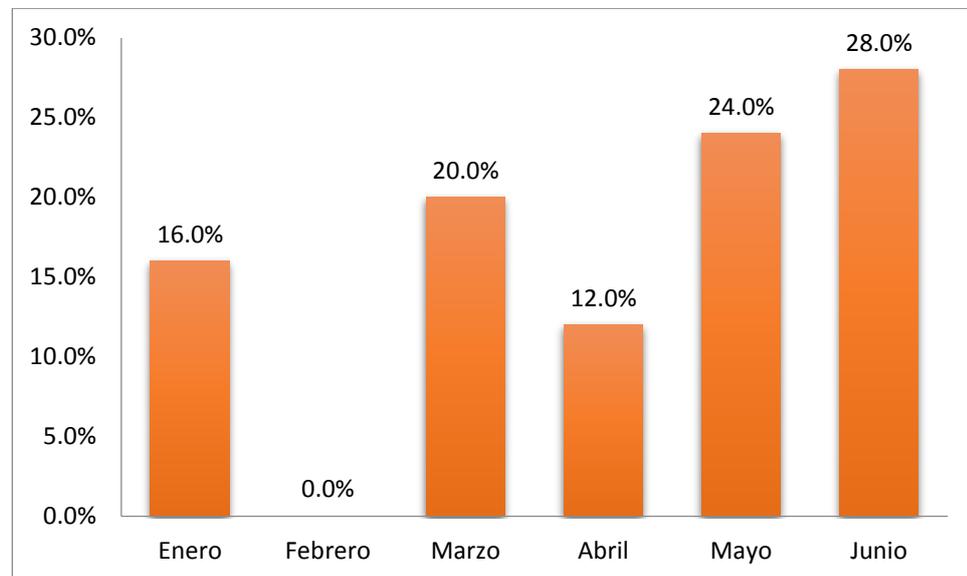
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Enero en el equipo DZ004, se alcanzó un alto porcentaje 27.0%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Abril se alcanzó un 8.1%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 6. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	4	16.0%
Febrero	0	0.0%
Marzo	5	20.0%
Abril	3	12.0%
Mayo	6	24.0%
Junio	7	28.0%
Total	25	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

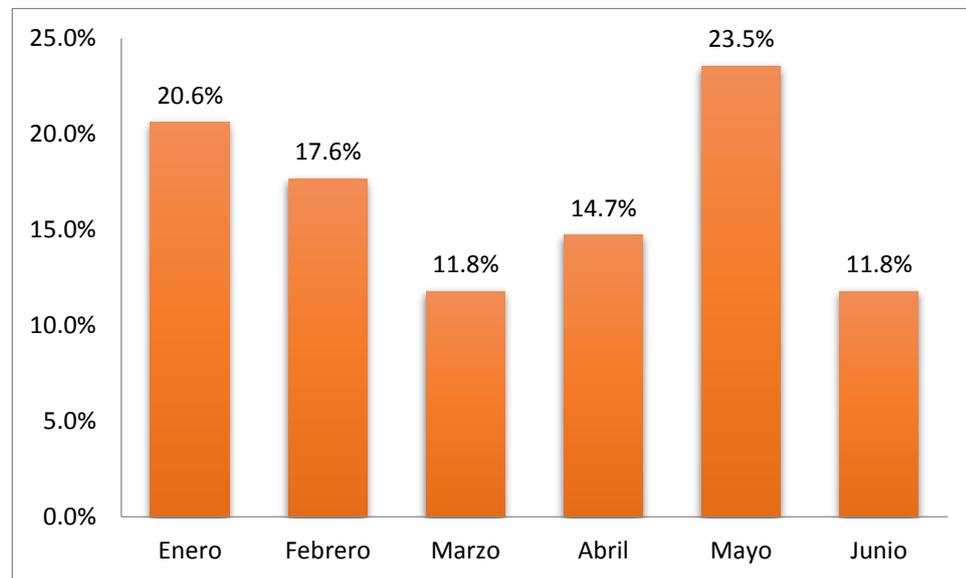
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Junio en el equipo DZ005, se alcanzó un alto porcentaje 28.0%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Febrero no se registró ninguna parada programada.

Tabla 7. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	7	20.6%
Febrero	6	17.6%
Marzo	4	11.8%
Abril	5	14.7%
Mayo	8	23.5%
Junio	4	11.8%
Total	34	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

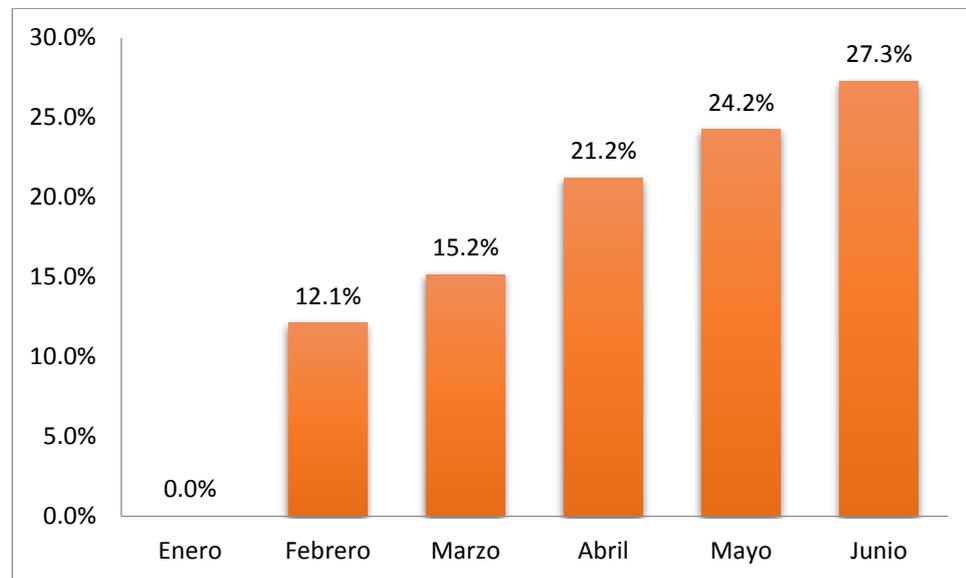
Se observa que en el mes de Mayo en el equipo DZ006, se alcanzó un alto porcentaje 23.5%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Marzo se alcanzó un 11.8%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 8. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	0	0.0%
Febrero	4	12.1%
Marzo	5	15.2%
Abril	7	21.2%
Mayo	8	24.2%
Junio	9	27.3%
Total	33	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. *Número de mantenimiento programado por turno (DZ007)*



Fuente: elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

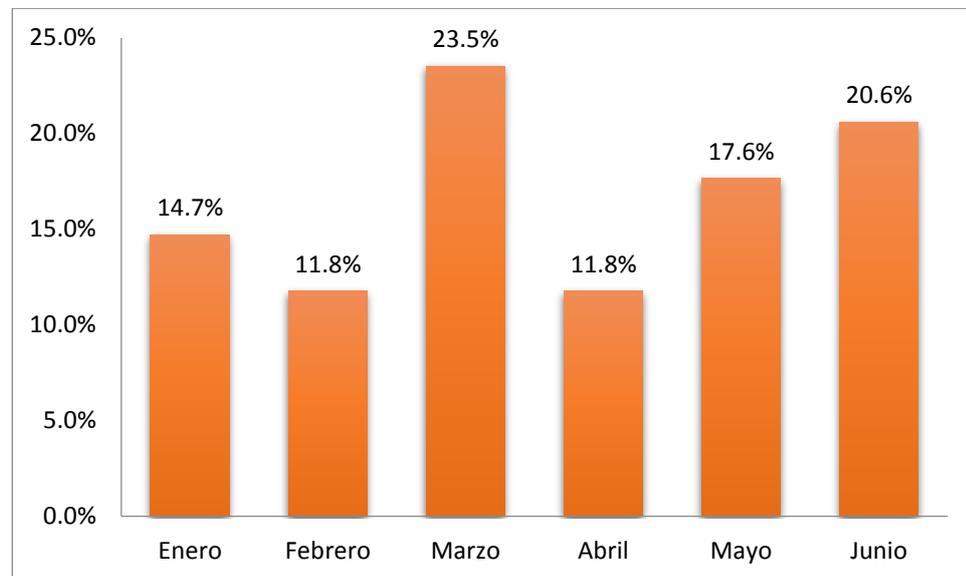
Se observa que en el mes de Junio en el equipo DZ007, se alcanzó un alto porcentaje 27.3%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Enero no se registró ninguna parada programada

Tabla 9. *Número de mantenimiento programado (DZ009)*

		Frecuencia	Porcentaje
validos	Enero	5	14.7%
	Febrero	4	11.8%
	Marzo	8	23.5%
	Abril	4	11.8%
	Mayo	6	17.6%
	Junio	7	20.6%
	Total	34	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. *Número de mantenimiento programado (DZ009)*



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Marzo en el equipo DZ009, se alcanzó un alto porcentaje 23.5%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en los meses de Febrero y Abril se alcanzó un 11.8%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

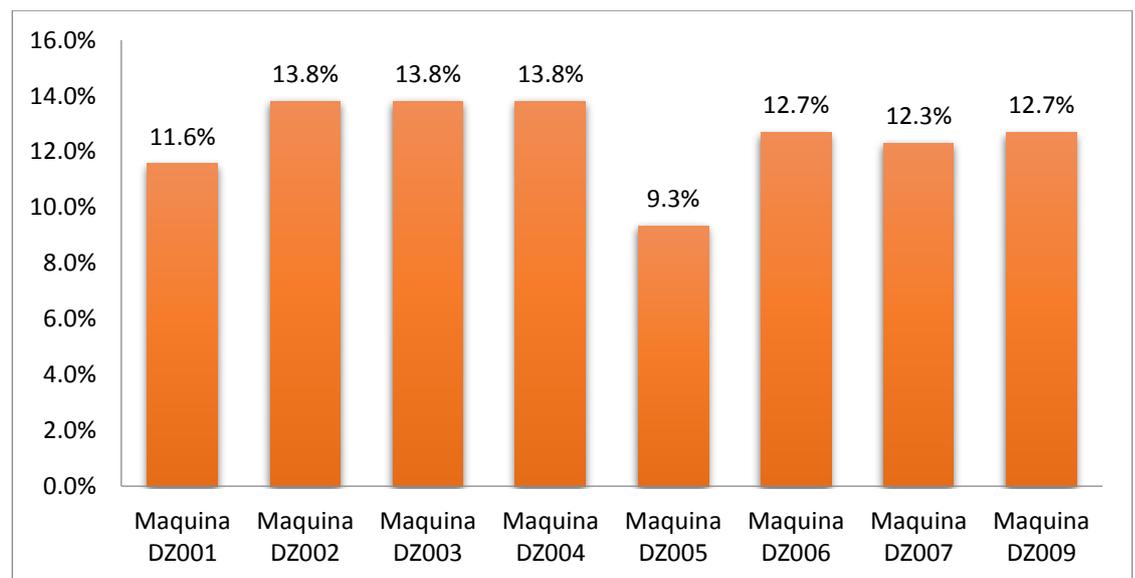
**4.1.1.2 Evaluación del número de mantenimientos programados de los equipos de la flota**

Tabla 10. *Número total de mantenimiento programado por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	31	11.6%
Maquina DZ002	37	13.8%
Maquina DZ003	37	13.8%
Maquina DZ004	37	13.8%
Maquina DZ005	25	9.3%
Maquina DZ006	34	12.7%
Maquina DZ007	33	12.3%
Maquina DZ009	34	12.7%
Total	268	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. *Número total de mantenimiento programado por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que los equipos DZ002, DZ003 y DZ004 presentan un alto porcentaje de tiempos de paradas programadas por turno con un 13.8% y que el equipo con menor tiempo de parada programada es el DZ005 con un 9.3%.

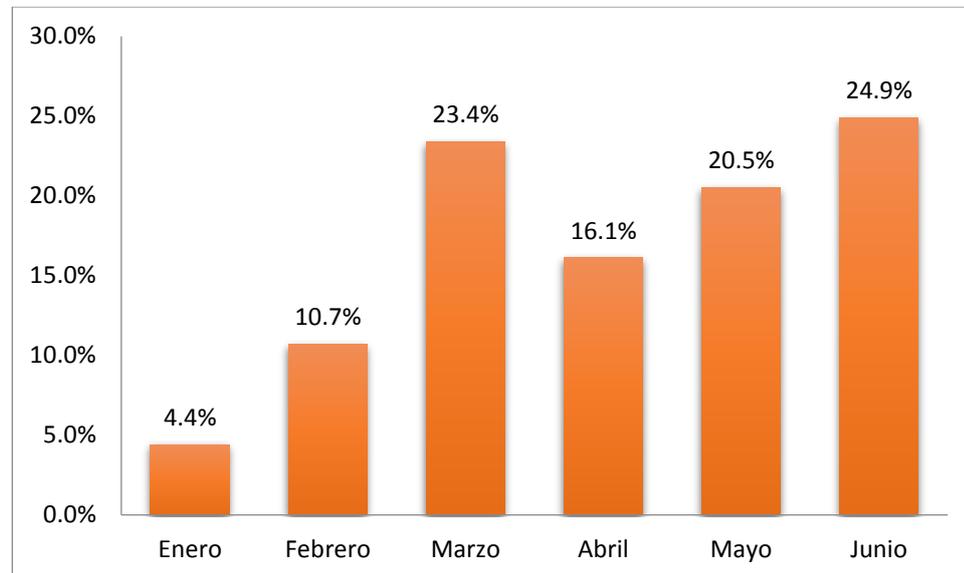
#### 4.1.1.3 Duración del mantenimiento programado de los equipos de la flota

Tabla 11. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	46	4.4%
Febrero	111.76	10.7%
Marzo	244.49	23.4%
Abril	168.37	16.1%
Mayo	214.31	20.5%
Junio	260.27	24.9%
Total	1045.2	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

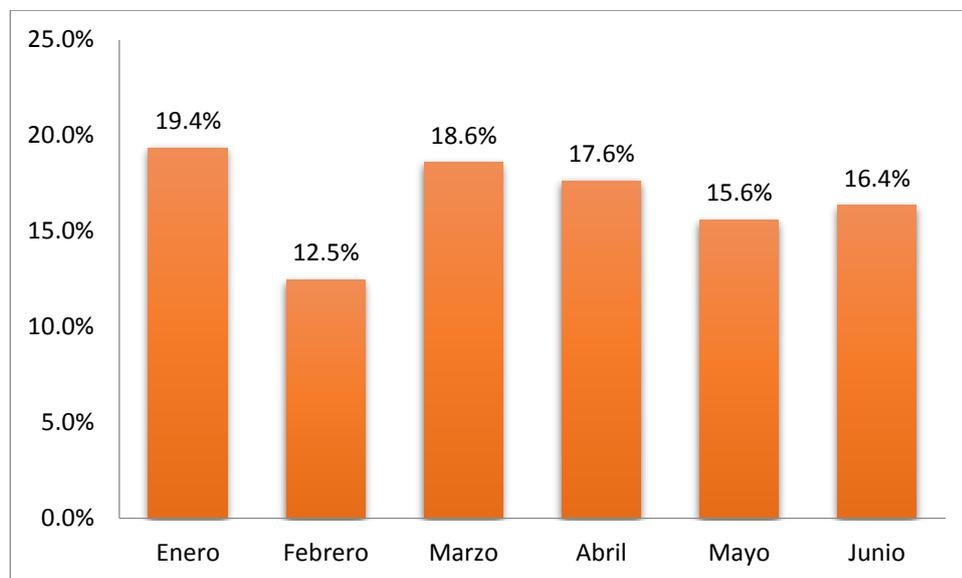
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Junio el DZ001 presentó 24.9 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Enero el equipo presenta mayor disponibilidad con un 4.4% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 12. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	111.82	19.4%
Febrero	72.04	12.5%
Marzo	107.47	18.6%
Abril	101.85	17.6%
Mayo	90.08	15.6%
Junio	94.52	16.4%
Total	577.78	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)*

Fuente: Elaboración propia

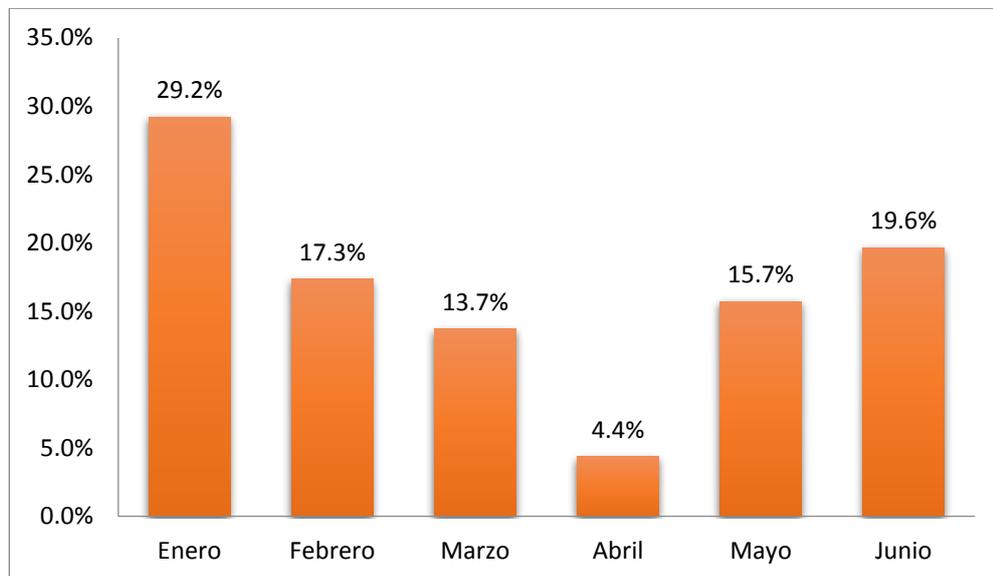
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Enero el DZ002 presentó 19.4 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Febrero el equipo presenta mayor disponibilidad con un 12.5% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 13. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	185.9	29.2%
Febrero	110.28	17.3%
Marzo	87.05	13.7%
Abril	27.81	4.4%
Mayo	100.07	15.7%
Junio	124.96	19.6%
Total	636.07	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

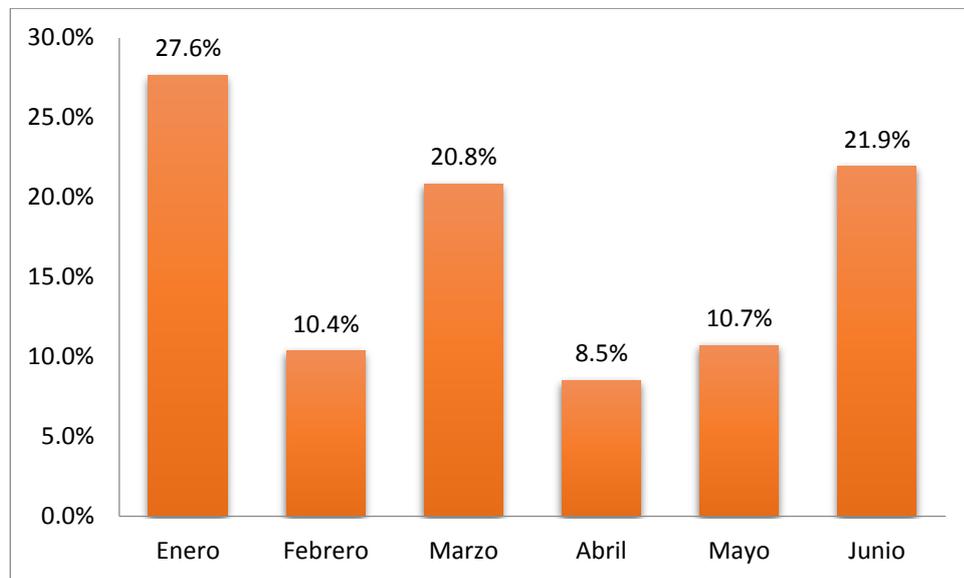
Por un lado, se observa que en el mes de Enero el DZ003 presentó 29.2 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Abril el equipo presenta mayor disponibilidad con un 4.4% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 14. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	176.26	27.6%
Febrero	66.15	10.4%
Marzo	132.83	20.8%
Abril	54.28	8.5%
Mayo	68.35	10.7%
Junio	139.93	21.9%
Total	637.8	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)*



Fuente: Elaboración propia

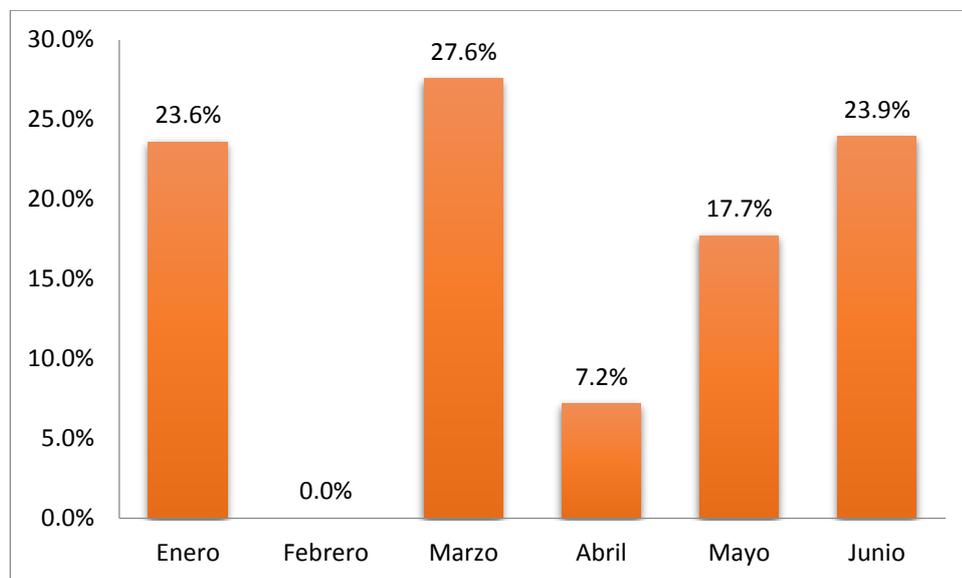
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Enero el DZ004 presentó 27.6 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Abril el equipo presenta mayor disponibilidad con un 8.5% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 15. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	82.39	23.6%
Febrero	0	0.0%
Marzo	96.26	27.6%
Abril	25.08	7.2%
Mayo	61.86	17.7%
Junio	83.58	23.9%
Total	349.17	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

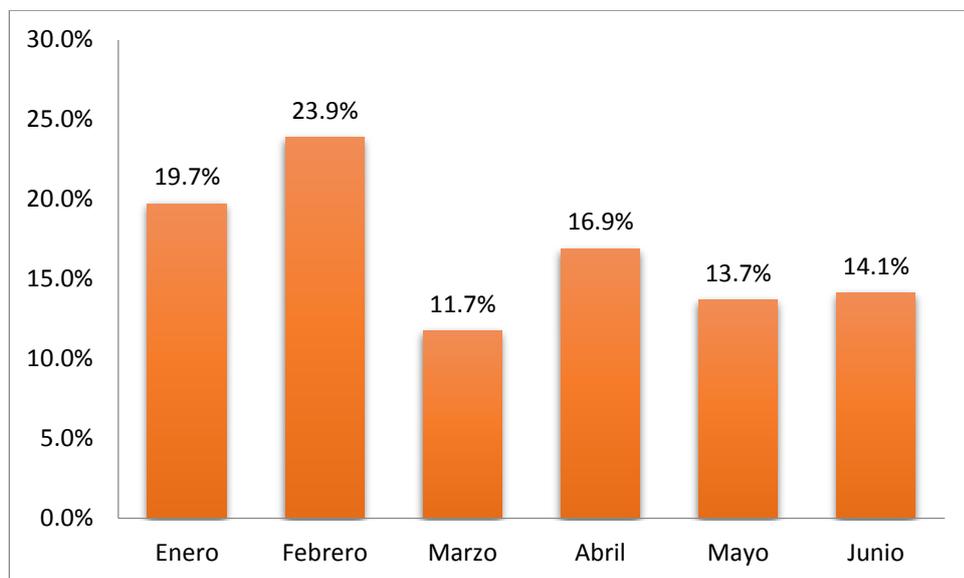
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Marzo el DZ005 presentó 276 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Febrero el equipo presenta mayor disponibilidad con un 0.0% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 16. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	114.7	19.7%
Febrero	138.87	23.9%
Marzo	68.35	11.7%
Abril	98.21	16.9%
Mayo	79.51	13.7%
Junio	82.12	14.1%
Total	581.76	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

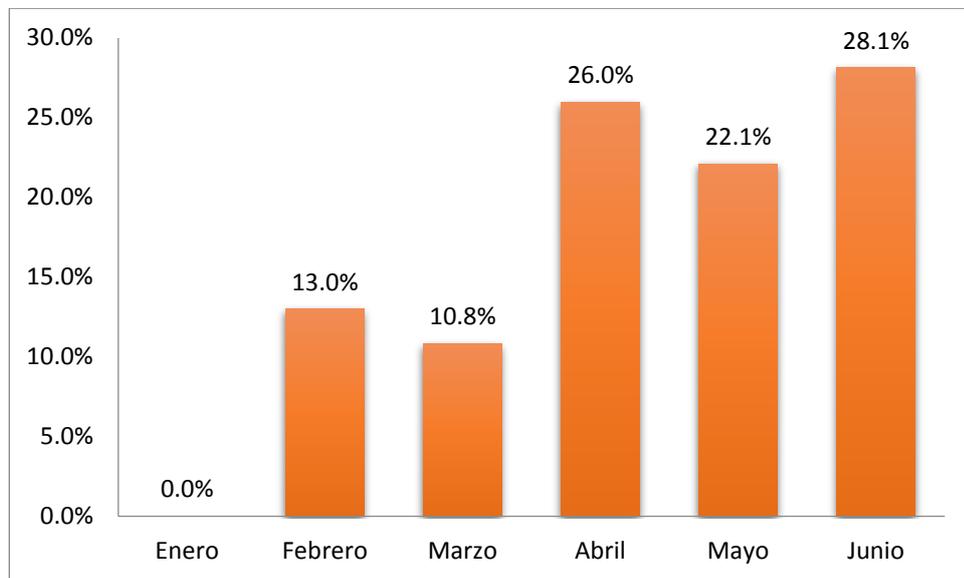
Por un lado, se observa que en el mes de Enero el DZ006 presentó 23.9 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Marzo el equipo presenta mayor disponibilidad con un 11.7% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 17. Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	0	0.0%
Febrero	79.23	13.0%
Marzo	66.01	10.8%
Abril	158.28	26.0%
Mayo	134.8	22.1%
Junio	171.56	28.1%
Total	609.88	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 20. Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

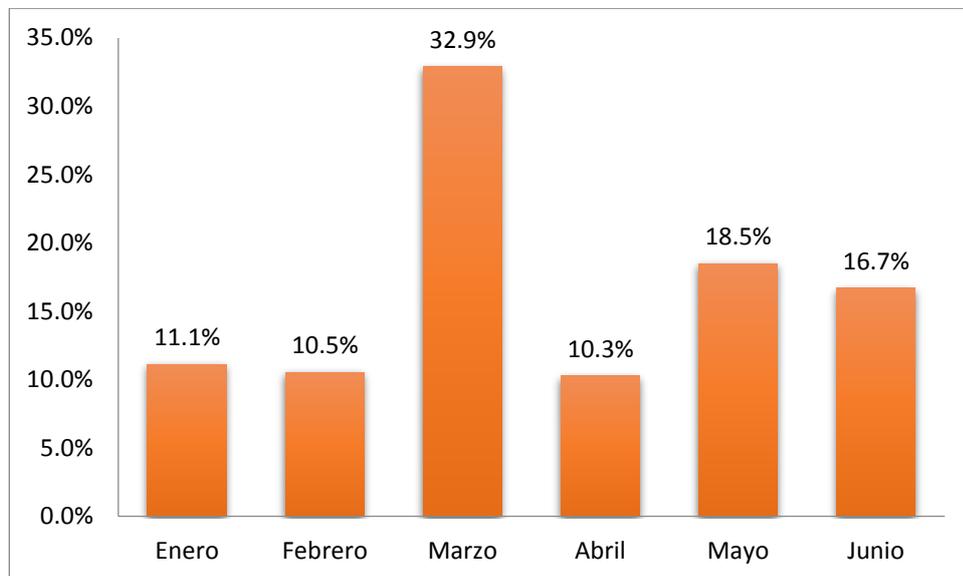
Por un lado, se observa que en el mes de Junio el DZ007 presentó 28.1 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Enero el equipo presenta mayor disponibilidad con un 0.0% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 18. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	48.58	11.1%
Febrero	46.09	10.5%
Marzo	143.81	32.9%
Abril	44.94	10.3%
Mayo	80.77	18.5%
Junio	72.98	16.7%
Total	437.17	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)*



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Marzo el DZ002 presentó 32.9 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Abril el equipo presenta mayor disponibilidad con un 10.3% de horas de mantenimiento programado.

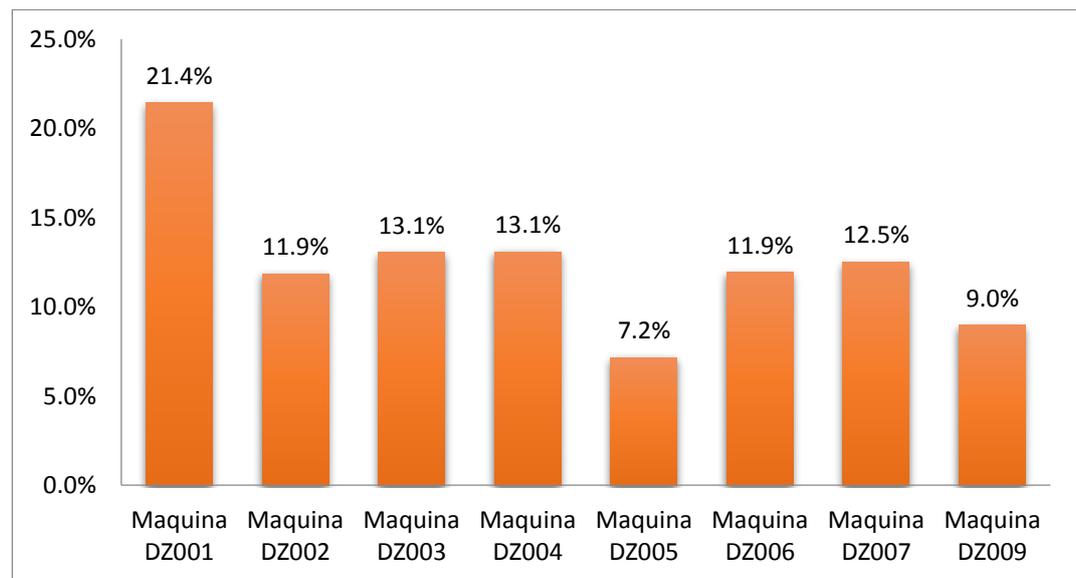
**4.1.1.4 Evaluación de la duración del mantenimiento programado en los equipos de la flota**

Tabla 19. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	1045.02	21.4%
Maquina DZ002	577.78	11.9%
Maquina DZ003	636.8	13.1%
Maquina DZ004	637.8	13.1%
Maquina DZ005	349.17	7.2%
Maquina DZ006	581.76	11.9%
Maquina DZ007	609.88	12.5%
Maquina DZ009	437.17	9.0%
Total	4875.38	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Por un lado, se observa que en el DZ001 obtuvo un 21.4 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir el equipo con mayor duración de horas programadas. Por otro lado, el DZ005 es el equipo que presenta mayor disponibilidad con un 7.2% de horas de mantenimiento programado.

#### 4.1.2 Tiempo medio entre fallas

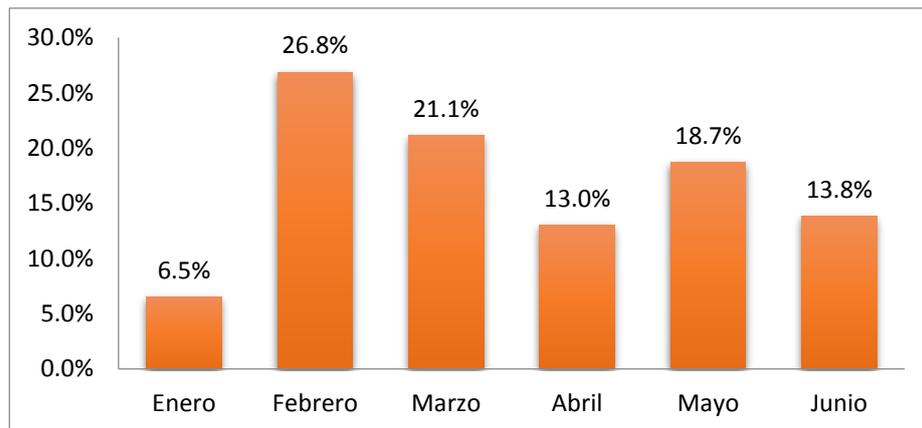
##### 4.1.2.1 Número de intervenciones no programadas por turno de los equipos de la flota

Tabla 20. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	8	6.5%
Febrero	33	26.8%
Marzo	26	21.1%
Abril	16	13.0%
Mayo	23	18.7%
Junio	17	13.8%
Total	123	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 23. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

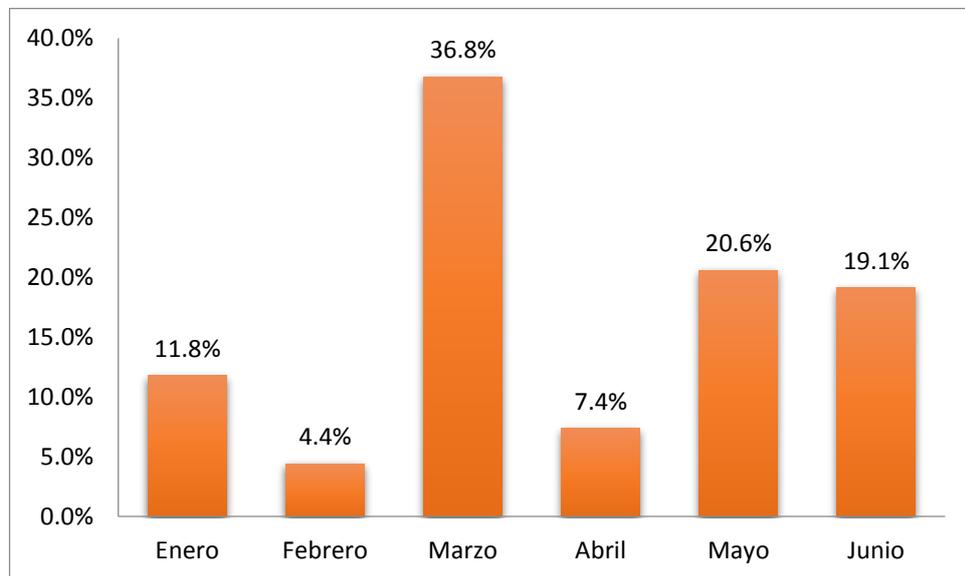
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Febrero el equipo DZ001 alcanzó 26.8% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Enero se alcanzó un 6.5 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 21. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	8	11.8%
Febrero	3	4.4%
Marzo	25	36.8%
Abril	5	7.4%
Mayo	14	20.6%
Junio	13	19.1%
Total	68	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 24. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ002)*

Fuente: Elaboración propia

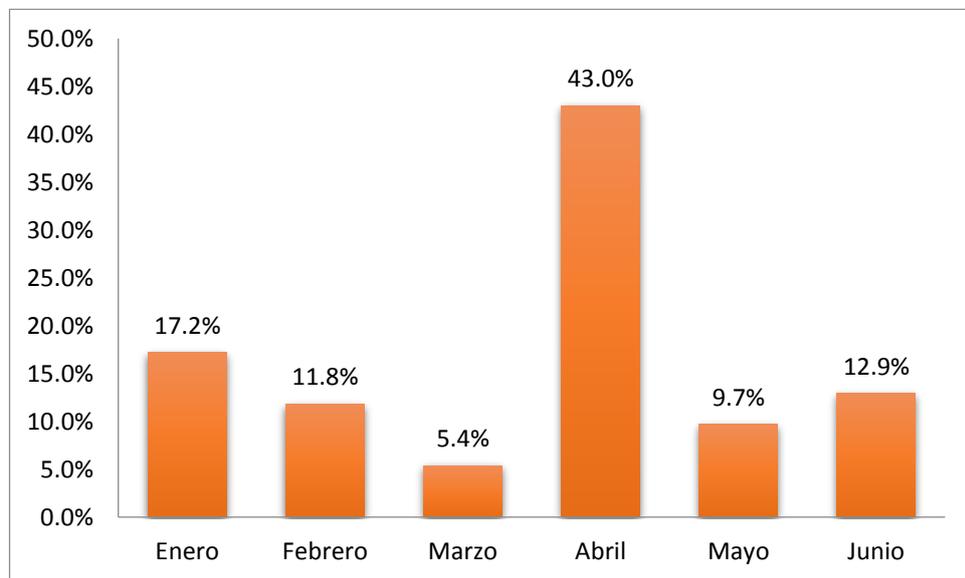
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Marzo el equipo DZ002 alcanzó 36.8% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Febrero se alcanzó un 4.4 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 22. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	16	17.2%
Febrero	11	11.8%
Marzo	5	5.4%
Abril	40	43.0%
Mayo	9	9.7%
Junio	12	12.9%
Total	93	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 25. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

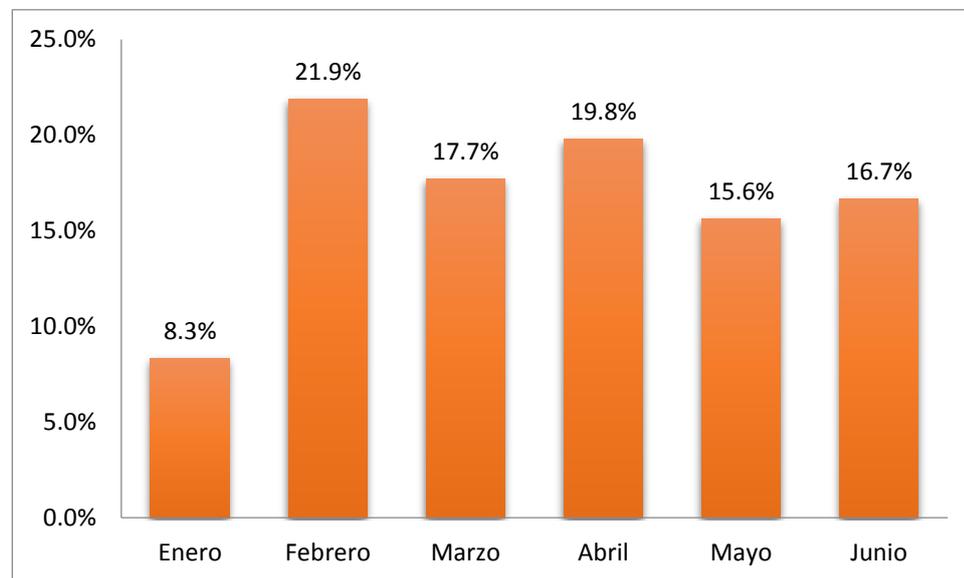
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Abril el equipo DZ003 alcanzó 43.0% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Marzo se alcanzó un 5.4 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 23. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	8	8.3%
Febrero	21	21.9%
Marzo	17	17.7%
Abril	19	19.8%
Mayo	15	15.6%
Junio	16	16.7%
Total	96	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ004)*

Fuente: Elaboración propia

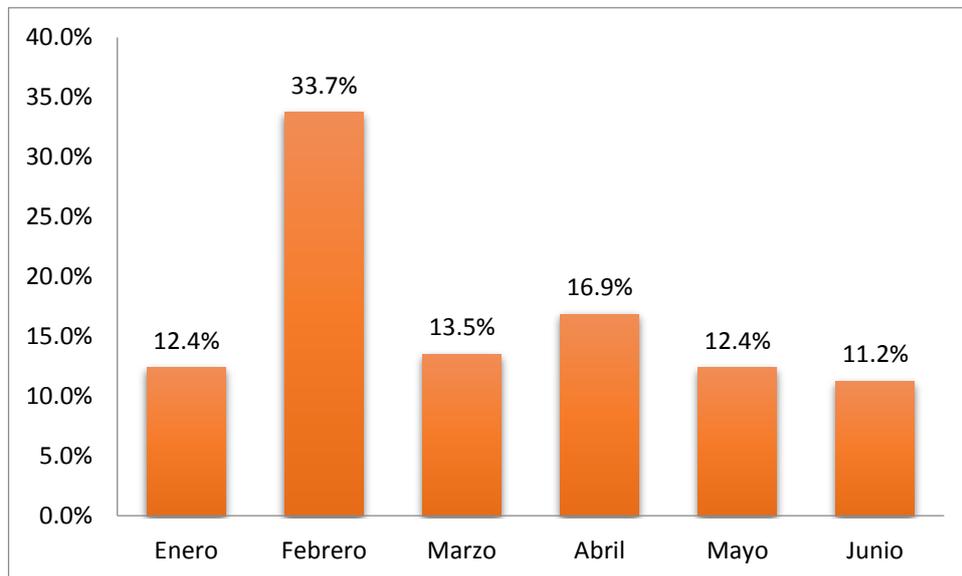
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Febrero el equipo DZ004 alcanzó 21.9% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Enero se alcanzó un 8.3%, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 24. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	11	12.4%
Febrero	30	33.7%
Marzo	12	13.5%
Abril	15	16.9%
Mayo	11	12.4%
Junio	10	11.2%
Total	89	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

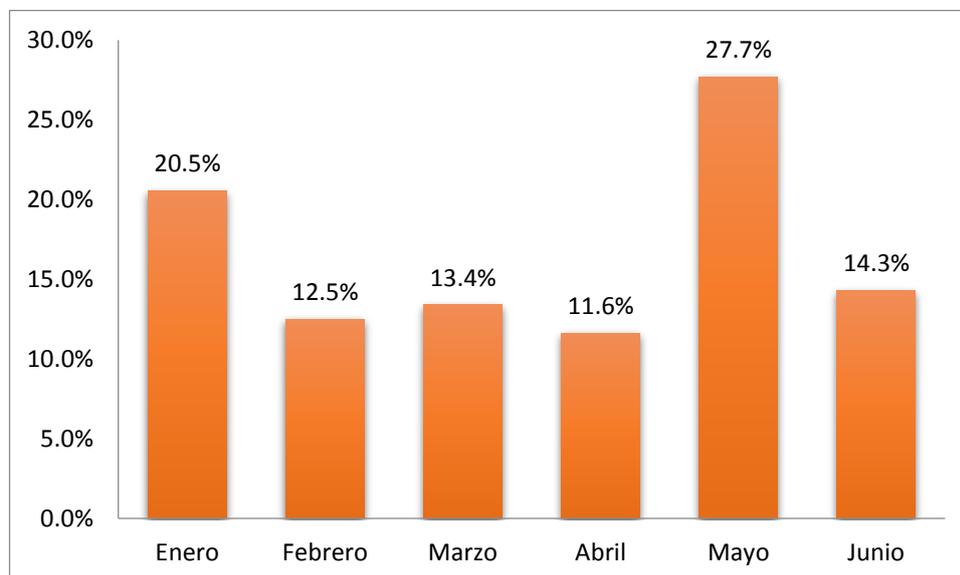
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Febrero el equipo DZ005 alcanzó 33.7% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Junio se alcanzó un 11.2 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 25. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	23	20.5%
Febrero	14	12.5%
Marzo	15	13.4%
Abril	13	11.6%
Mayo	31	27.7%
Junio	16	14.3%
Total	112	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

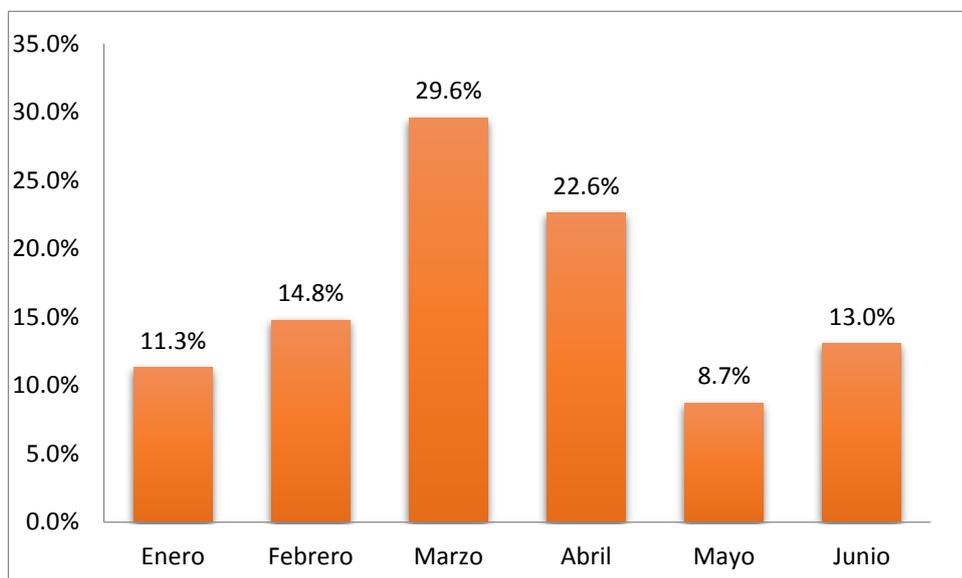
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Mayo el equipo DZ006 alcanzó 27.7 % de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Abril se alcanzó un 11.6 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 26. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	13	11.3%
Febrero	17	14.8%
Marzo	34	29.6%
Abril	26	22.6%
Mayo	10	8.7%
Junio	15	13.0%
Total	115	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ007)*

Fuente: Elaboración propia

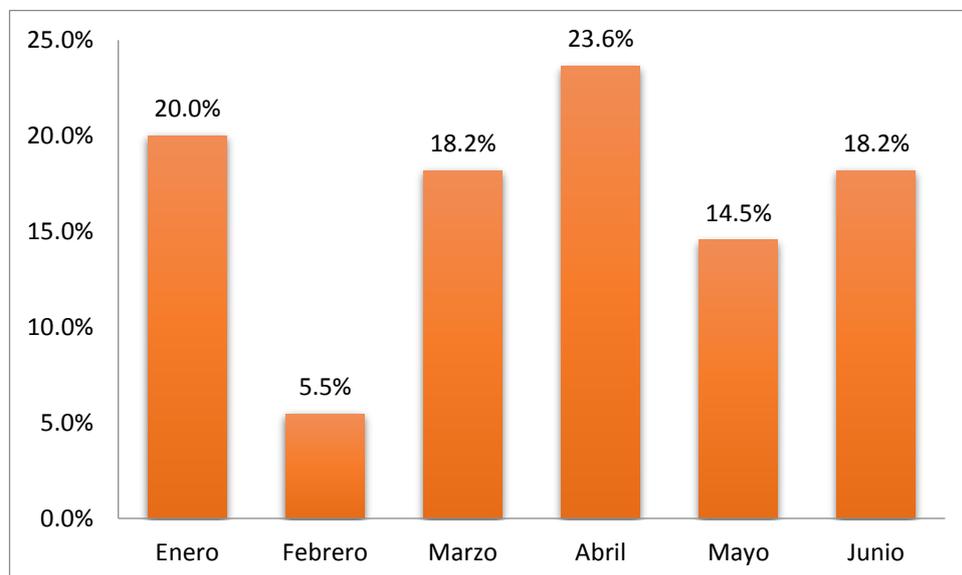
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Marzo el equipo DZ007 alcanzó 29.6% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo, en Mayo se alcanzó un 8.7 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 27. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ009)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	11	20.0%
Febrero	3	5.5%
Marzo	10	18.2%
Abril	13	23.6%
Mayo	8	14.5%
Junio	10	18.2%
Total	55	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 30. *Número de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento (DZ009)*

Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Abril el equipo DZ009 alcanzó 23.6% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Febrero se alcanzó un 5.5 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

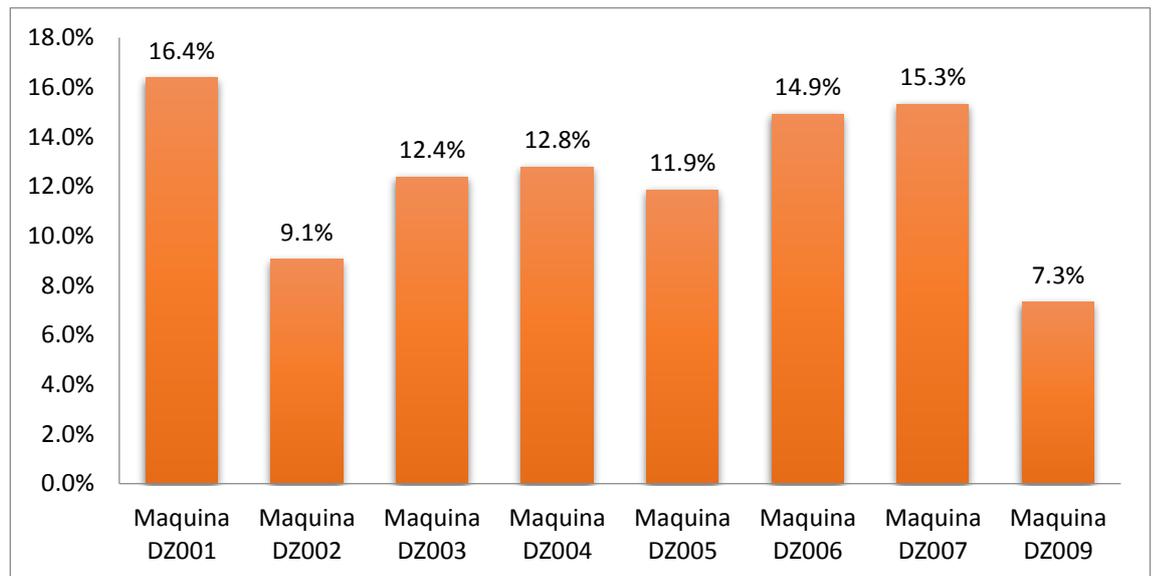
**4.1.2.2 Evaluación del número de intervenciones no programadas por turno de los equipos de la flota**

Tabla 28. *Número total de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	123	16.4%
Maquina DZ002	68	9.1%
Maquina DZ003	93	12.4%
Maquina DZ004	96	12.8%
Maquina DZ005	89	11.9%
Maquina DZ006	112	14.9%
Maquina DZ007	115	15.3%
Maquina DZ009	55	7.3%
Total	751	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31. *Número total de intervenciones no programadas por turno de mantenimiento por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el equipo DZ001 alcanzó un 26.8% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo el DZ009 alcanzó un 7.3 %, lo cual nos indica que sus paradas no programadas fue mínima.

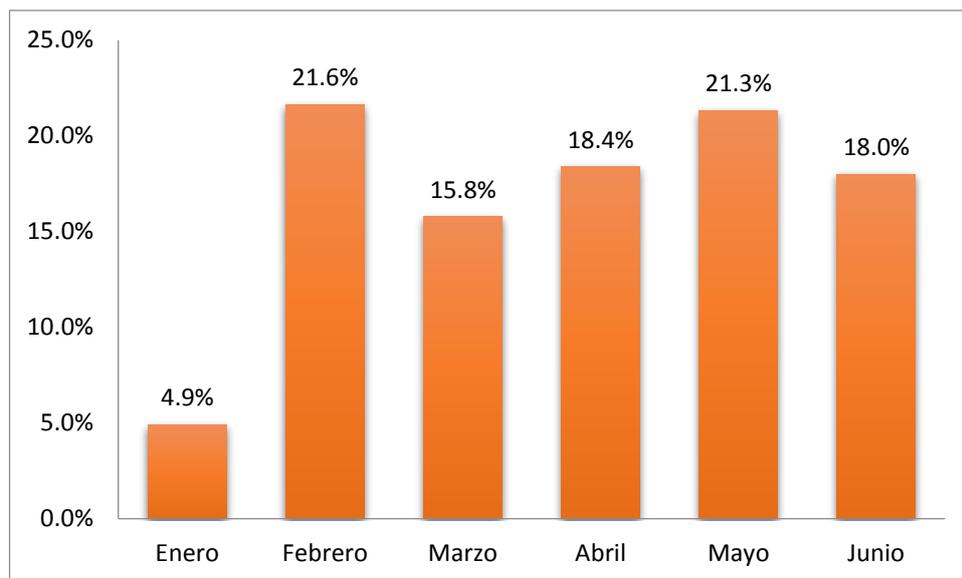
#### 4.1.2.3 Duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota

Tabla 29. Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	149.93	4.9%
Febrero	661.55	21.6%
Marzo	482.78	15.8%
Abril	562.39	18.4%
Mayo	652.2	21.3%
Junio	550.19	18.0%
Total	3059.04	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 32. Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)



Fuente: Elaboración propia

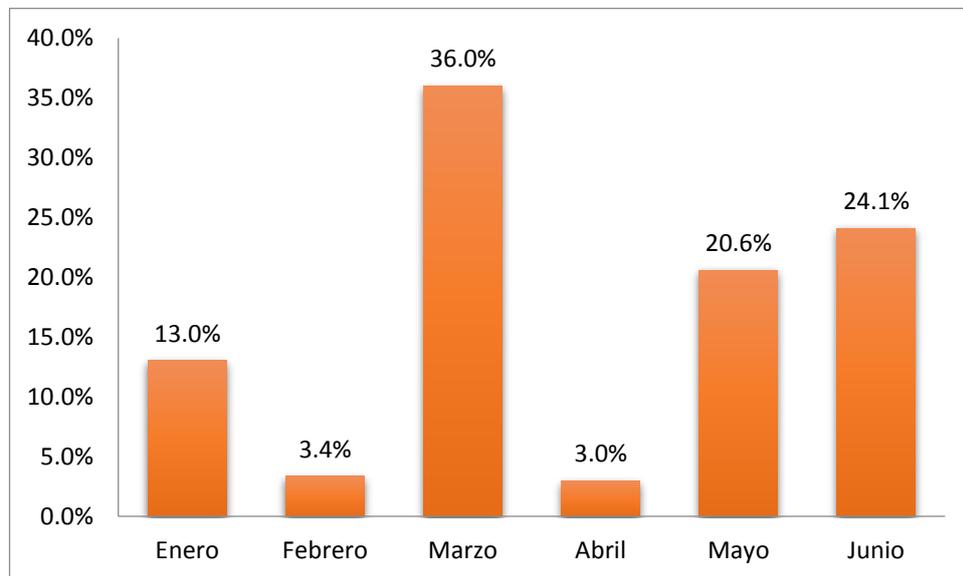
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Febrero con 21.6%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Enero con 4.9 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 30. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	122.08	13.0%
Febrero	31.43	3.4%
Marzo	337.49	36.0%
Abril	27.85	3.0%
Mayo	193.06	20.6%
Junio	225.65	24.1%
Total	937.56	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 33. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*

Fuente: Elaboración propia

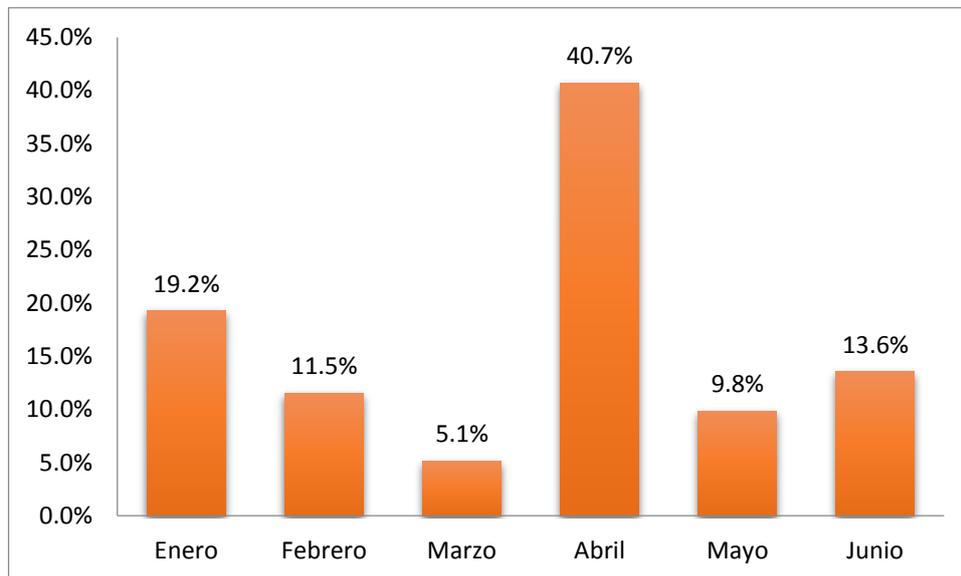
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Marzo con 36.0%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 3.0 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 31. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	255.03	19.2%
Febrero	152.61	11.5%
Marzo	68.18	5.1%
Abril	539.4	40.7%
Mayo	130.21	9.8%
Junio	179.73	13.6%
Total	1325.16	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 34. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

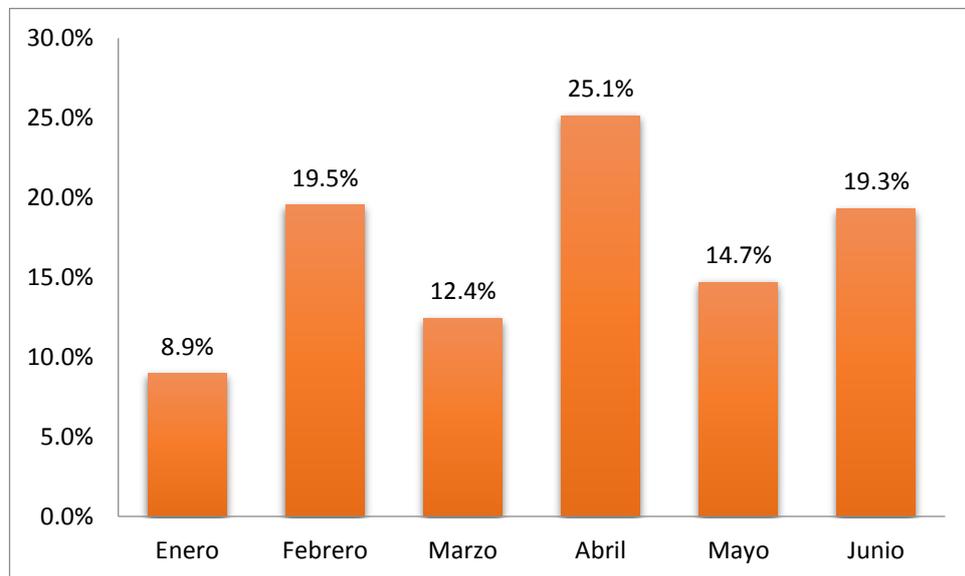
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 40.7%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Marzo con 5.1 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 32. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	110.96	8.9%
Febrero	242.17	19.5%
Marzo	153.86	12.4%
Abril	311.65	25.1%
Mayo	182.06	14.7%
Junio	239.22	19.3%
Total	1239.92	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 35. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*

Fuente: Elaboración propia

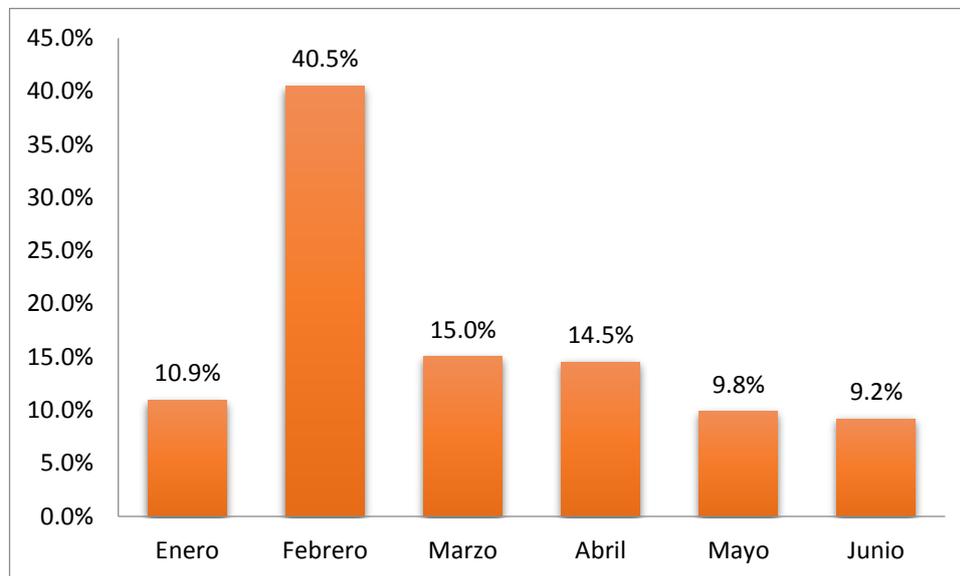
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 25.1%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Enero con 8.9 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 33. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	150.06	10.9%
Febrero	554.97	40.5%
Marzo	206.3	15.0%
Abril	199.34	14.5%
Mayo	135.07	9.8%
Junio	125.88	9.2%
Total	1371.62	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 36. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

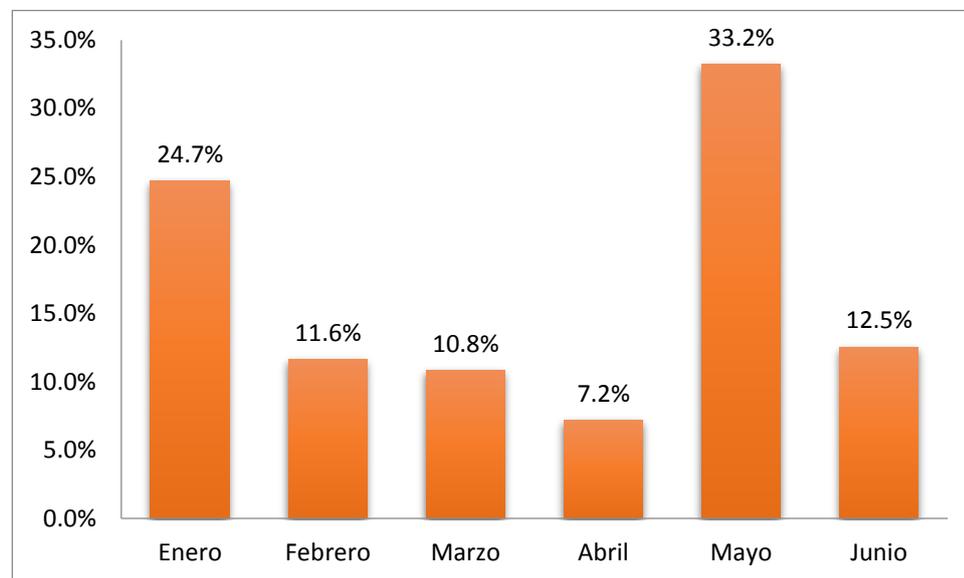
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Febrero con 40.5%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Junio con 9.2 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 34. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	418.04	24.7%
Febrero	197.03	11.6%
Marzo	183.39	10.8%
Abril	121.61	7.2%
Mayo	562.82	33.2%
Junio	212.08	12.5%
Total	1694.97	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 37. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

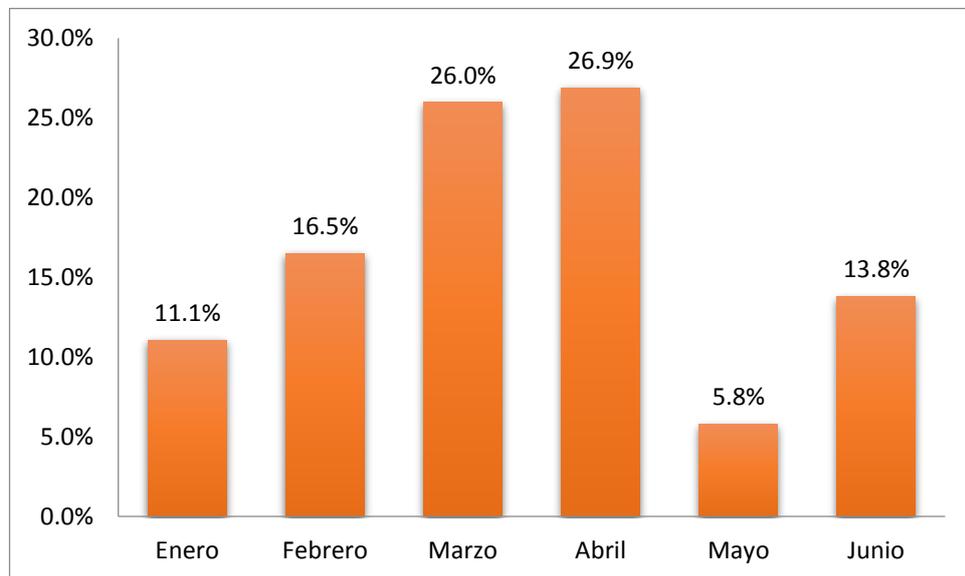
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Mayo con 33.2%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 7.2 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 35. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	177.82	11.1%
Febrero	265.4	16.5%
Marzo	417.59	26.0%
Abril	432.36	26.9%
Mayo	93.22	5.8%
Junio	221.79	13.8%
Total	1608.18	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 38. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*

Fuente: Elaboración propia

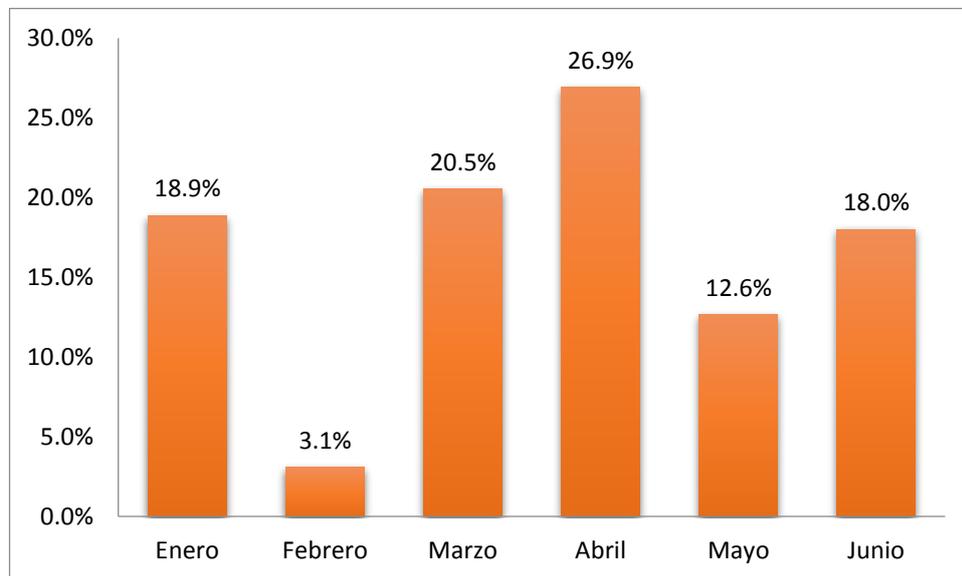
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 26.9 %, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Mayo con 5.8 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 36. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	149.45	18.9%
Febrero	24.24	3.1%
Marzo	162.52	20.5%
Abril	213.2	26.9%
Mayo	100.18	12.6%
Junio	142.59	18.0%
Total	792.18	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 37: *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento del noveno equipo (DZ009)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Abril con 26.9%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Febrero con 3.1 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

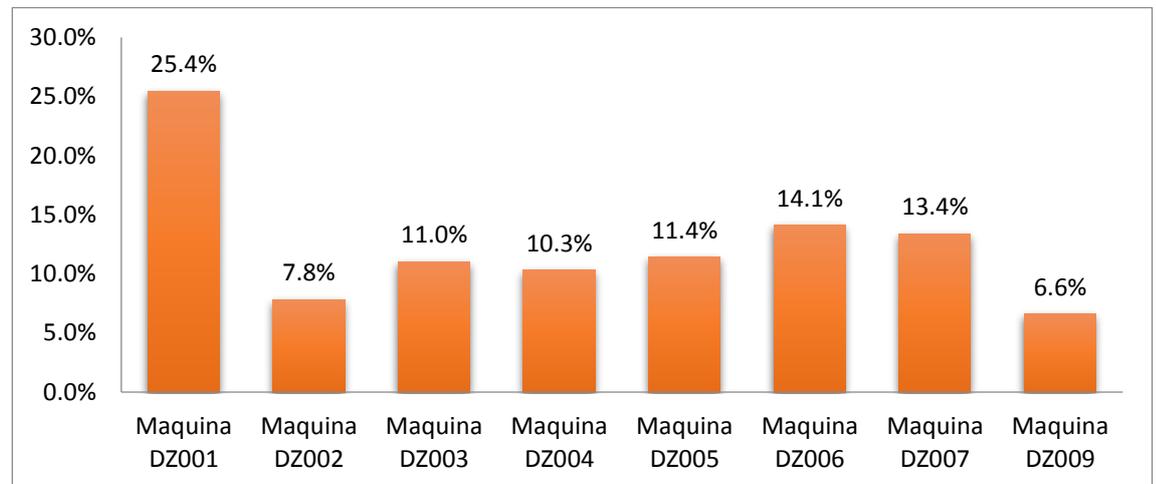
#### 4.1.2.4 Evaluación de la duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota

Tabla 37. Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	3059.04	25.4%
Maquina DZ002	937.56	7.8%
Maquina DZ003	1325.16	11.0%
Maquina DZ004	1239.92	10.3%
Maquina DZ005	1371.62	11.4%
Maquina DZ006	1694.97	14.1%
Maquina DZ007	1608.18	13.4%
Maquina DZ009	792.18	6.6%
Total	12028.63	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 39. Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo



Fuente: Elaboración propia

#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde al equipo DZ001 con 25.4 % lo cual determina que el equipo no fue eficiente. El menor número de intervenciones no programadas corresponde al equipo DZ009 con 6.6%, lo cual determina que el equipo fue más confiable.

## Disponibilidad de los equipos de la flota

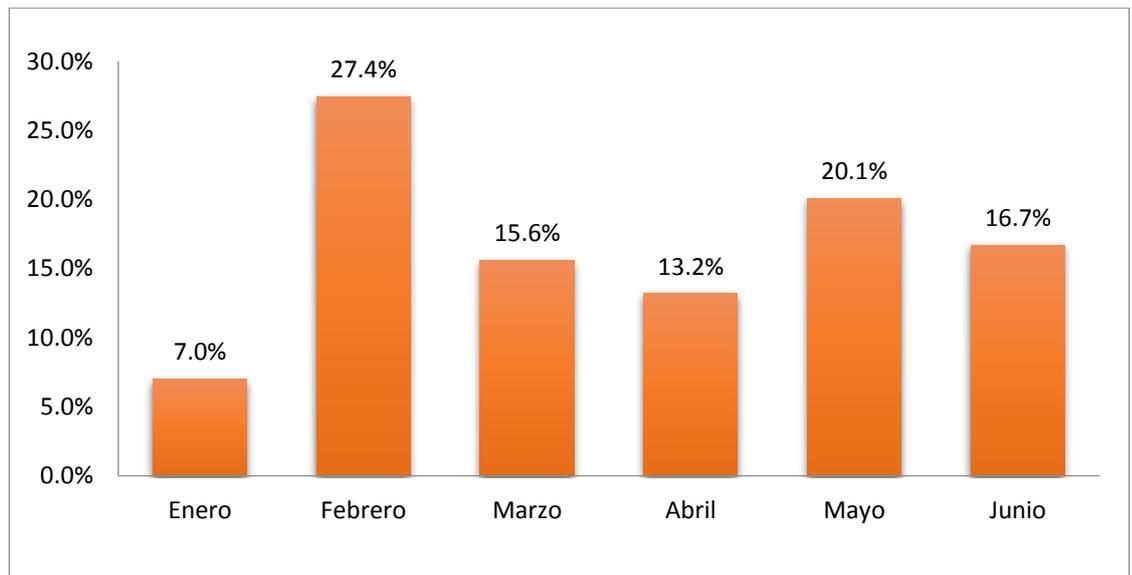
### 4.1.2.5 Horas no trabajadas de los equipos de la flota

Tabla 38. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	168.63	7.0%
Febrero	661.55	27.4%
Marzo	376.12	15.6%
Abril	317.91	13.2%
Mayo	483.83	20.1%
Junio	402.55	16.7%
Total	2410.59	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 40. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

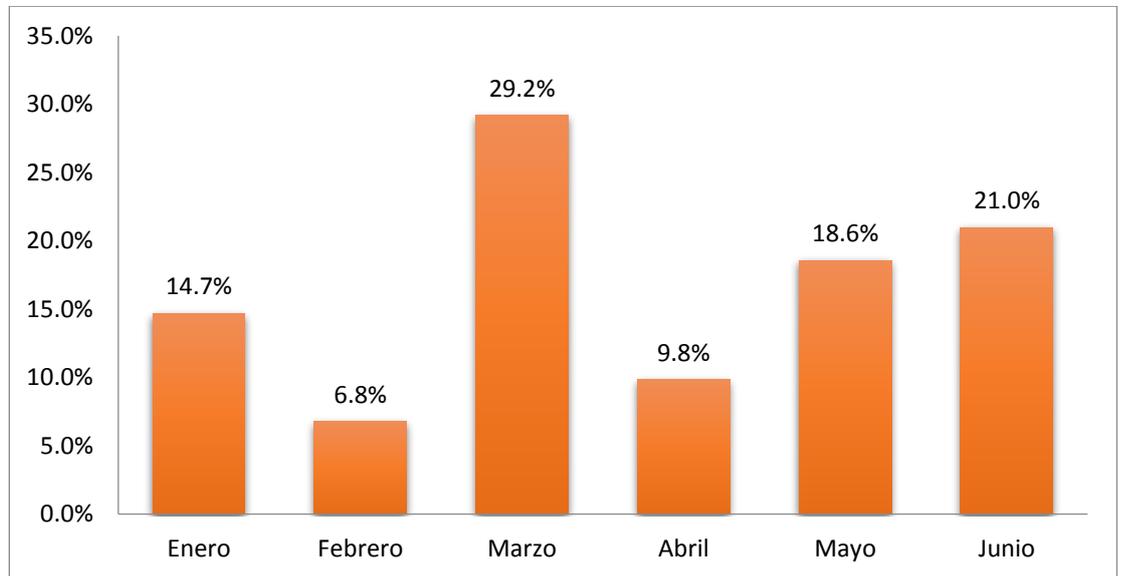
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 27.4% de horas no trabajadas del equipo DZ001 se encuentra en el mes de Febrero, por otro lado en el mes de Enero se obtuvo un 7,0% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 39. *Número de horas no trabajadas (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	223.9	14.7%
Febrero	103.47	6.8%
Marzo	444.96	29.2%
Abril	150.02	9.8%
Mayo	283.14	18.6%
Junio	320.16	21.0%
Total	1525.65	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 41. *Número de horas no trabajadas (DZ002)*

Fuente: Elaboración propia

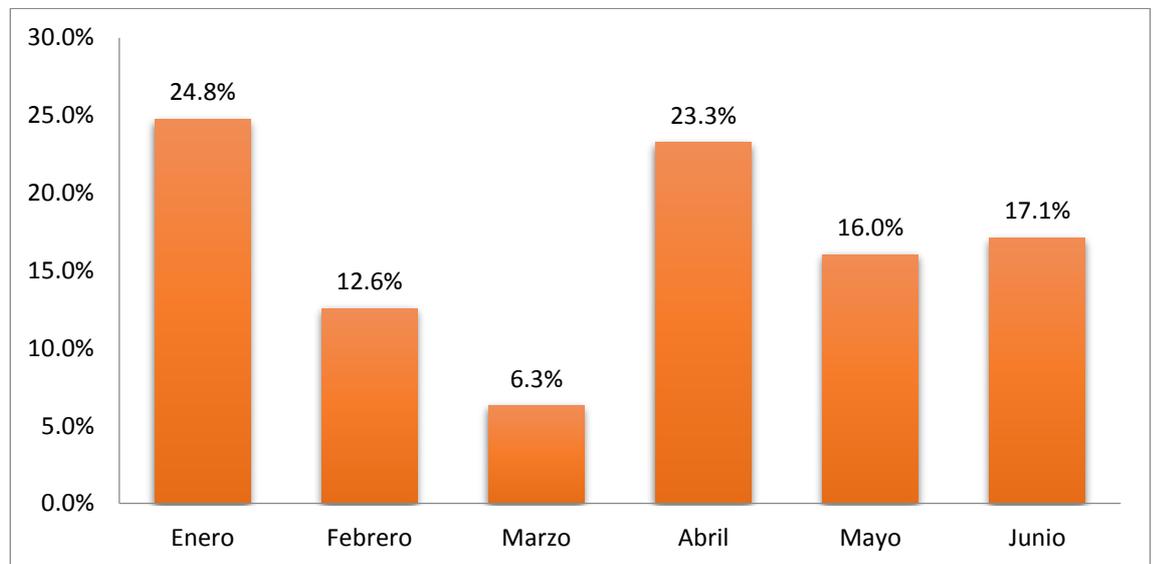
#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 29.2% de horas no trabajadas del equipo DZ002 se encuentra en el mes de Marzo, por otro lado en el mes de Febrero se obtuvo un 6.8% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 40. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	611.89	24.8%
Febrero	310.49	12.6%
Marzo	155.23	6.3%
Abril	575.06	23.3%
Mayo	396.38	16.0%
Junio	423	17.1%
Total	2472.05	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 42. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

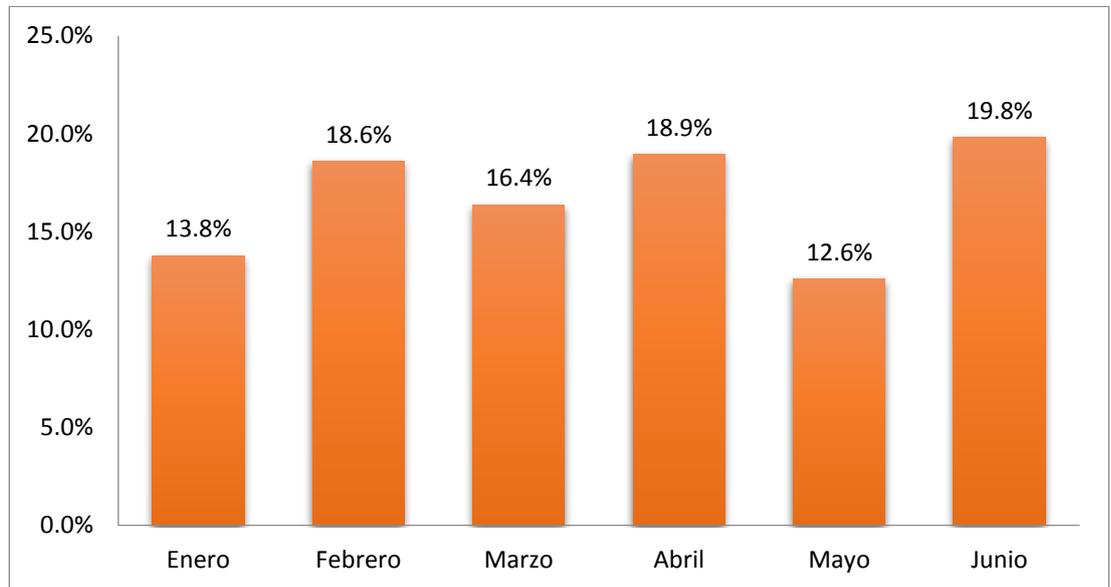
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 24.8% de horas no trabajadas del equipo DZ003 se encuentra en el mes de Enero, por otro lado en el mes de Marzo se obtuvo un 6.3% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 41. *Número de horas no trabajadas (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	287.22	13.8%
Febrero	387.8	18.6%
Marzo	341.55	16.4%
Abril	395.14	18.9%
Mayo	262.45	12.6%
Junio	413.32	19.8%
Total	2087.48	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 43. *Número de horas no trabajadas (DZ004)*

Fuente: Elaboración propia

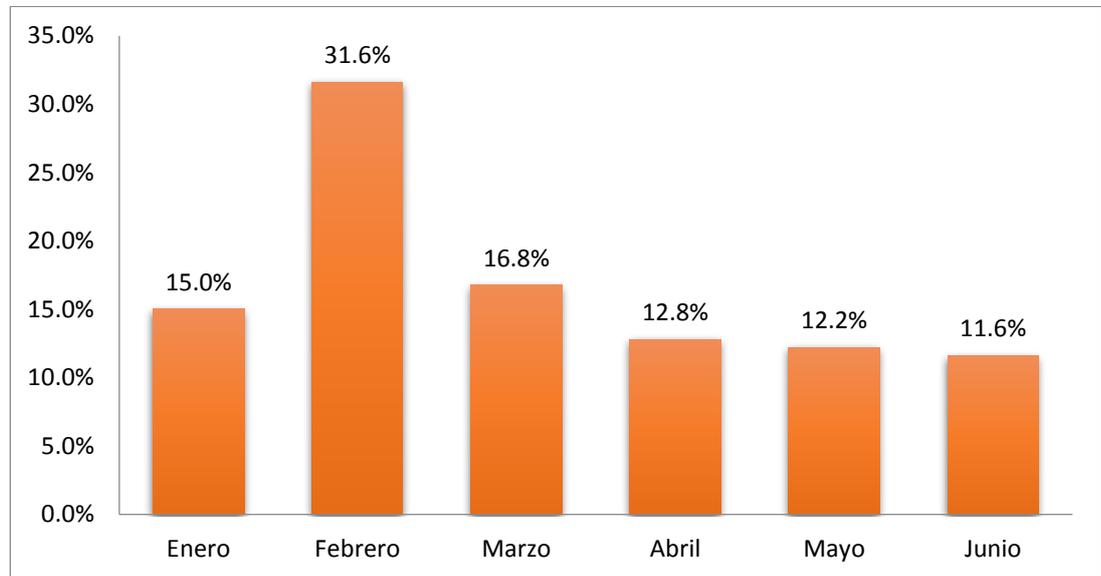
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 19.8% de horas no trabajadas del equipo DZ004 se encuentra en el mes de Junio, por otro lado en el mes de Mayo se obtuvo un 12.6 % de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos horas de parada de la máquina.

Tabla 42. *Número de horas no trabajadas (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	270.78	15.0%
Febrero	570.78	31.6%
Marzo	302.56	16.8%
Abril	230.93	12.8%
Mayo	220.25	12.2%
Junio	209.47	11.6%
Total	1804.77	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 44. *Número de horas no trabajadas (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

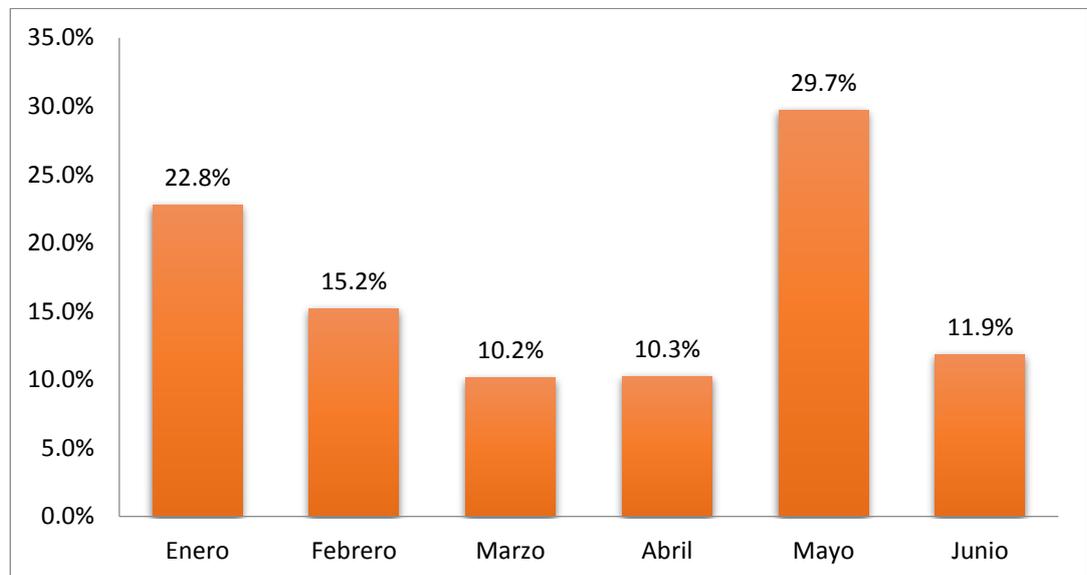
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 31.6% de horas no trabajadas del equipo DZ005 se encuentra en el mes de Febrero, por otro lado en el mes de Junio se obtuvo un 11.6% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos horas de parada de la máquina.

Tabla 43. *Número de horas no trabajadas (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	565	22.8%
Febrero	377	15.2%
Marzo	252	10.2%
Abril	254	10.3%
Mayo	737	29.7%
Junio	294	11.9%
Total	2479	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 45. *Número de horas no trabajadas (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

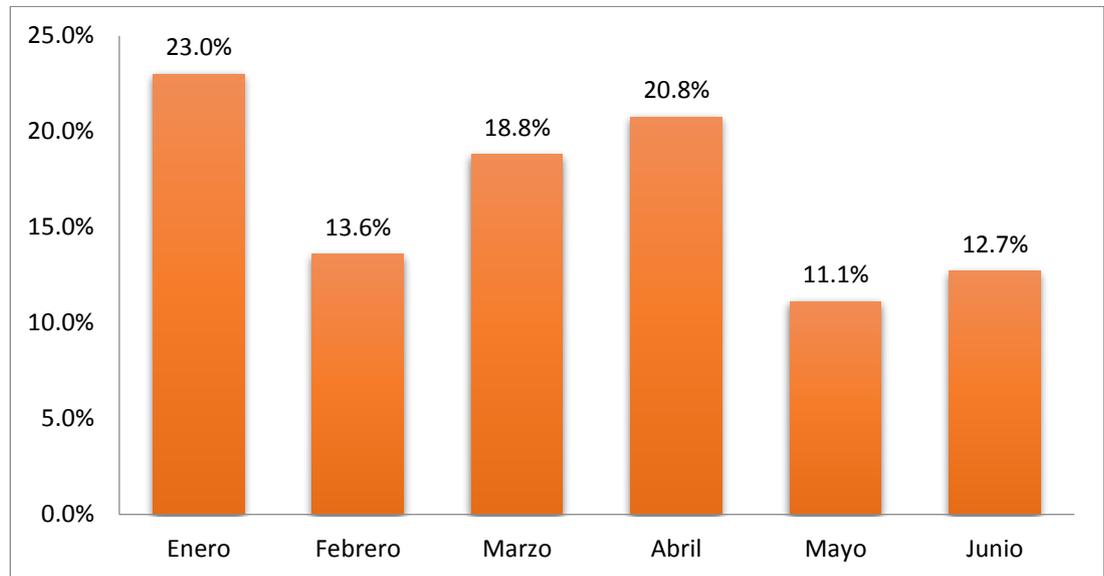
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 29.7% de horas no trabajadas del equipo DZ006 se encuentra en el mes de Mayo, por otro lado en el mes de Marzo se obtuvo un 10.2 % de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos horas de parada de la máquina.

Tabla 44. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	712	23.0%
Febrero	421	13.6%
Marzo	582	18.8%
Abril	643	20.8%
Mayo	344	11.1%
Junio	393	12.7%
Total	3094	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 46. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*

Fuente: Elaboración propia

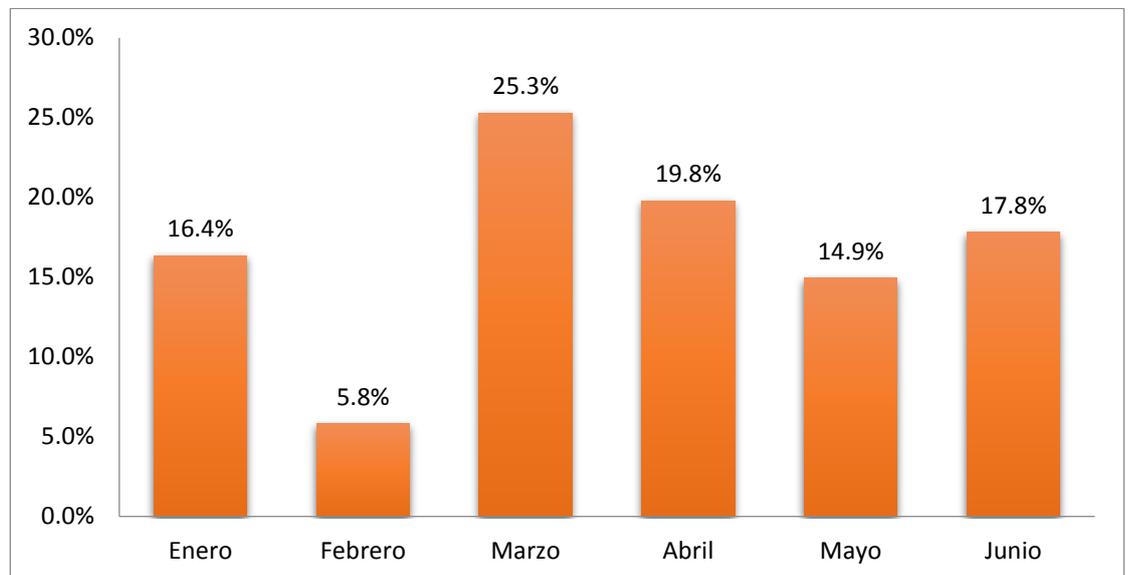
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 23.0% de horas no trabajadas del equipo DZ007 se encuentra en el mes de Enero, por otro lado en el mes de Mayo se obtuvo un 11.1% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos horas de parada de la máquina.

Tabla 45. *Número de horas no trabajadas (DZ009)*

	Frecuencia	Porcentaje
Enero	198	16.4%
Febrero	70	5.8%
Marzo	306	25.3%
Abril	240	19.8%
Mayo	181	14.9%
Junio	216	17.8%
Total	1211	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 47. *Número de horas no trabajadas (DZ009)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 25.3 % de horas no trabajadas del equipo DZ009 se encuentra en el mes de Marzo, por otro lado en el mes de Febrero se obtuvo un 5.8 % de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos horas de parada de la máquina.

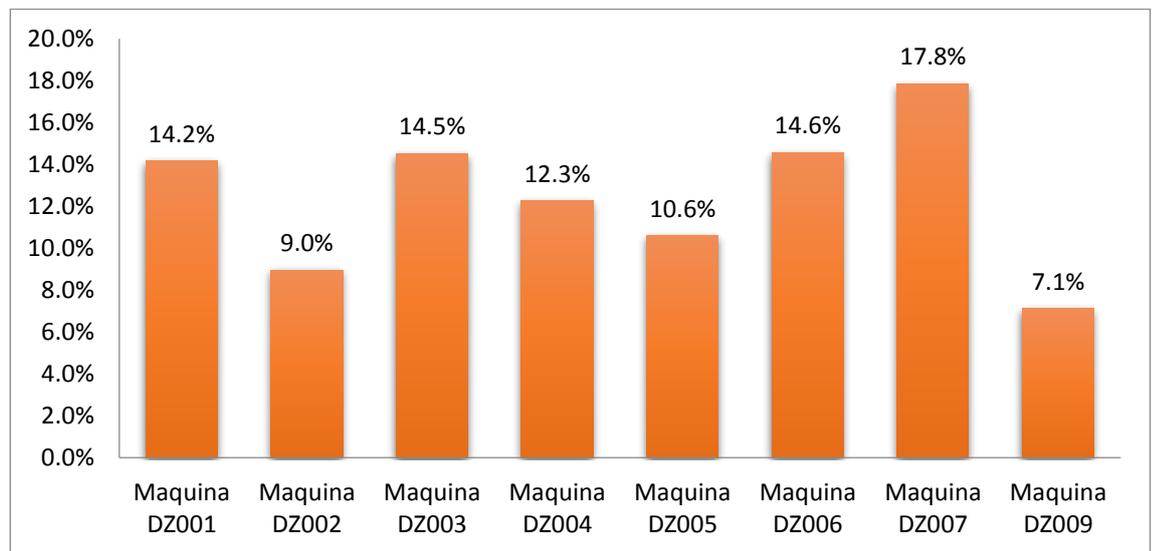
**4.1.2.6 Evaluación de la disponibilidad de los equipos de la flota**

Tabla 46. *Número de horas no trabajadas por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	2410.59	14.2%
Maquina DZ002	1525.65	9.0%
Maquina DZ003	2472.02	14.5%
Maquina DZ004	2087.48	12.3%
Maquina DZ005	1804.77	10.6%
Maquina DZ006	2479.27	14.6%
Maquina DZ007	3039.38	17.8%
Maquina DZ009	1210.99	7.1%
Total	17030.15	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 48. *Número de horas no trabajadas por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el 17.8% de horas no trabajadas pertenecen al equipo DZ007, por otro lado el equipo DZ002 tiene un 9,0% de horas no trabajadas lo cual indica que este equipo no tiene tantas paradas.

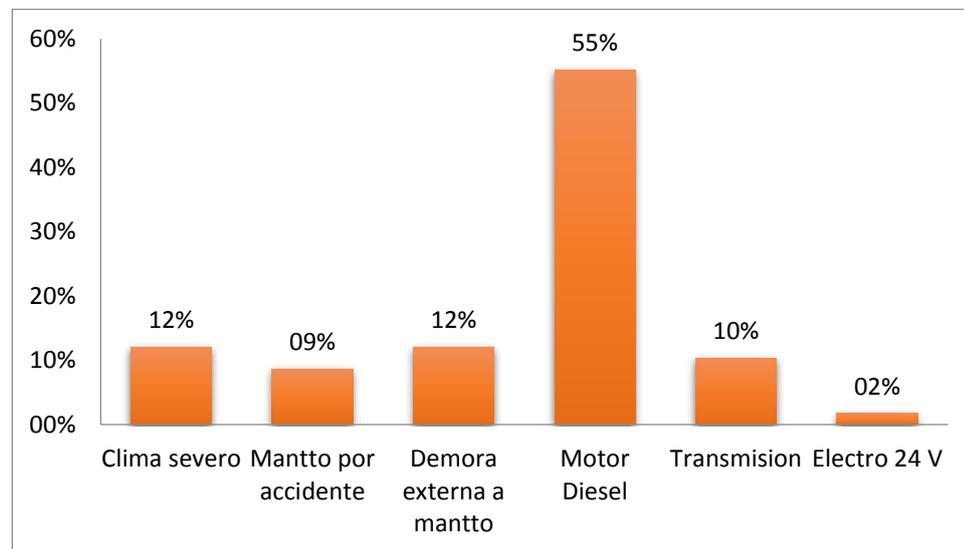
#### 4.1.2.7 Duración de paradas imprevistas en los equipos de la flota

Tabla 47. Duración total de paradas imprevistas (DZ001)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	7	12,1%
Mantto por accidente	5	8,6%
Demora externa a mantto	7	12,1%
Motor Diesel	32	55,2%
Transmision	6	10,3%
Electro 24 V	1	1,7%
Total	58	32,8%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 49. Duración total de paradas imprevistas (DZ001)



Fuente: Elaboración propia

#### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 55.2% de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 12.1% fue por problemas en la transmisión.

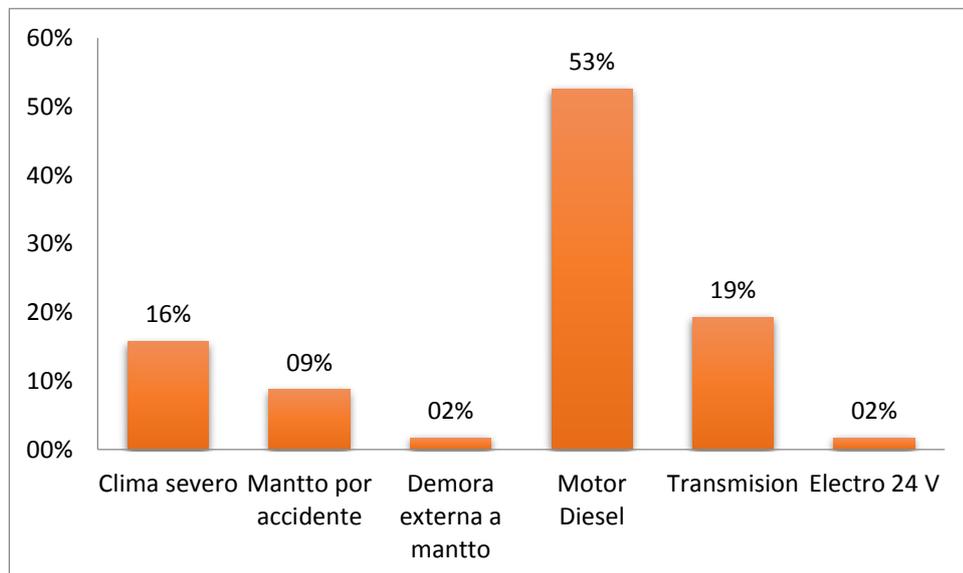
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 48. Duración total de paradas imprevistas (DZ002)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	9	15,8%
Mantto por accidente	5	8,8%
Demora externa a mantto	1	1,8%
Motor Diesel	30	52,6%
Transmision	11	19,3%
Electro 24 V	1	1,8%
Total	57	26,3%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 50. Duración total de paradas imprevistas (DZ002)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 53% de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 19% fue por problemas en la transmisión.

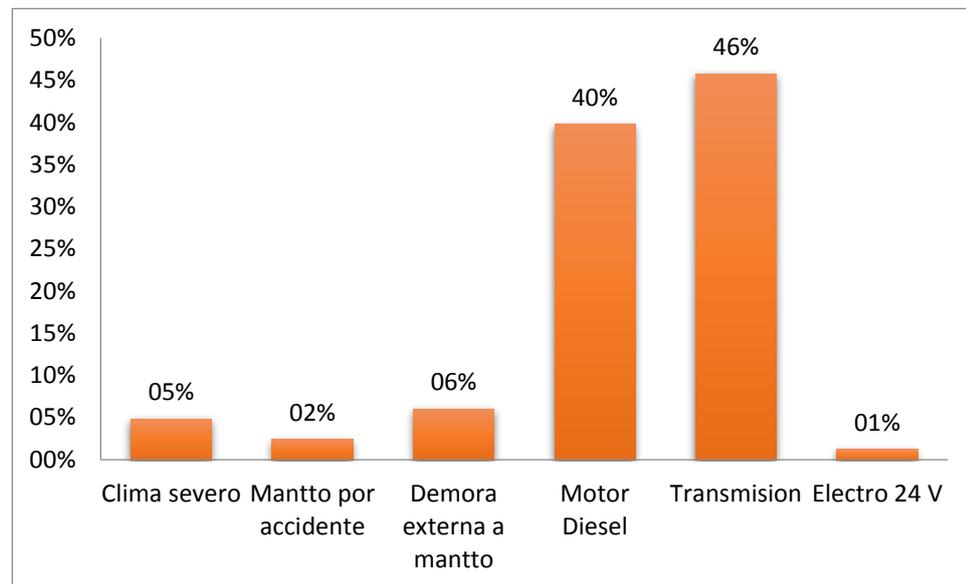
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 49. Duración total de paradas imprevistas (DZ003)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	4	4,8%
Mantto por accidente	2	2,4%
Demora externa a mantto	5	6,0%
Motor Diesel	33	39,8%
Transmision	38	45,8%
Electro 24 V	1	1,2%
Total	83	13,3%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 51. Duración total de paradas imprevistas (DZ003)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 46% de paradas imprevistas fue por falla en la transmisión, el 40% fue por problemas en el motor diésel.

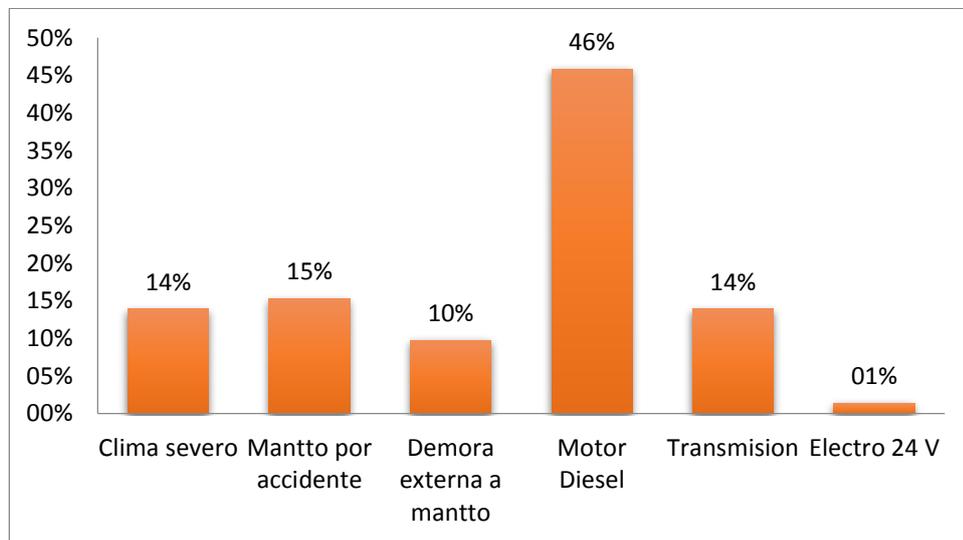
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 50. Duración total de paradas imprevistas (DZ004)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	10	13,9%
Mantto por accidente	11	15,3%
Demora externa a mantto	7	9,7%
Motor Diesel	33	45,8%
Transmision	10	13,9%
Electro 24 V	1	1,4%
Total	72	38,9%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 52. Duración total de paradas imprevistas (DZ004)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 46% de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 15% fue por mantenimiento por accidente.

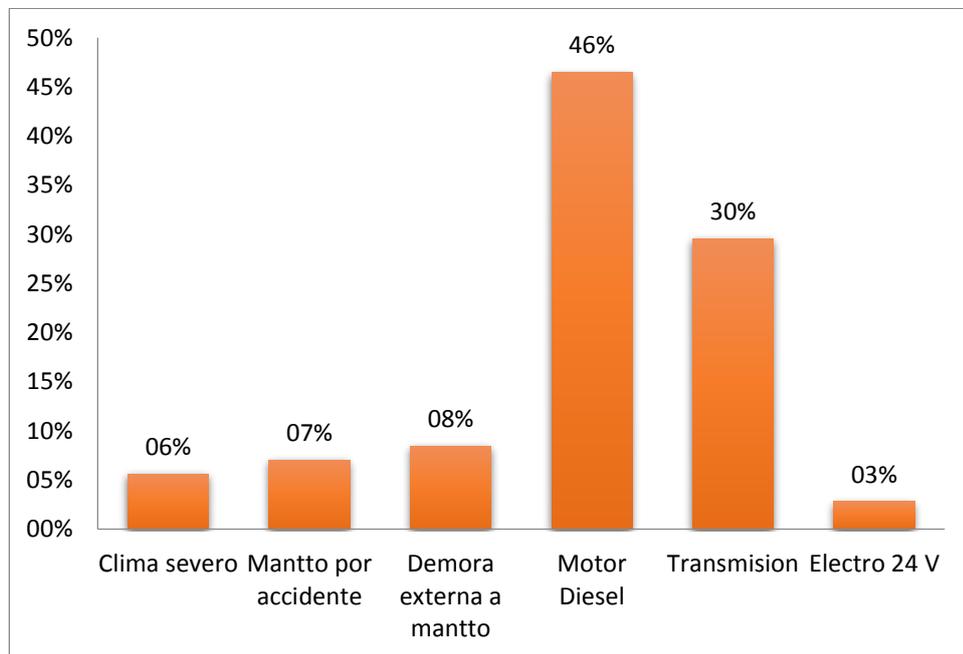
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 51. Duración total de paradas imprevistas (DZ005)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	4	5,6%
Mantto por accidente	5	7,0%
Demora externa a mantto	6	8,5%
Motor Diesel	33	46,5%
Transmision	21	29,6%
Electro 24 V	2	2,8%
Total	71	21,1%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 53. Duración total de paradas imprevistas (DZ005)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 46% de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 30% fue por problemas en la transmisión.

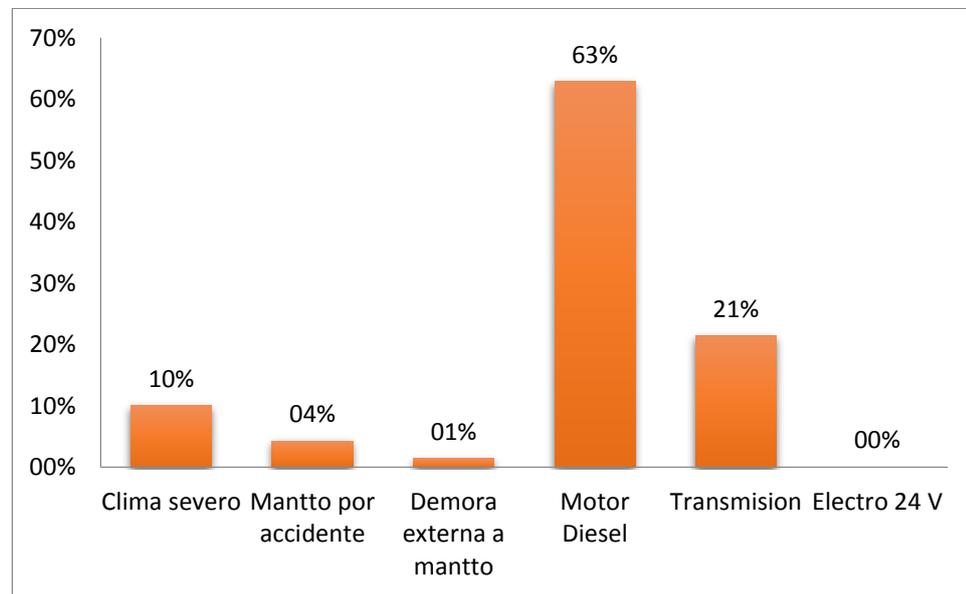
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 52. Duración total de paradas imprevistas (DZ006)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	7	10,0%
Mantto por accidente	3	4,3%
Demora externa a mantto	1	1,4%
Motor Diesel	44	62,9%
Transmision	15	21,4%
Electro 24 V	0	0,0%
Total	70	15,7%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 54. Duración total de paradas imprevistas (DZ006)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 63% de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 21% fue por problemas en la transmisión.

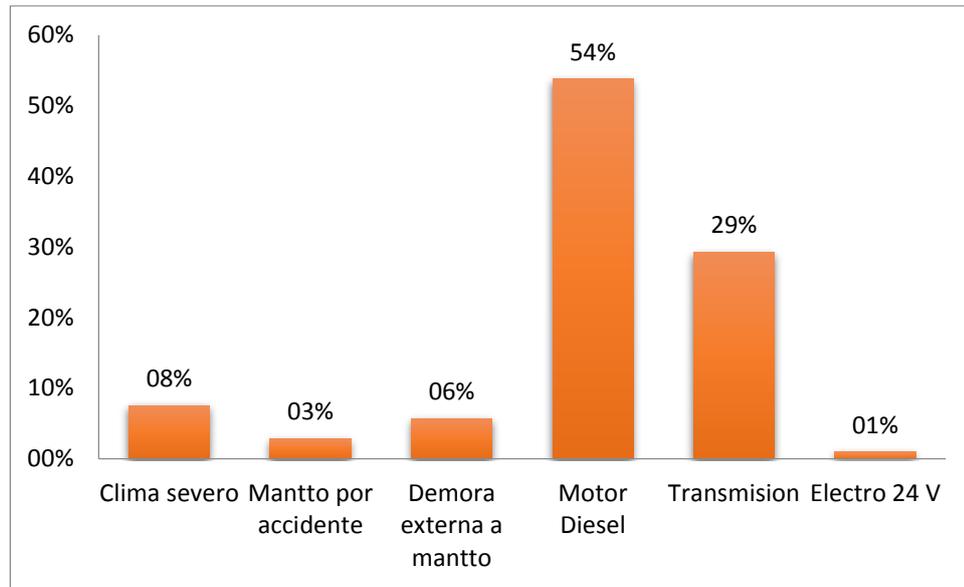
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 53. Duración total de paradas imprevistas (DZ007)

	Frecuencia	Porcentaje
Motor Diesel	57	53,8%
Transmision	31	29,2%
Electro 24 V	1	0,9%
Total	106	16,0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 55. Duración total de paradas imprevistas (DZ007)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 54 % de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 29 % fue por problemas en la transmisión.

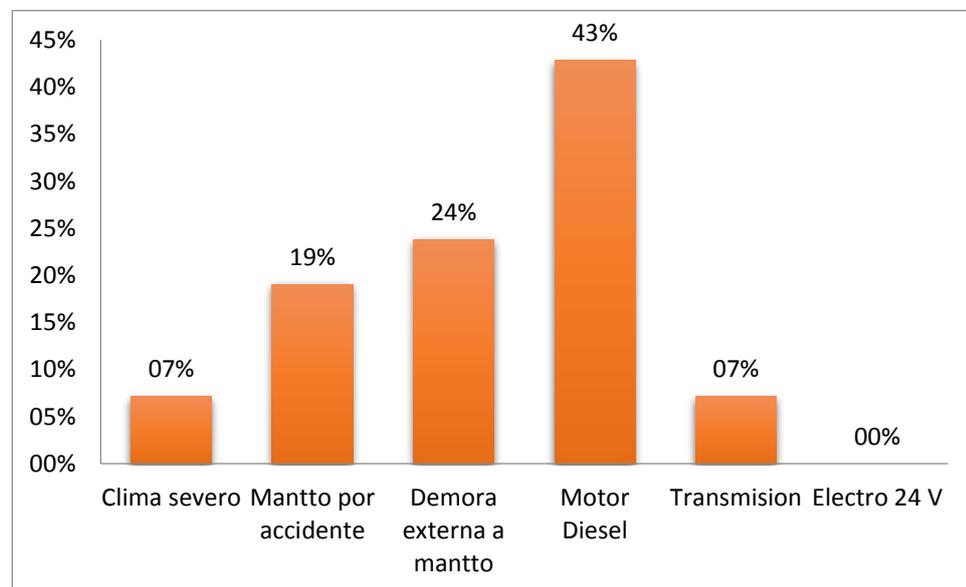
Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

Tabla 54. Duración total de paradas imprevistas (DZ009)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	3	7,1%
Mantto por accidente	8	19,0%
Demora externa a mantto	10	23,8%
Motor Diesel	18	42,9%
Transmision	3	7,1%
Electro 24 V	0	0,0%
Total	42	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 56. Duración total de paradas imprevistas (DZ009)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 43 % de paradas imprevistas fue por falla en el sistema de motor diésel, el 24 % fue por problemas en la transmisión.

Estos factores impactaron en la duración total de paradas imprevistas.

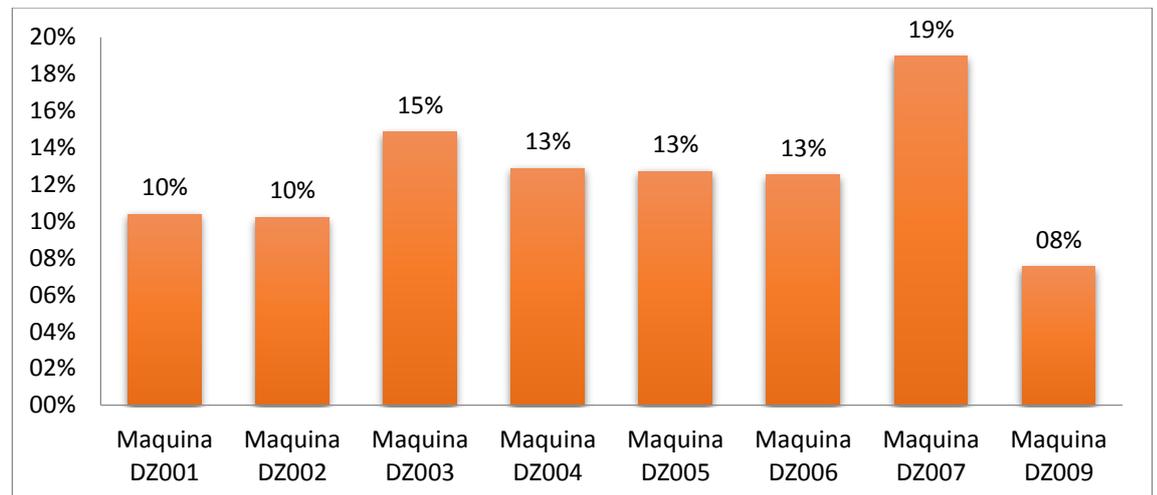
**4.1.2.8 Evaluación de las principales paradas imprevistas en la flota**

Tabla 55. Duración total de paradas imprevistas por equipo

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	58	10,4%
Maquina DZ002	57	10,2%
Maquina DZ003	83	14,8%
Maquina DZ004	72	12,9%
Maquina DZ005	71	12,7%
Maquina DZ006	70	12,5%
Maquina DZ007	106	19,0%
Maquina DZ009	42	7,5%
Total	559	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 57. Duración total de paradas imprevistas por equipo



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el 19 % de paradas imprevistas fue en el equipo DZ007 por falla en el sistema de motor diésel y el segundo equipo que sigue con 15% de paradas imprevistas fue el DZ003 por problemas en la transmisión.

## **4.2 IMPLEMENTACION DE MEJORAS**

Al realizar el diagnóstico se identificó las principales falencias de la gestión de mantenimiento, tanto a nivel de la mantenibilidad como de la disponibilidad, por ello se proponen las siguientes mejoras a continuación, las cuales se pondrán en práctica durante los 6 meses posteriores del año 2017 (Julio – Diciembre).

### **4.2.1 IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA MANTENIBILIDAD**

#### **4.2.1.1 Campañas de lavado de radiador**

Esta campaña implementa un mantenimiento preventivo, ya que al analizar las principales razones por las que falla el equipo, el radiador es una de las principales causas que genera una parada de larga duración, por lo tanto en los PM4, se realiza el lavado de estos para prolongar su vida útil y evitar posibles paradas imprevistas en campo. (Anexo B – Mejoras en la mantenibilidad)

#### **4.2.1.2 Inspección de análisis vibracional**

Durante los últimos acontecimientos ocurridos en los meses que se realizó el diagnóstico, se pudo observar que la cabina del operador presenta una considerable vibración teniendo como consecuencia el deterioro temprano del asiento del operador y todo lo que involucra la cabina, por lo que se optó por realizar una inspección durante los mantenimientos programados, de esta manera tener controlado esta deficiencia o si es necesario corregirla en el momento, para evitar de esta manera posibles paradas en campo. (Anexo B – Mejoras en la mantenibilidad)

#### **4.2.1.3 Formato de demora**

Con este formato se puede tener registrado todas las demoras durante el mantenimiento programado así como las demoras adversas al mantenimiento

que realiza Komatsu Mitsui, de esta forma se puede tener controlado e identificado las principales causas de imprevistas para poder realizar campañas de mejora o inspecciones en campo más exhaustivas. (Anexo B – Mejoras en la mantenibilidad)

#### **4.2.1.3 PIC (programa de intercambio de componentes)**

El programa de intercambio de componentes es un control que se implementó para tener un registro de todos los cambios importantes que se tiene de un equipo, ayuda a poder identificar si es necesario un cambio antes de que el equipo pare en campo como también a movilizar componentes mayores con un tiempo prudente antes de que el equipo quede inoperativo por alguna falla relacionada con esto.

#### **4.2.1.3 Kit de reparación**

Se desarrolló los kit de reparación, estos son usados en componentes mayores, para los cuales son utilizados repuestos adicionales que no se contemplaban anteriormente, por ello se implementaron para optimizar el tiempo durante un mantenimiento programado.

#### **4.2.1.4 Capacitación del personal**

Al realizar el análisis de las principales causas de demora durante un mantenimiento programado, se identificó que el personal capacitado para este tipo de mantenimiento es muy escaso, por lo tanto se programaron más capacitaciones para tener personal calificado y de esta manera optimizar los tiempos de mantenimiento. (Anexo B – Mejoras en la mantenibilidad)



## **4.2.2 IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA DISPONIBILIDAD**

### **4.2.2.1 Formato de inspección en campo**

Este formato es utilizado para realizar inspecciones en campo, cuando el equipo pare por una falla o también como aprovechamiento de parada. De esta manera al realizar esta inspección se podrán realizar los backlogs, identificando los futuros trabajos que se realizará cuando el equipo entre en un mantenimiento programado. (Anexo C – Mejoras en la disponibilidad)

### **4.2.2.2 Implementación de la bitácora del operador**

Este formato es llenado por el operador del equipo, donde registra todas las fallas o indicios de alerta que ocurre durante la utilización de la máquina, de esta manera se puede llevar el control de las posibles futuras reparaciones, así como la programación de estos trabajos dentro de un mantenimiento programado.

### **4.2.2.3 Implementación del Taw Haul**

Se implementó un nuevo equipo de remolque el Taw Haul, que ayuda al traslado de los equipos parados al taller de mantenimiento, reduciendo de esta manera su tiempo de parada y evitando el desgaste de la carrilera durante el traslado.

**4.3 RESULTADOS DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS (JULIO – DICIEMBRE)**

**4.3.1 Tiempo medio de reparación**

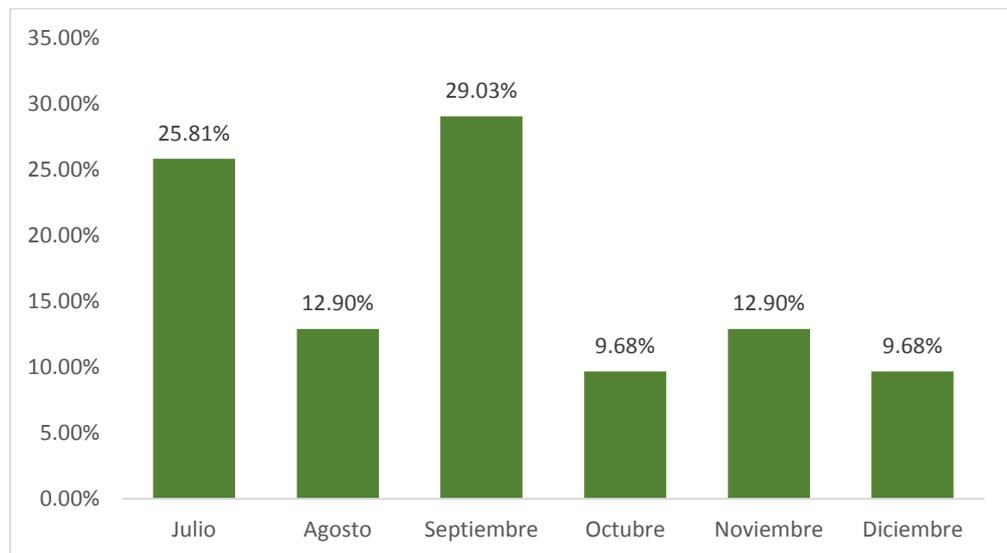
**4.3.1.1 Número de mantenimientos programados de los equipos de la flota**

Tabla 56. *Número de mantenimiento programado (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	8	25.81%
Agosto	4	12.90%
Septiembre	9	29.03%
Octubre	3	9.68%
Noviembre	4	12.90%
Diciembre	3	9.68%
Total	31	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 58. *Número de mantenimiento programado (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que en el mes de Setiembre en el equipo DZ001, se alcanzó un porcentaje 29.03%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de

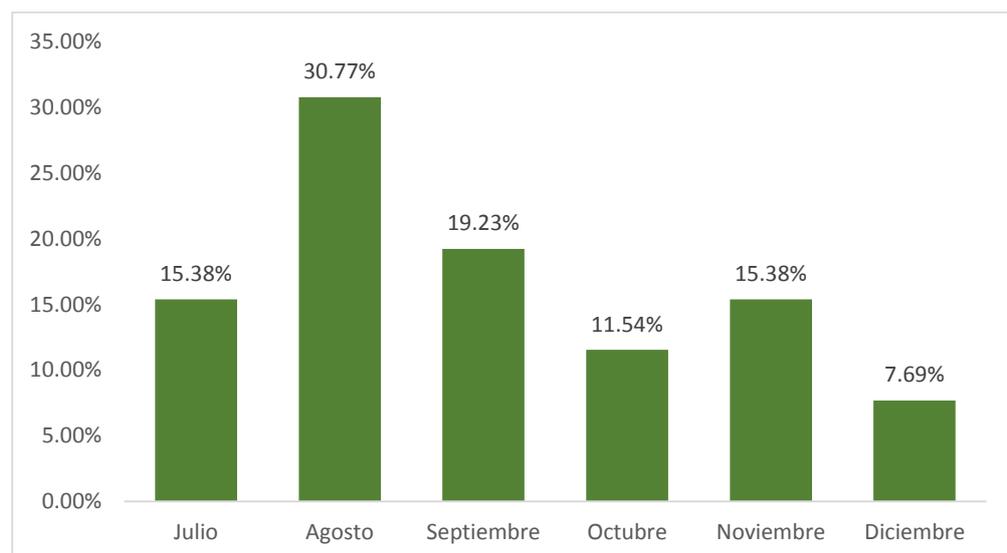
trabajo. Sin embargo en Octubre se alcanzó un 9.68%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 57. *Número de mantenimiento programado (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	4	15.38%
Agosto	8	30.77%
Septiembre	5	19.23%
Octubre	3	11.54%
Noviembre	4	15.38%
Diciembre	2	7.69%
Total	26	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 59. *Número de mantenimiento programado (DZ002)*



Fuente: Elaboración propia

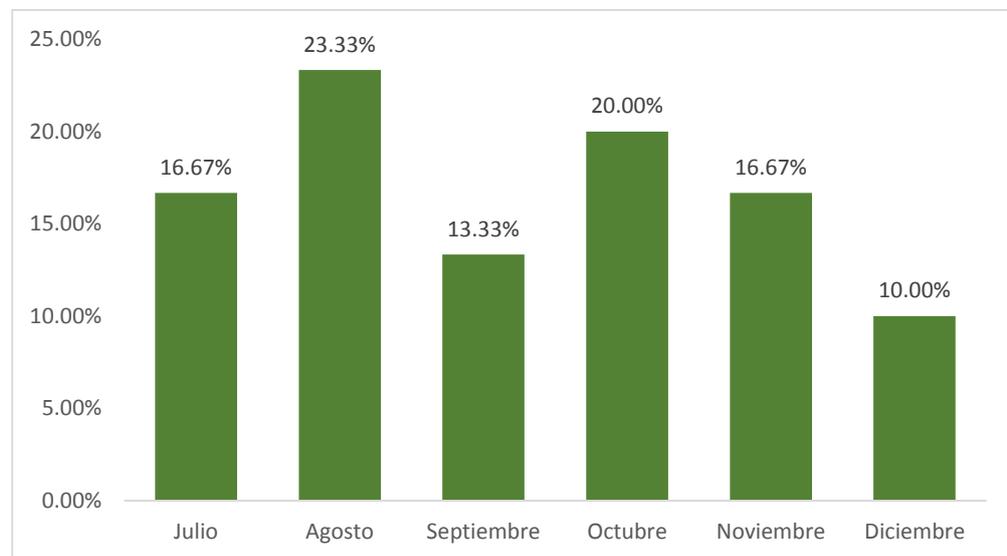
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Agosto en el equipo DZ002, se alcanzó un porcentaje 30.77%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 7.69%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 58. *Número de mantenimiento programado (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	5	16.67%
Agosto	7	23.33%
Septiembre	4	13.33%
Octubre	6	20.00%
Noviembre	5	16.67%
Diciembre	3	10.00%
Total	30	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 60. *Número de mantenimiento programado (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

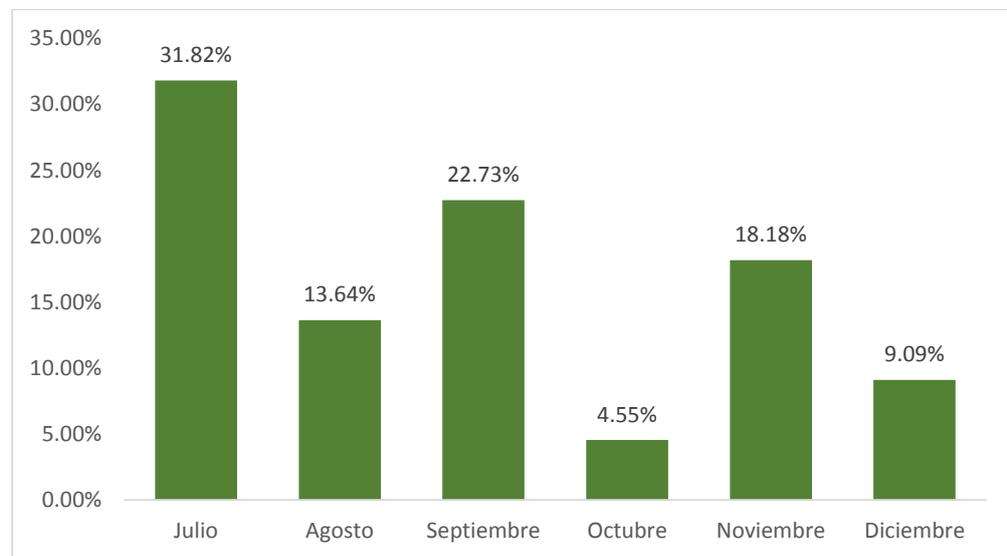
Se observa que en el mes de Agosto en el equipo DZ003, se alcanzó un porcentaje 23.33%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 10.0%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 59. Número de mantenimiento programado (DZ004)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	7	31.82%
Agosto	3	13.64%
Septiembre	5	22.73%
Octubre	1	4.55%
Noviembre	4	18.18%
Diciembre	2	9.09%
Total	22	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 61. Número de mantenimiento programado (DZ004)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

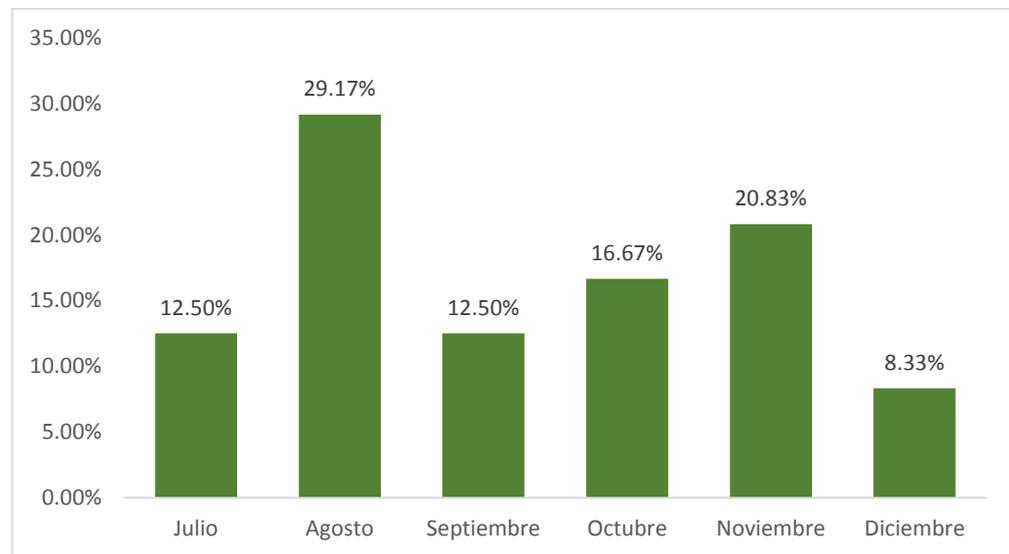
Se observa que en el mes de Julio en el equipo DZ004, se alcanzó un porcentaje 31.82 %, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Octubre se alcanzó un 4.55 %, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 60. Número de mantenimiento programado (DZ005)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	3	12.50%
Agosto	7	29.17%
Septiembre	3	12.50%
Octubre	4	16.67%
Noviembre	5	20.83%
Diciembre	2	8.33%
Total	24	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 62. Número de mantenimiento programado (DZ005)



Fuente: Elaboración propia

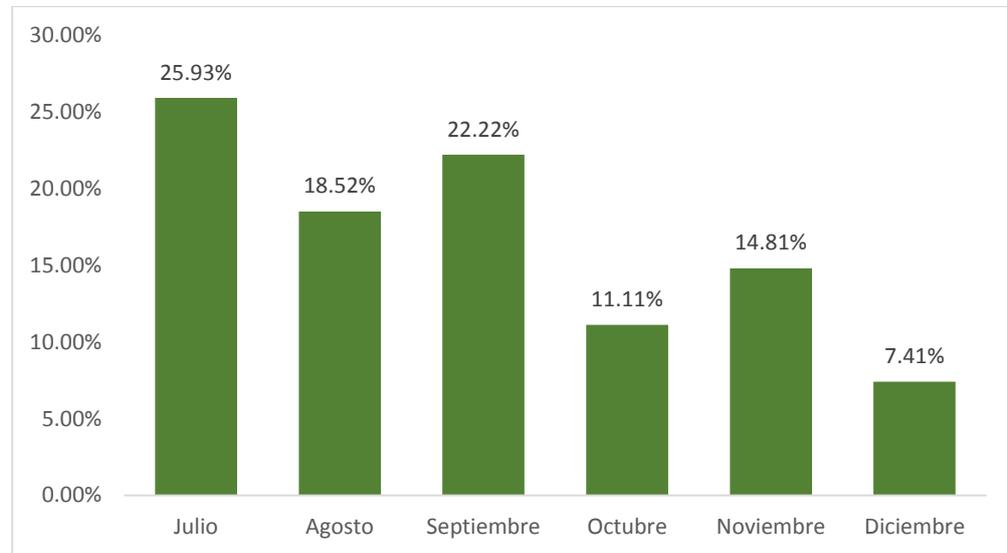
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Agosto en el equipo DZ005, se alcanzó un porcentaje 29.17 %, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 8.33%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 61. *Número de mantenimiento programado (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	7	25.93%
Agosto	5	18.52%
Septiembre	6	22.22%
Octubre	3	11.11%
Noviembre	4	14.81%
Diciembre	2	7.41%
Total	27	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 63. *Número de mantenimiento programado (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

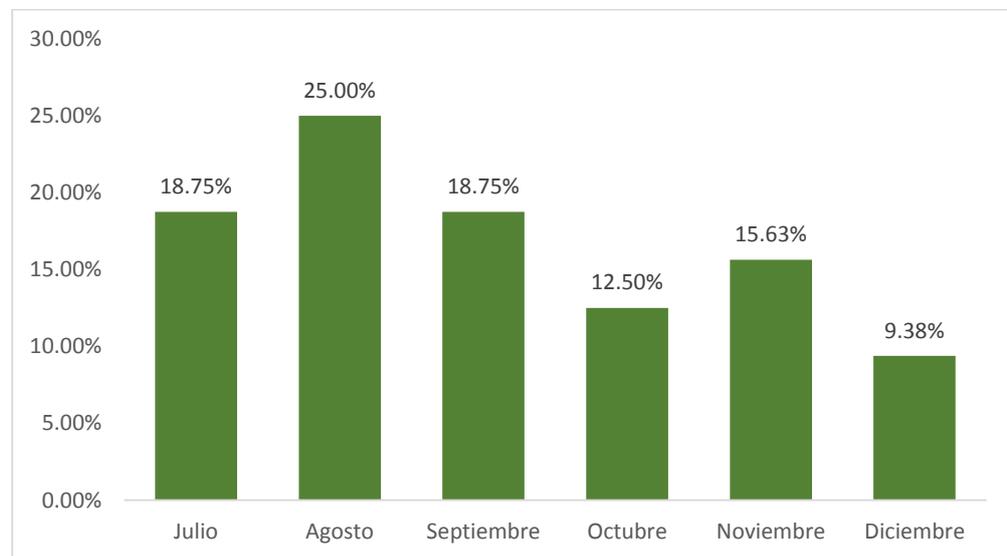
Se observa que en el mes de Julio en el equipo DZ006, se alcanzó un porcentaje 25.93%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 7.41%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 62. Número de mantenimiento programado (DZ007)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	6	18.75%
Agosto	8	25.00%
Septiembre	6	18.75%
Octubre	4	12.50%
Noviembre	5	15.63%
Diciembre	3	9.38%
Total	32	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 64. Número de mantenimiento programado (DZ007)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

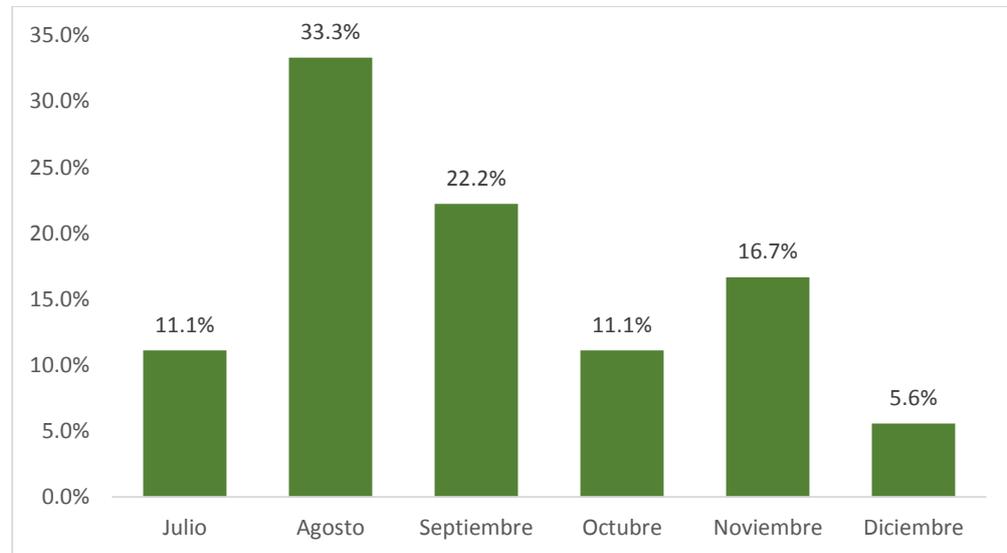
Se observa que en el mes de Agosto en el equipo DZ007, se alcanzó un porcentaje 25.0%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 9.38%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

Tabla 63. Número de mantenimiento programado (DZ009)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	2	11.1%
Agosto	6	33.3%
Septiembre	4	22.2%
Octubre	2	11.1%
Noviembre	3	16.7%
Diciembre	1	5.6%
Total	18	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 65. Número de mantenimiento programado (DZ009)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Agosto en el equipo DZ009, se alcanzó un porcentaje 33.3%, lo cual nos indica que el mayor tiempo de paradas programadas se dio en este mes, representado por una frecuencia de turnos de trabajo. Sin embargo en Diciembre se alcanzó un 5.6%, lo cual nos indica que el tiempo de paradas programadas fue menor a comparación de otros meses.

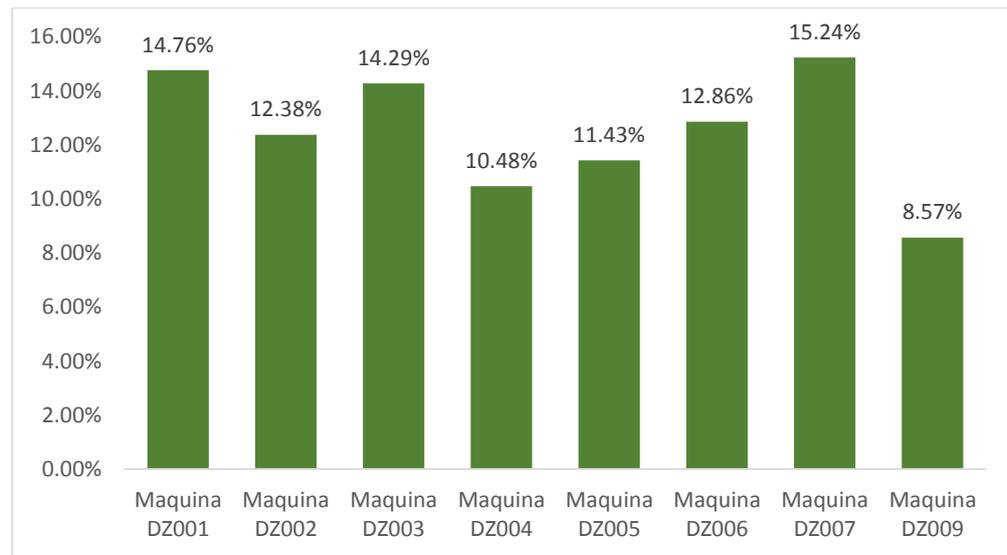
**4.3.1.2 Evaluación del número de mantenimientos programados de los equipos de la flota**

Tabla 64. *Número total de mantenimiento programado por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	31	14.76%
Maquina DZ002	26	12.38%
Maquina DZ003	30	14.29%
Maquina DZ004	22	10.48%
Maquina DZ005	24	11.43%
Maquina DZ006	27	12.86%
Maquina DZ007	32	15.24%
Maquina DZ009	18	8.57%
Total	210	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 66. *Número total de mantenimiento programado por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el equipo DZ007 presenta un alto porcentaje de tiempos de paradas programadas por turno con un 15.24 % y que el equipo con menor tiempo de parada programada es el DZ009 con un 8.57%.

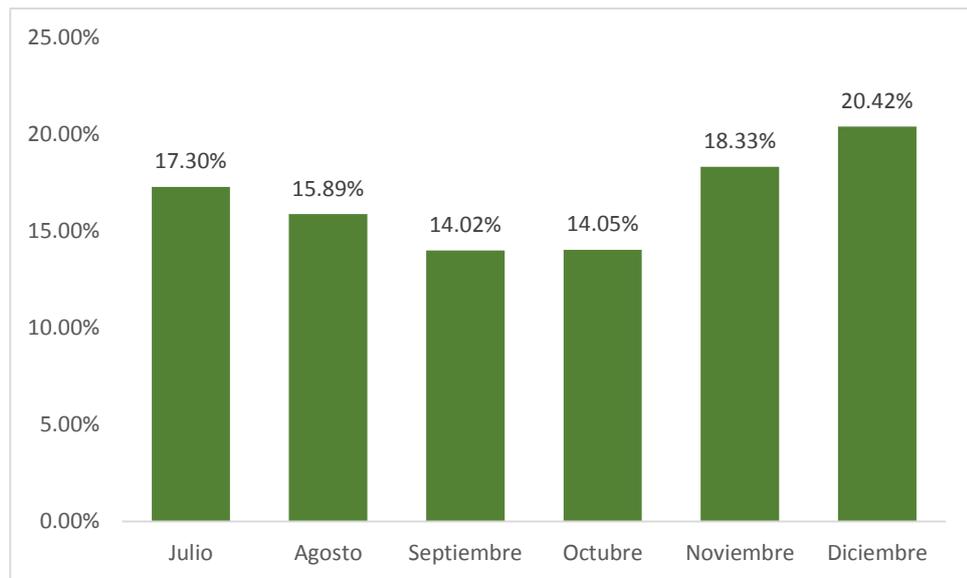
**4.3.1.3 Duración del mantenimiento programado de los equipos de la flota**

Tabla 65. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)*

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Julio	578	17,30%
Agosto	689	15,89%
Septiembre	526	14,02%
Octubre	527	14,05%
Noviembre	586	18,33%
Diciembre	689	20,42%
<b>Total</b>	<b>3595</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 67. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

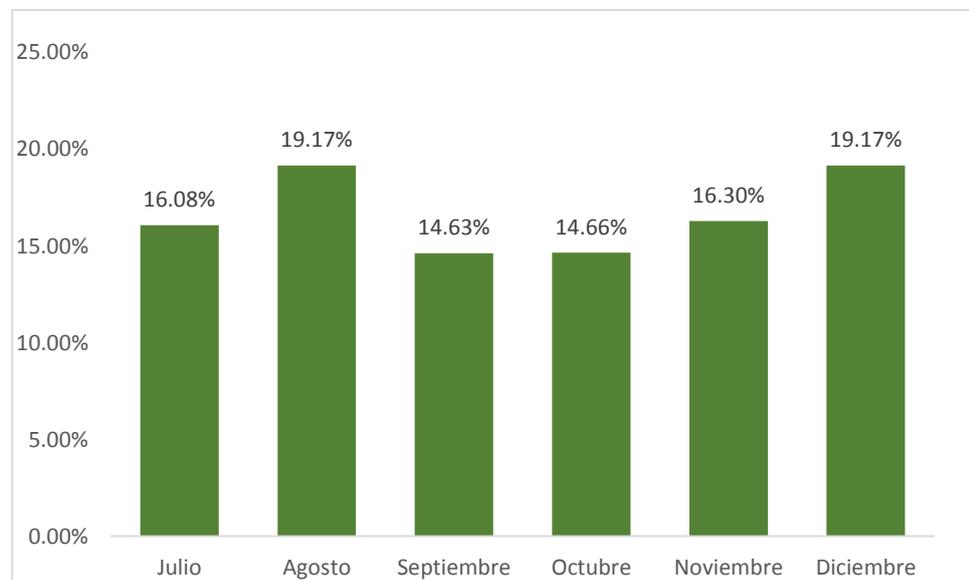
**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ001 presentó 20.42% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Octubre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 14.05% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 66. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	578	16,08%
Agosto	689	19,17%
Septiembre	526	14,63%
Octubre	527	14,66%
Noviembre	586	16,30%
Diciembre	689	19,17%
Total	3595	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 68. *Número de horas de mantenimiento programado (DZ002)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

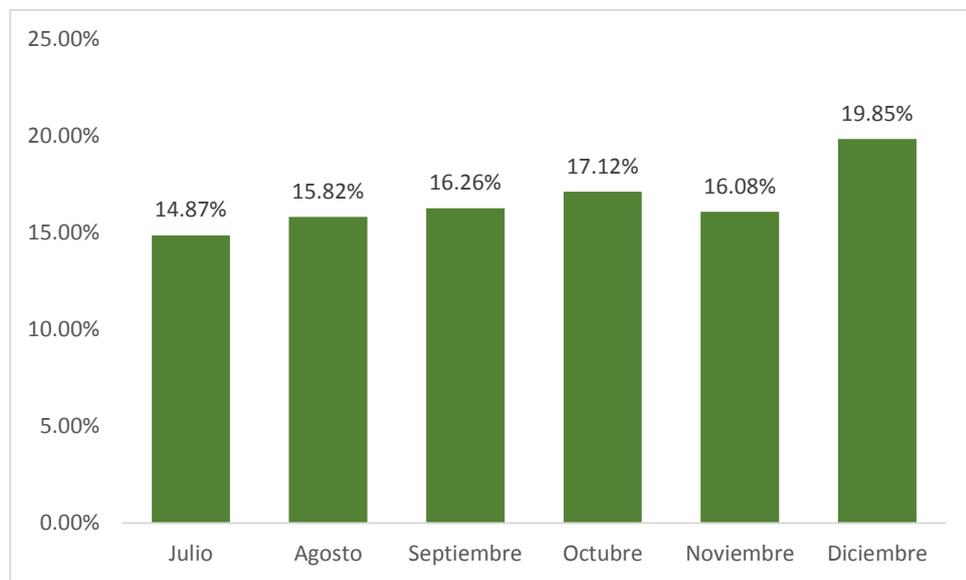
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ002 presentó 19.7 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Setiembre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 14.63% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 67. Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	502	14,87%
Agosto	534	15,82%
Septiembre	549	16,26%
Octubre	578	17,12%
Noviembre	543	16,08%
Diciembre	670	19,85%
Total	3376	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 69. Número de horas de mantenimiento programado (DZ003)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

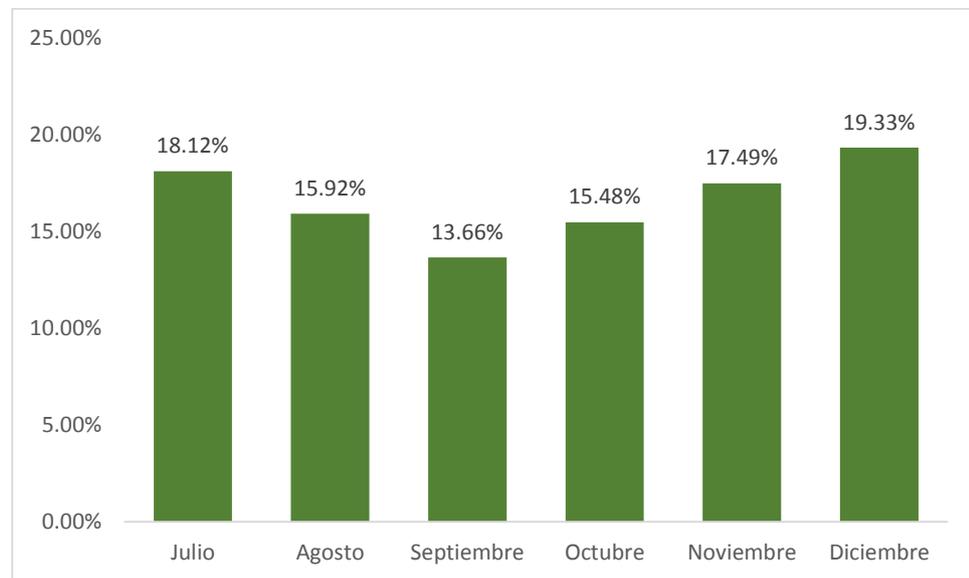
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ003 presentó 19.85% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Julio el equipo presenta mayor disponibilidad con un 14.87% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 68. Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	658	18,12%
Agosto	578	15,92%
Septiembre	496	13,66%
Octubre	562	15,48%
Noviembre	635	17,49%
Diciembre	702	19,33%
Total	3631	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 70. Número de horas de mantenimiento programado (DZ004)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

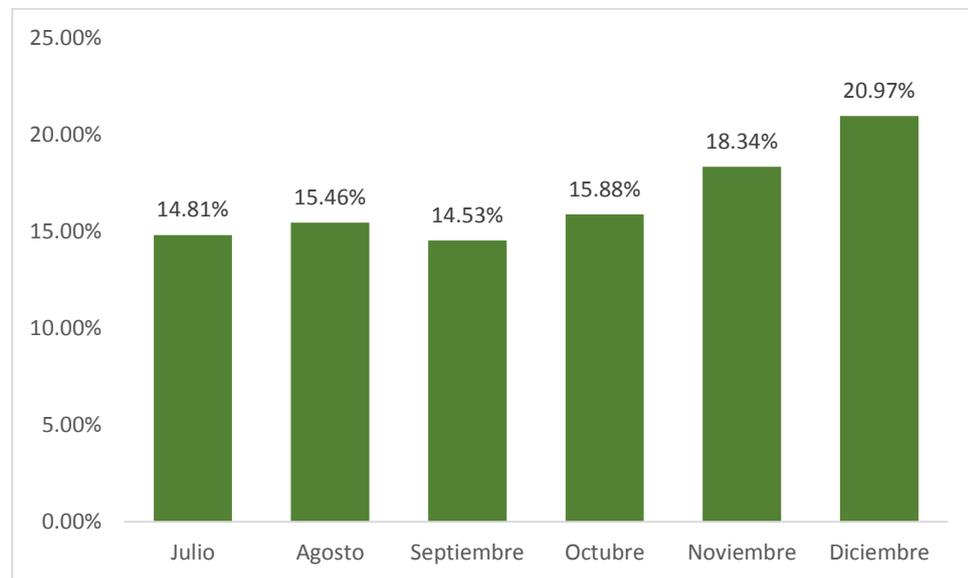
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ004 presentó 19.33% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Setiembre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 13.66% de horas de

Tabla 69. Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	524	14,81%
Agosto	547	15,46%
Septiembre	514	14,53%
Octubre	562	15,88%
Noviembre	649	18,34%
Diciembre	742	20,97%
Total	3538	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 71. Número de horas de mantenimiento programado (DZ005)



Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

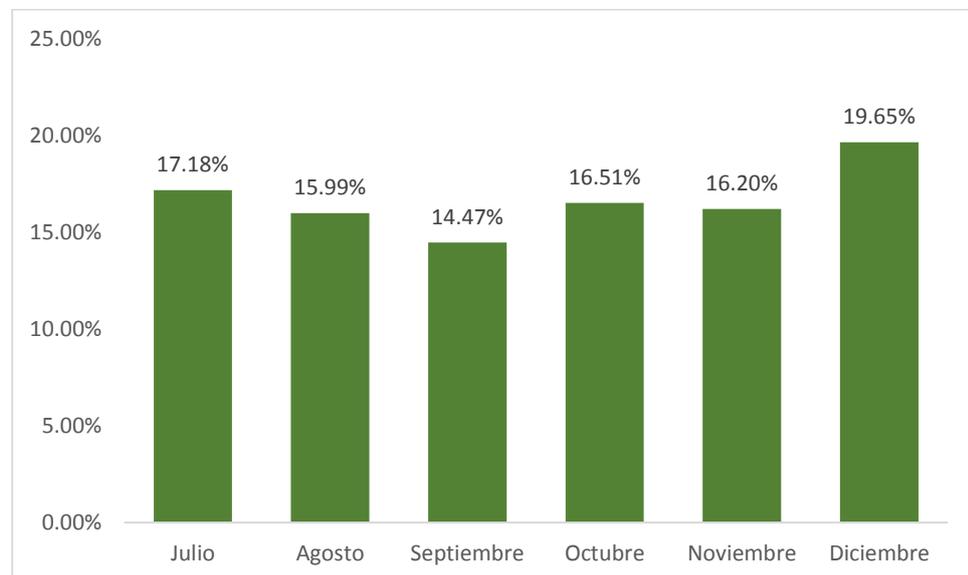
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ005 presentó 20.97 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Setiembre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 14.53% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 70. Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	564	17,18%
Agosto	525	15,99%
Septiembre	475	14,47%
Octubre	542	16,51%
Noviembre	532	16,20%
Diciembre	645	19,65%
Total	3283	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 72. Número de horas de mantenimiento programado (DZ006)



Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

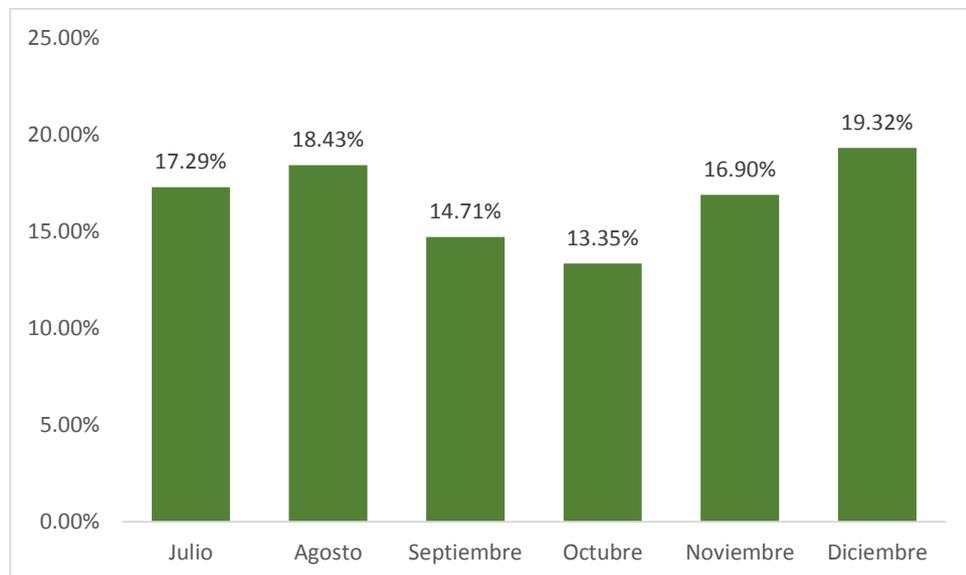
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ006 presentó 19.65% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Setiembre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 14.47% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 71. Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	657	17,29%
Agosto	700	18,43%
Septiembre	559	14,71%
Octubre	507	13,35%
Noviembre	642	16,90%
Diciembre	734	19,32%
Total	3799	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 73. Número de horas de mantenimiento programado (DZ007)



Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

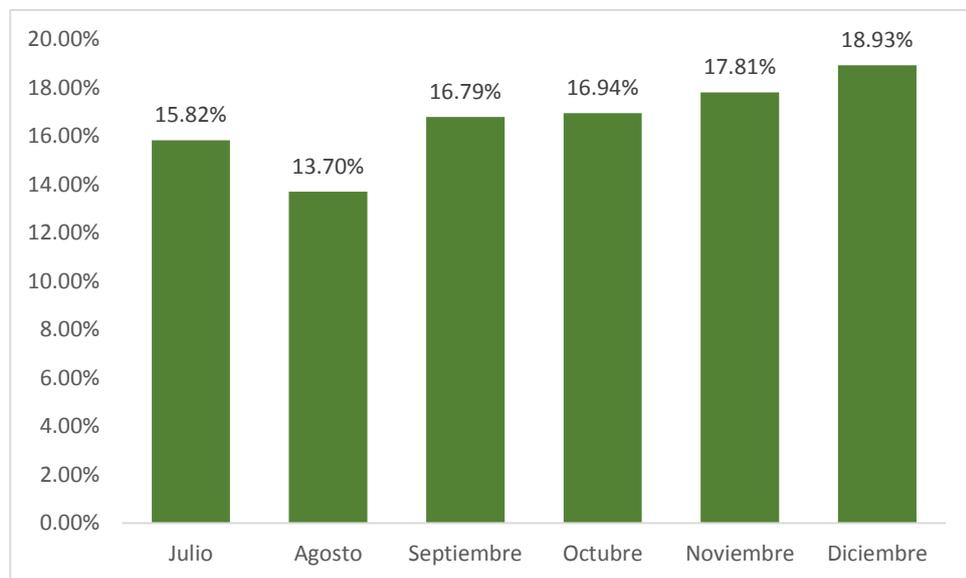
Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ007 presentó 19.32% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Octubre el equipo presenta mayor disponibilidad con un 13.35% de horas de mantenimiento programado.

Tabla 72. Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	620	15,82%
Agosto	537	13,70%
Septiembre	658	16,79%
Octubre	664	16,94%
Noviembre	698	17,81%
Diciembre	742	18,93%
Total	3919	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 74. Número de horas de mantenimiento programado (DZ009)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Por un lado, se observa que en el mes de Diciembre el DZ009 presentó 18.93% de número de horas de mantenimiento programado, es decir la parada programada con mayor duración de horas. Por otro lado, en el mes de Agosto el equipo presenta mayor disponibilidad con un 13.70% de horas de mantenimiento programado.

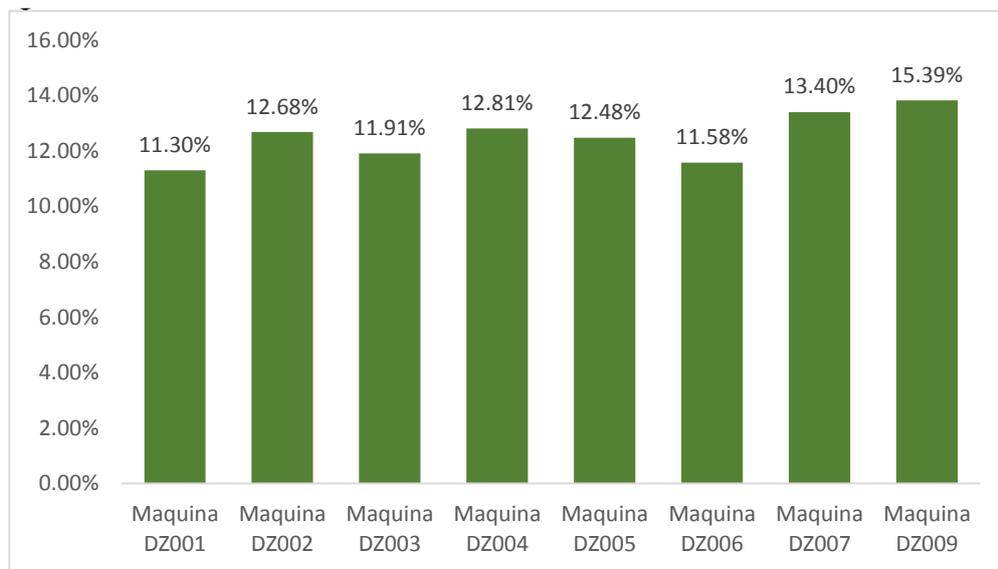
**4.3.1.4 Evaluación de la duración del mantenimiento programado en los equipos de la flota**

Tabla 73. Número de horas totales operadas de julio a diciembre por equipo

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	3203	11,30%
Maquina DZ002	3595	12,68%
Maquina DZ003	3376	11,91%
Maquina DZ004	3631	12,81%
Maquina DZ005	3538	12,48%
Maquina DZ006	3283	11,58%
Maquina DZ007	3799	13,40%
Maquina DZ009	4120	15,83%
Total	28344	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia  
Gráfico 75. Número de horas total de mantenimiento programado por equipo



**ION Y ANALISIS**

Por un lado, se observa que en el DZ009 obtuvo un 15.39 % de número de horas de mantenimiento programado, es decir el equipo con mayor duración de horas programadas. Por otro lado, el DZ006 es el equipo que presenta mayor disponibilidad con un 11.58% de horas de mantenimiento programado.

### 4.3.2 Tiempo medio entre fallas

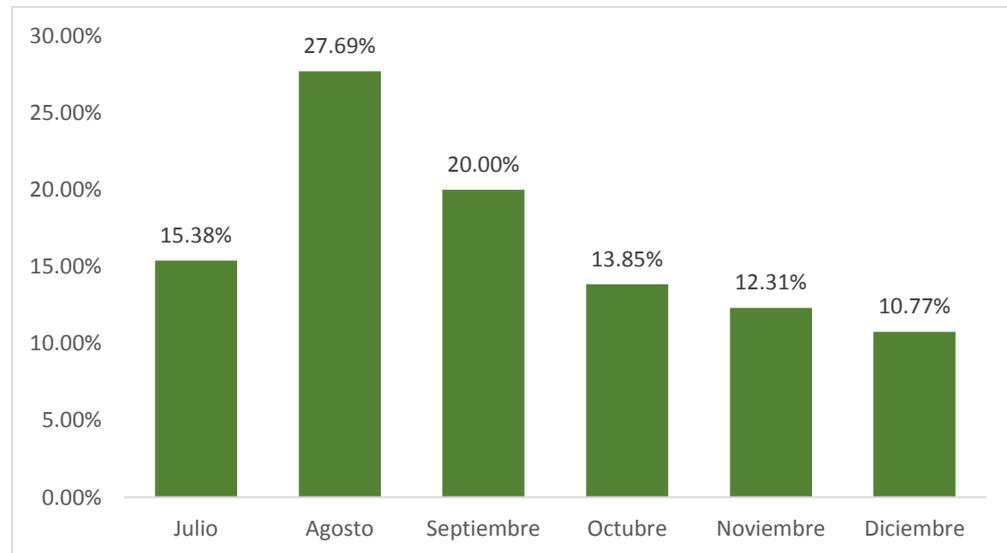
#### 4.3.2.1 Número de intervenciones no programadas de los equipos de la flota

Tabla 74. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	10	15.38%
Agosto	18	27.69%
Septiembre	13	20.00%
Octubre	9	13.85%
Noviembre	8	12.31%
Diciembre	7	10.77%
Total	65	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 76. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

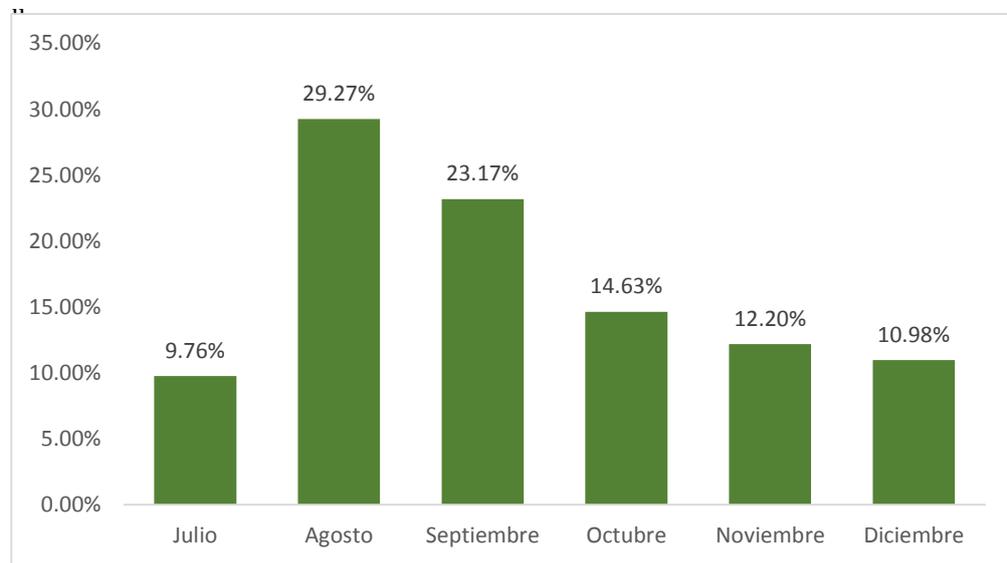
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Agosto el equipo DZ001 alcanzó 27.69% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Diciembre se alcanzó un 10.77 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 75. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	8	9.76%
Agosto	24	29.27%
Septiembre	19	23.17%
Octubre	12	14.63%
Noviembre	10	12.20%
Diciembre	9	10.98%
Total	82	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 77. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*

Elaboración propia

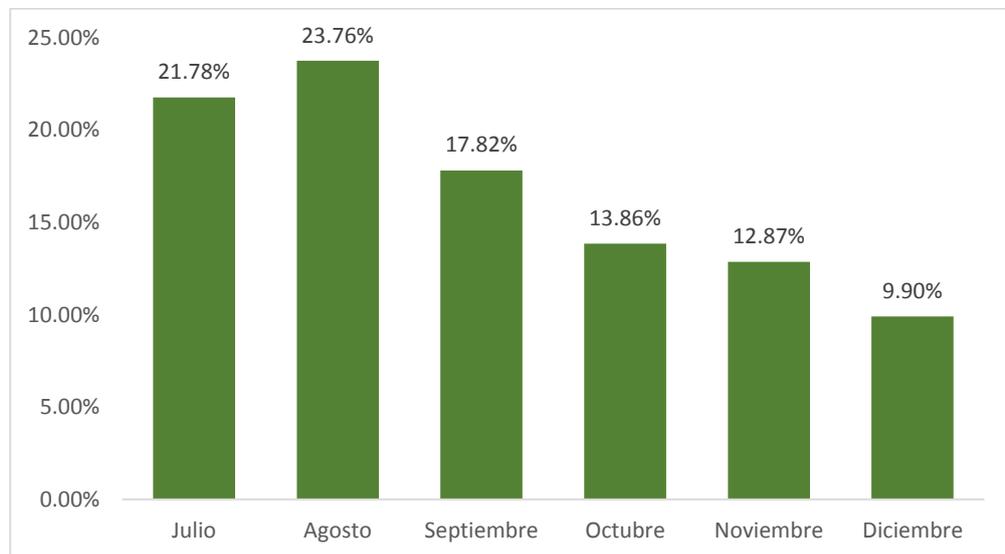
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Agosto el equipo DZ002 alcanzó 29.27% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Julio se alcanzó un 9.76 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 76. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	22	21.78%
Agosto	24	23.76%
Septiembre	18	17.82%
Octubre	14	13.86%
Noviembre	13	12.87%
Diciembre	10	9.90%
Total	101	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 78. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

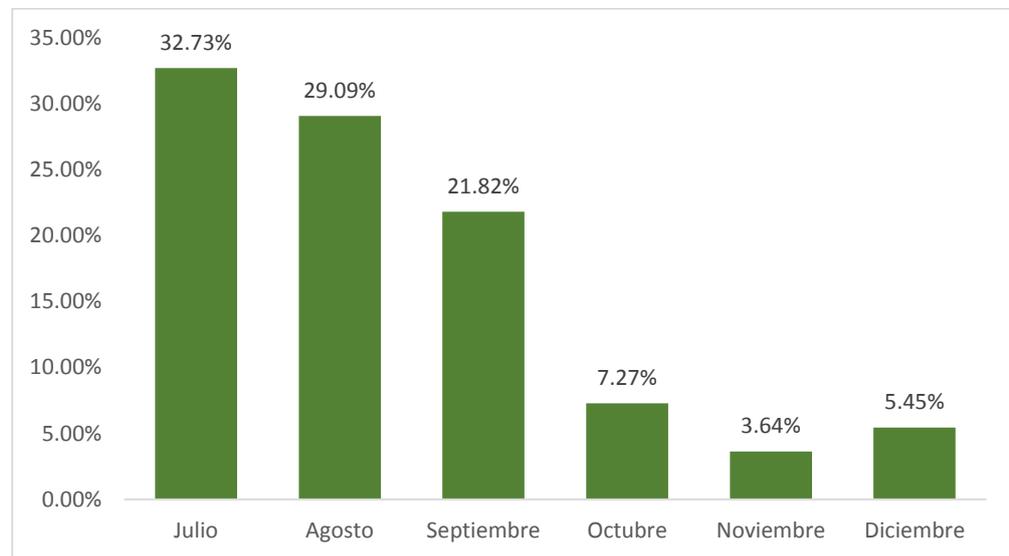
Se observa que en el mes Agosto el equipo DZ003 alcanzó 23.76% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Diciembre se alcanzó un 9.90 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 77. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	18	32.73%
Agosto	16	29.09%
Septiembre	12	21.82%
Octubre	4	7.27%
Noviembre	2	3.64%
Diciembre	3	5.45%
Total	55	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 79. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*



Fuente: Elaboración propia

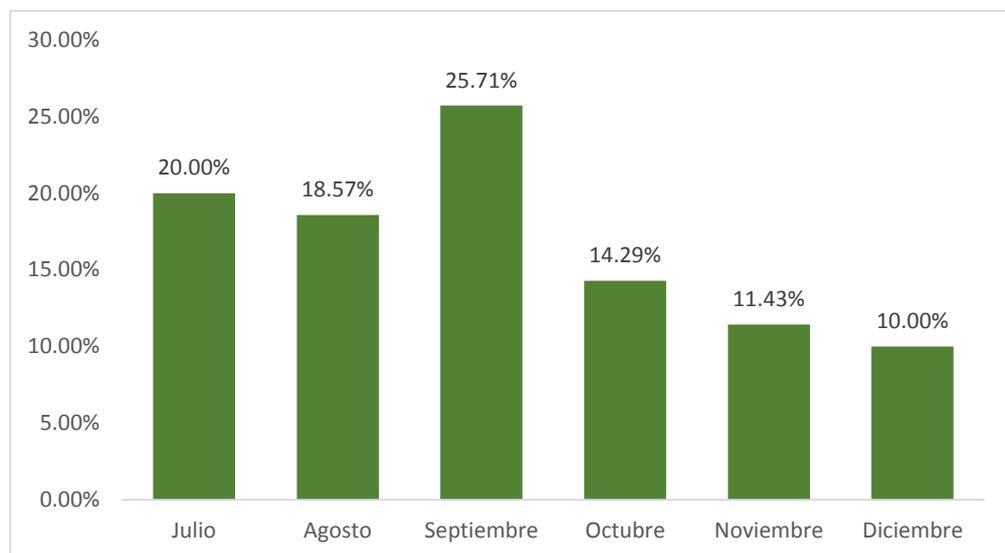
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Julio el equipo DZ004 alcanzó 32.73% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Noviembre se alcanzó un 3.64 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 78. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	14	20.00%
Agosto	13	18.57%
Septiembre	18	25.71%
Octubre	10	14.29%
Noviembre	8	11.43%
Diciembre	7	10.00%
Total	70	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 80. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

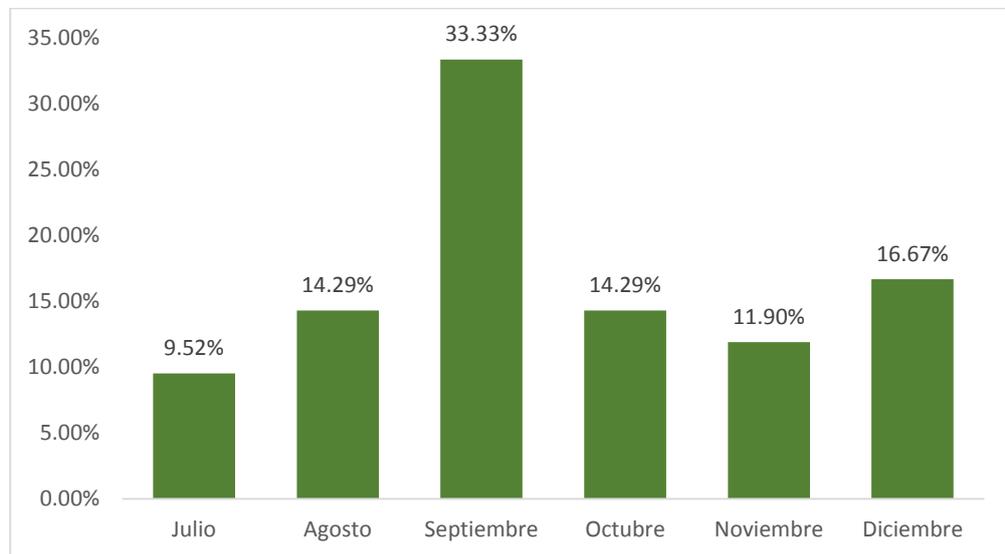
## INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Setiembre el equipo DZ005 alcanzó 25.71% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Diciembre se alcanzó un 10 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 79. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	4	9.52%
Agosto	6	14.29%
Septiembre	14	33.33%
Octubre	6	14.29%
Noviembre	5	11.90%
Diciembre	7	16.67%
Total	42	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 81. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

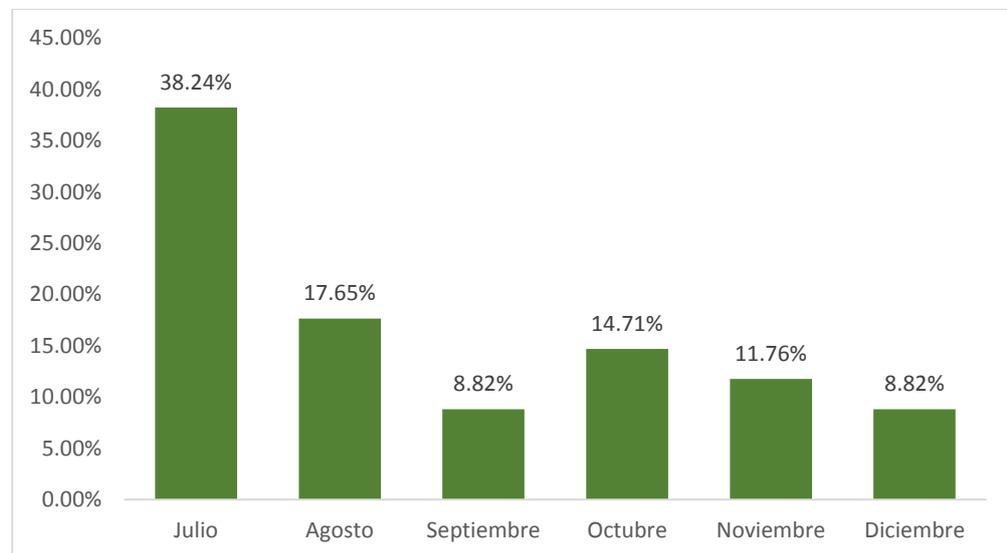
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes de Setiembre el equipo DZ006 alcanzó 33.33% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Julio se alcanzó un 9.52 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 80. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	13	38.24%
Agosto	6	17.65%
Septiembre	3	8.82%
Octubre	5	14.71%
Noviembre	4	11.76%
Diciembre	3	8.82%
Total	34	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 82. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

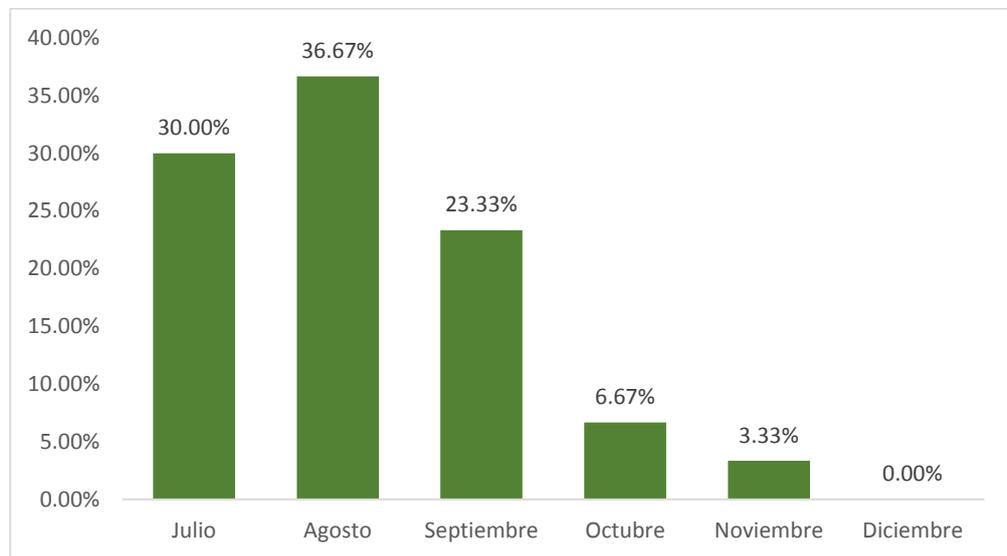
Se observa que en el mes Julio el equipo DZ007 alcanzó 38.24% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Diciembre se alcanzó un 8.82 %, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

Tabla 81. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	9	30.00%
Agosto	11	36.67%
Septiembre	7	23.33%
Octubre	2	6.67%
Noviembre	1	3.33%
Diciembre	0	0.00%
Total	30	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 83. *Número de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que en el mes Agosto el equipo DZ009 alcanzó 36.67% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo en Noviembre se alcanzó un 3.33%, lo cual nos indica las paradas no programadas fue mínima.

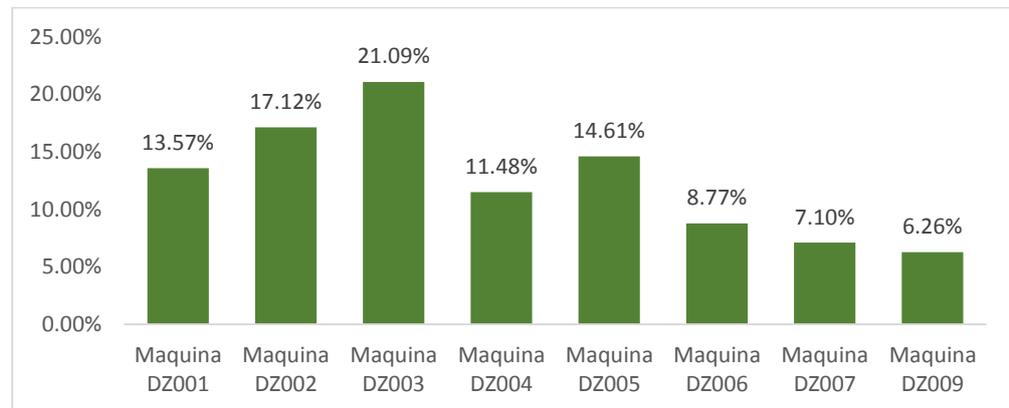
**4.3.2.2 Evaluación del número de intervenciones no programadas de los equipos de la flota**

Tabla 82. *Número total de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	65	13.57%
Maquina DZ002	82	17.12%
Maquina DZ003	101	21.09%
Maquina DZ004	55	11.48%
Maquina DZ005	70	14.61%
Maquina DZ006	42	8.77%
Maquina DZ007	34	7.10%
Maquina DZ009	30	6.26%
Total	479	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 84. *Número total de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el equipo DZ003 alcanzó un 21.09% de paradas no programadas, representado por una frecuencia de turnos de trabajos, sin embargo el DZ009 alcanzó un 6.26 %, lo cual nos indica que sus paradas no programadas fue mínima.

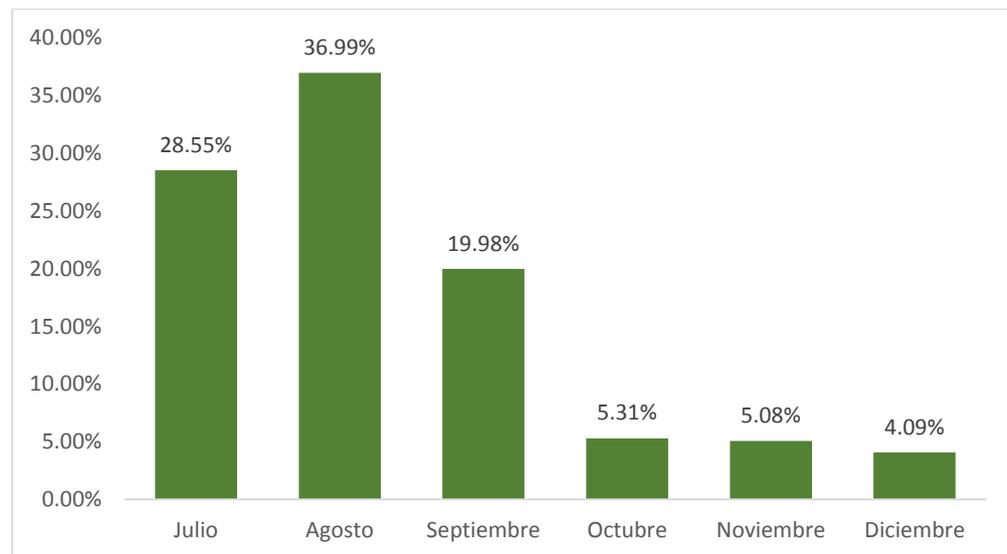
### 4.3.2.3 Duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota

Tabla 83. Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	140.91	28.55%
Agosto	182.56	36.99%
Septiembre	98.59	19.98%
Octubre	26.18	5.31%
Noviembre	25.08	5.08%
Diciembre	20.17	4.09%
Total	493.49	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 85. Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ001)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

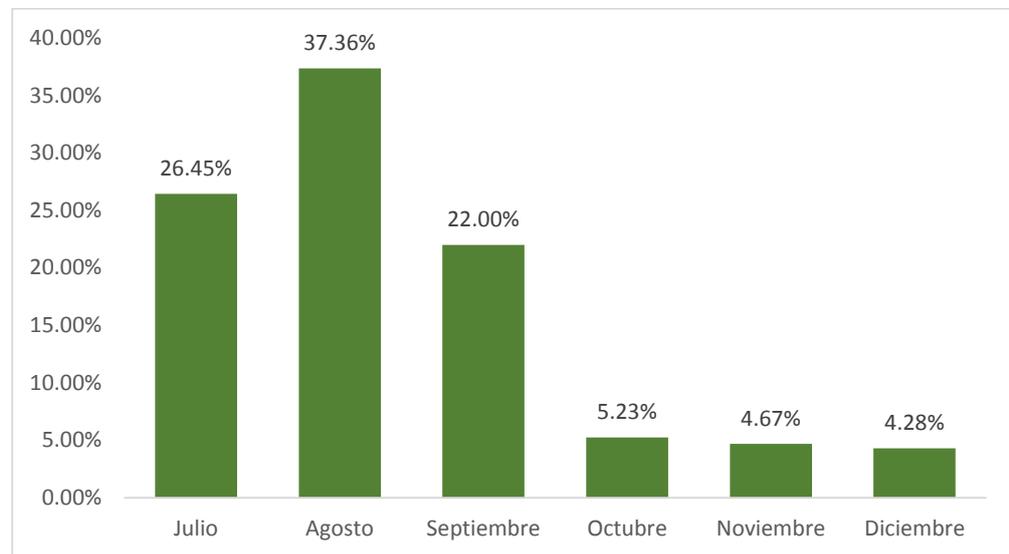
Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Agosto con 36.99%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 4.09 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 84. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	142.41	26.45%
Agosto	201.15	37.36%
Septiembre	118.48	22.00%
Octubre	28.17	5.23%
Noviembre	25.17	4.67%
Diciembre	23.07	4.28%
Total	538.45	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 86. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ002)*



Fuente: Elaboración propia

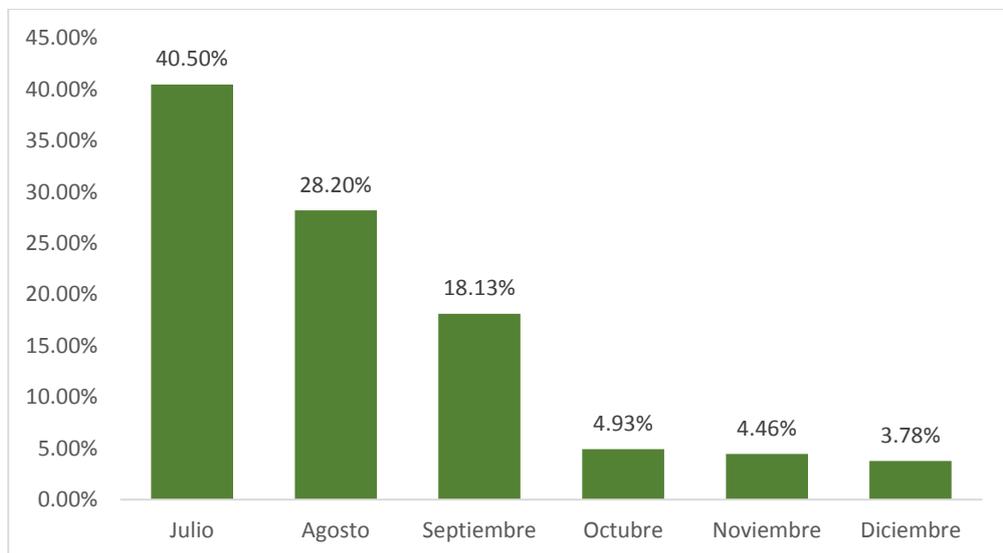
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Agosto con 39.36%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 4.28 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 85. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	210.48	40.50%
Agosto	146.58	28.20%
Septiembre	94.24	18.13%
Octubre	25.61	4.93%
Noviembre	23.17	4.46%
Diciembre	19.67	3.78%
Total	519.75	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 87. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

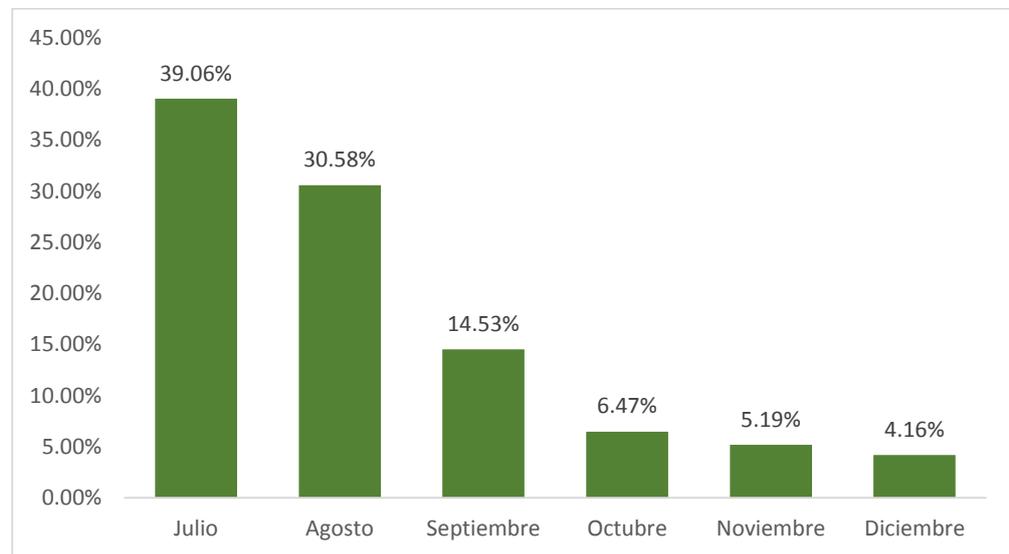
Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Julio con 40.50%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 3.78%, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 86. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	219.55	39.06%
Agosto	171.93	30.58%
Septiembre	81.69	14.53%
Octubre	36.38	6.47%
Noviembre	29.18	5.19%
Diciembre	23.41	4.16%
Total	562.14	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 88. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ004)*



Fuente: Elaboración propia

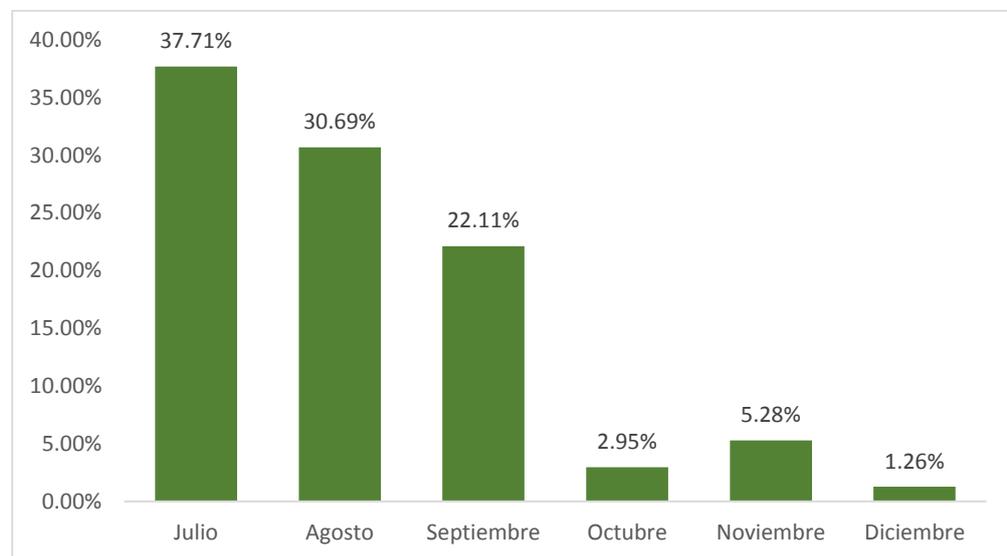
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Julio con 39.6%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 4.16 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 87. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	131.72	37.71%
Agosto	107.21	30.69%
Septiembre	77.25	22.11%
Octubre	10.31	2.95%
Noviembre	18.45	5.28%
Diciembre	4.39	1.26%
Total	349.33	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 89. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ005)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

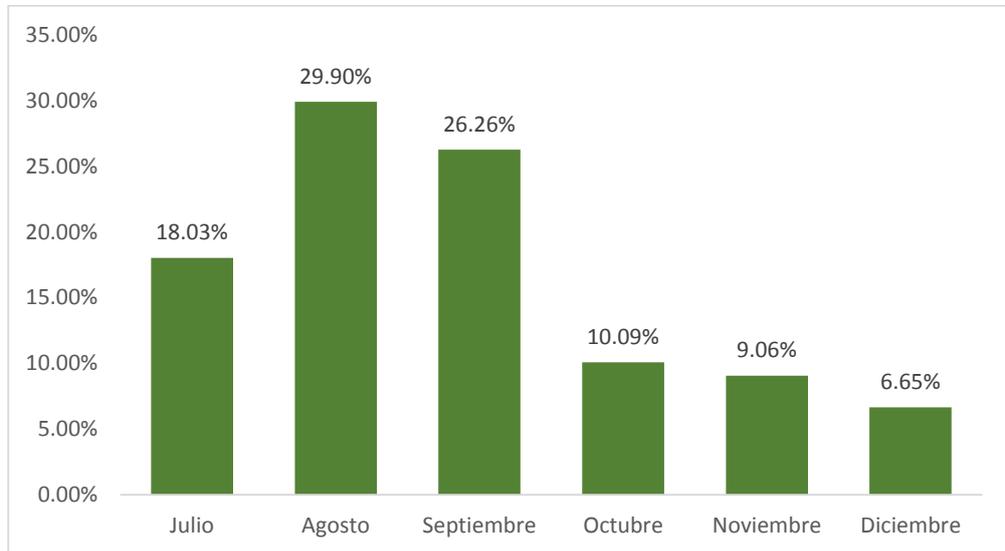
Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Julio con 37.71%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 1.26 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 88. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	58.03	18.03%
Agosto	96.23	29.90%
Septiembre	84.49	26.26%
Octubre	32.47	10.09%
Noviembre	29.17	9.06%
Diciembre	21.41	6.65%
Total	321.8	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 90. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ006)*



Fuente: Elaboración propia

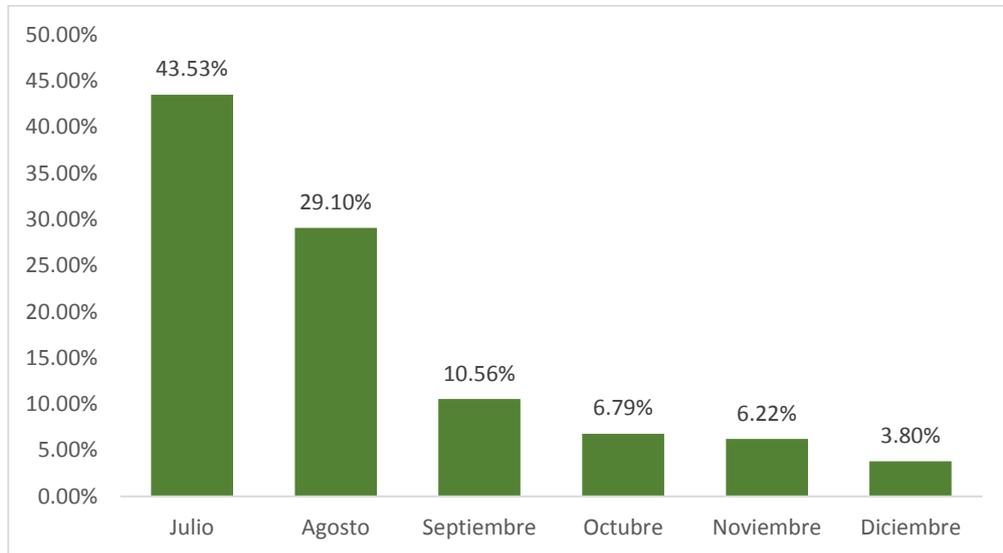
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Agosto con 29.9%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 6.65%, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 89. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	117.99	43.53%
Agosto	78.86	29.10%
Septiembre	28.61	10.56%
Octubre	18.4	6.79%
Noviembre	16.87	6.22%
Diciembre	10.31	3.80%
Total	271.04	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 91. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ007)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

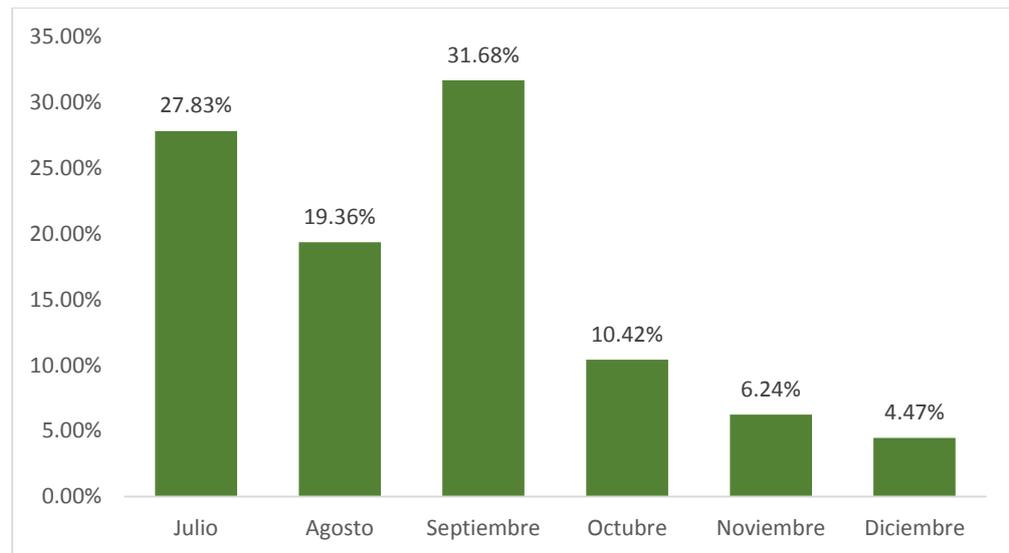
Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Julio con 43.53%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 3.80%, lo cual determina que el equipo fue confiable.

Tabla 90. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	77.03	27.83%
Agosto	53.58	19.36%
Septiembre	87.69	31.68%
Octubre	28.85	10.42%
Noviembre	17.28	6.24%
Diciembre	12.37	4.47%
Total	276.8	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 92. *Número de horas de intervenciones no programadas de mantenimiento (DZ009)*



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde a Setiembre con 31.68%, lo cual determina que el equipo no fue eficiente en el mes mencionado. El menor número de intervenciones no programadas corresponde a Diciembre con 4.47 %, lo cual determina que el equipo fue confiable.

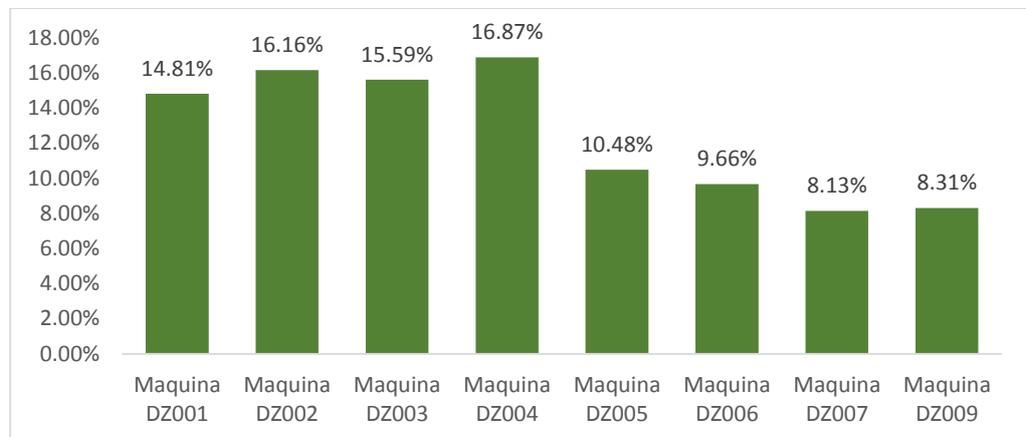
**4.3.2.4 Evaluación de la duración de intervenciones no programadas de los equipos de la flota**

Tabla 91. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	493.49	14.81%
Maquina DZ002	538.45	16.16%
Maquina DZ003	519.75	15.59%
Maquina DZ004	562.14	16.87%
Maquina DZ005	349.33	10.48%
Maquina DZ006	321.8	9.66%
Maquina DZ007	271.04	8.13%
Maquina DZ009	276.8	8.31%
Total	3332.8	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 93. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el mayor número de intervenciones no programadas corresponde al equipo DZ004 con 16.87 % lo cual determina que el equipo no fue eficiente. El menor número de intervenciones no programadas corresponde al equipo DZ007 con 8.13%, lo cual determina que el equipo fue más confiable.

### 4.3.3 Disponibilidad de los equipos de la flota

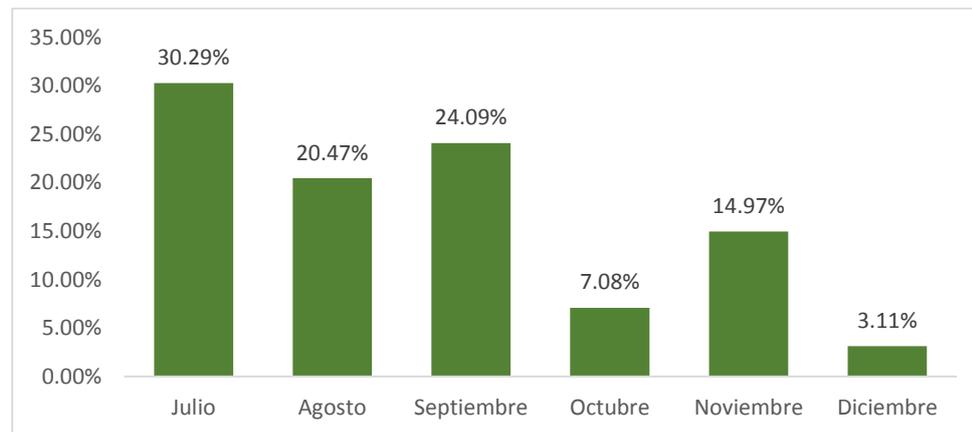
#### 4.3.3.1 Horas no trabajadas de los equipos de la flota

Tabla 92. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	141.62	30.29%
Agosto	95.70	20.47%
Septiembre	112.64	24.09%
Octubre	33.13	7.08%
Noviembre	69.99	14.97%
Diciembre	14.54	3.11%
Total	467.62	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 94. *Número de horas no trabajadas (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

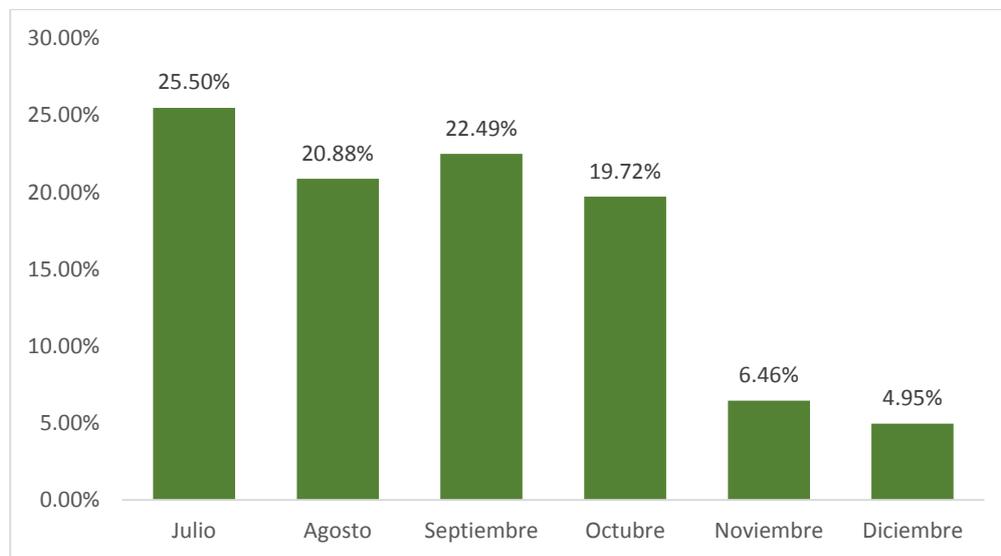
Se observa que el 30.29% de horas no trabajadas del equipo DZ001 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Diciembre se obtuvo un 3.11% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 93. Número de horas no trabajadas (DZ002)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	161.20	25.50%
Agosto	132.03	20.88%
Septiembre	142.18	22.49%
Octubre	124.69	19.72%
Noviembre	40.84	6.46%
Diciembre	31.27	4.95%
Total	632.21	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 95. Número de horas no trabajadas (DZ002)



Fuente: Elaboración propia

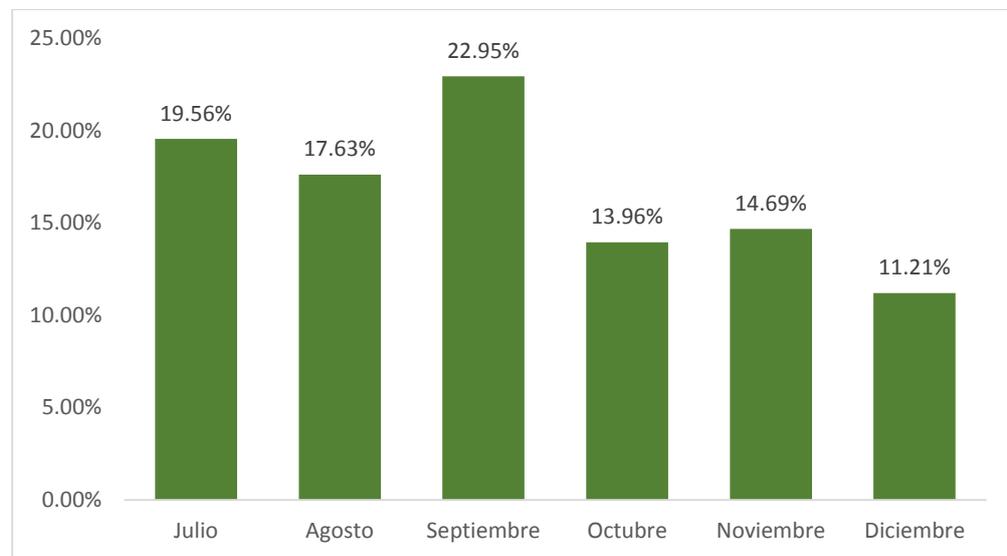
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 25.5% de horas no trabajadas del equipo DZ002 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Diciembre se obtuvo un 4.95% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 94. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	109.36	19.56%
Agosto	98.56	17.63%
Septiembre	128.27	22.95%
Octubre	78.02	13.96%
Noviembre	82.12	14.69%
Diciembre	62.68	11.21%
Total	559.01	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 96. *Número de horas no trabajadas (DZ003)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

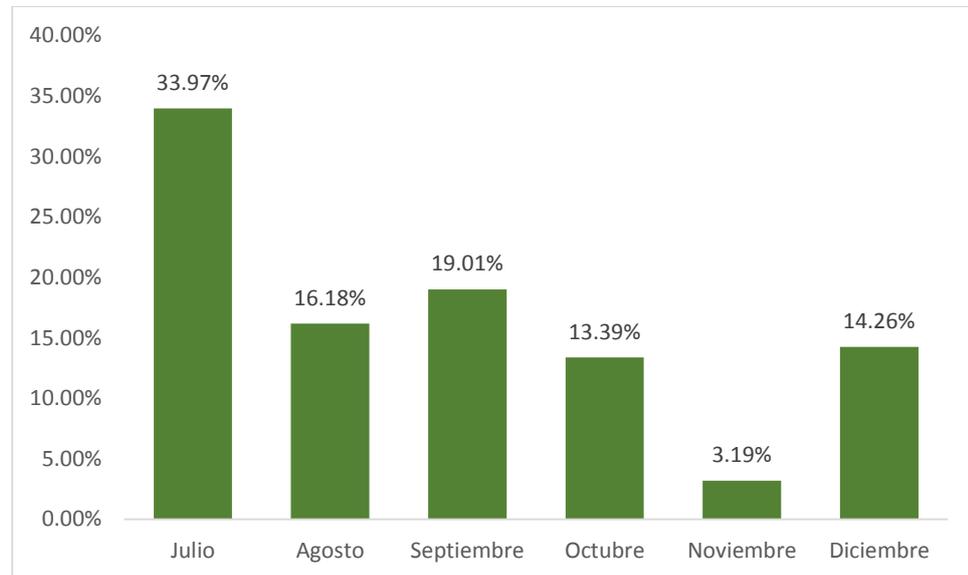
Se observa que el 22.95% de horas no trabajadas del equipo DZ003 se encuentra en el mes de Setiembre, por otro lado en el mes de Diciembre se obtuvo un 11.21% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 95. Número de horas no trabajadas (DZ004)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	168.45	33.97%
Agosto	80.23	16.18%
Septiembre	94.28	19.01%
Octubre	66.37	13.39%
Noviembre	15.81	3.19%
Diciembre	70.68	14.26%
Total	495.82	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 97. Número de horas no trabajadas (DZ004)



Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

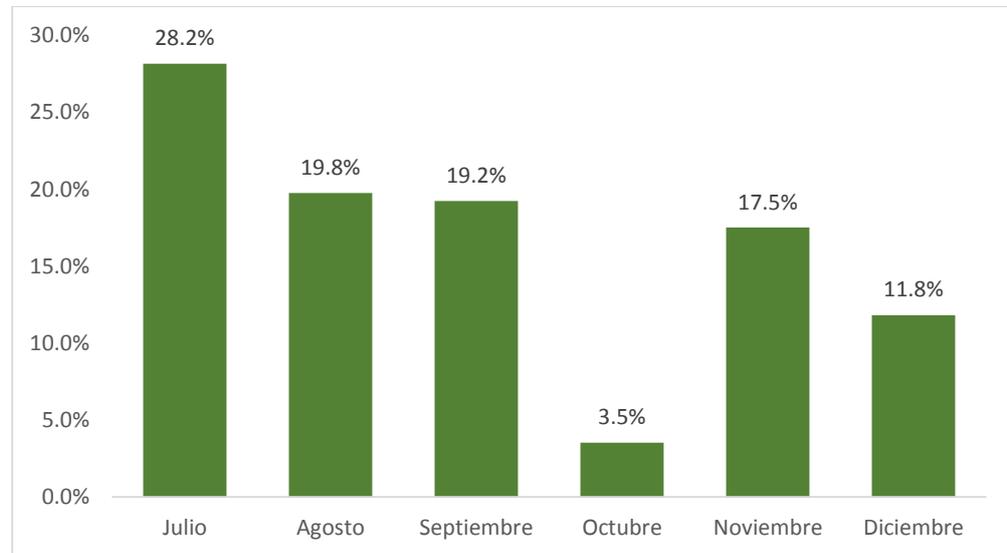
Se observa que el 33.97% de horas no trabajadas del equipo DZ004 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Noviembre se obtuvo un 3.19% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 96. Número de horas no trabajadas (DZ005)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	145.87	28.2%
Agosto	102.36	19.8%
Septiembre	99.68	19.2%
Octubre	18.23	3.5%
Noviembre	90.72	17.5%
Diciembre	61.19	11.8%
Total	518.05	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 98. Número de horas no trabajadas (DZ005)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

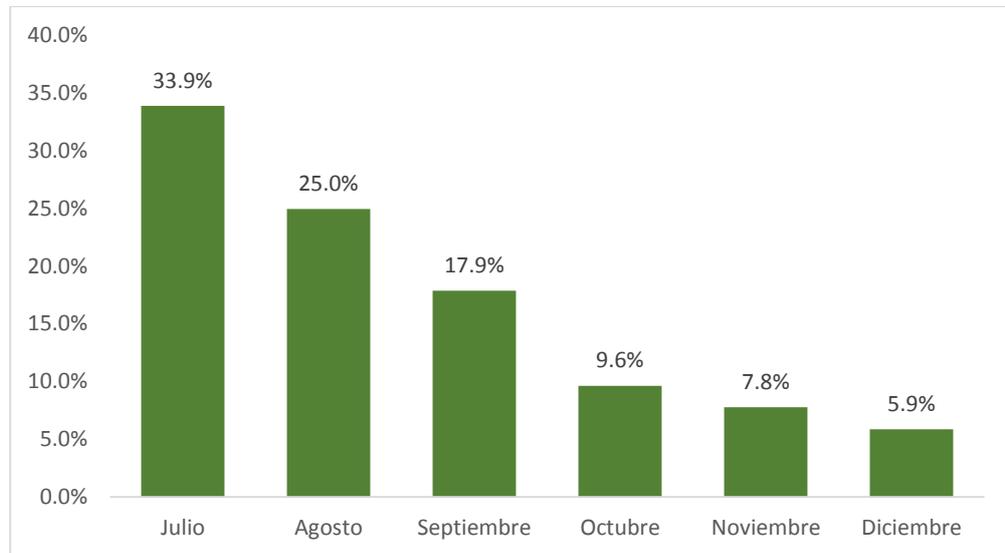
Se observa que el 28.2% de horas no trabajadas del equipo DZ005 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Octubre se obtuvo un 3.5% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 97. Número de horas no trabajadas (DZ006)

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	182.94	33.9%
Agosto	134.69	25.0%
Septiembre	96.46	17.9%
Octubre	51.98	9.6%
Noviembre	41.98	7.8%
Diciembre	31.7	5.9%
Total	539.75	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 99. Número de horas no trabajadas (DZ006)



Fuente: Elaboración propia

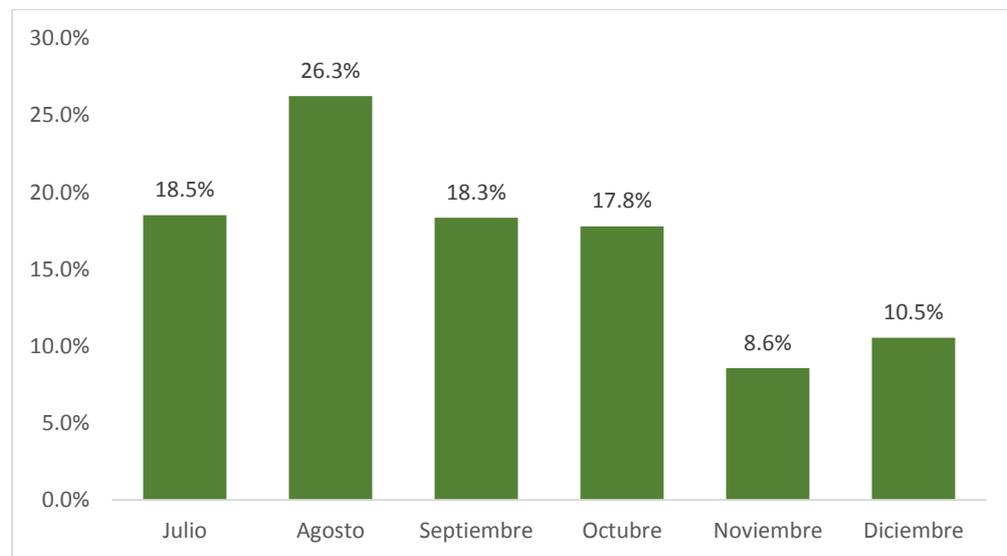
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 33.9% de horas no trabajadas del equipo DZ006 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Diciembre se obtuvo un 5.9% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 98. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*

	Frecuencia	Porcentaje
Julio	102.37	18.5%
Agosto	145.29	26.3%
Septiembre	101.45	18.3%
Octubre	98.36	17.8%
Noviembre	47.39	8.6%
Diciembre	58.32	10.5%
Total	553.18	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 100. *Número de horas no trabajadas (DZ007)*

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

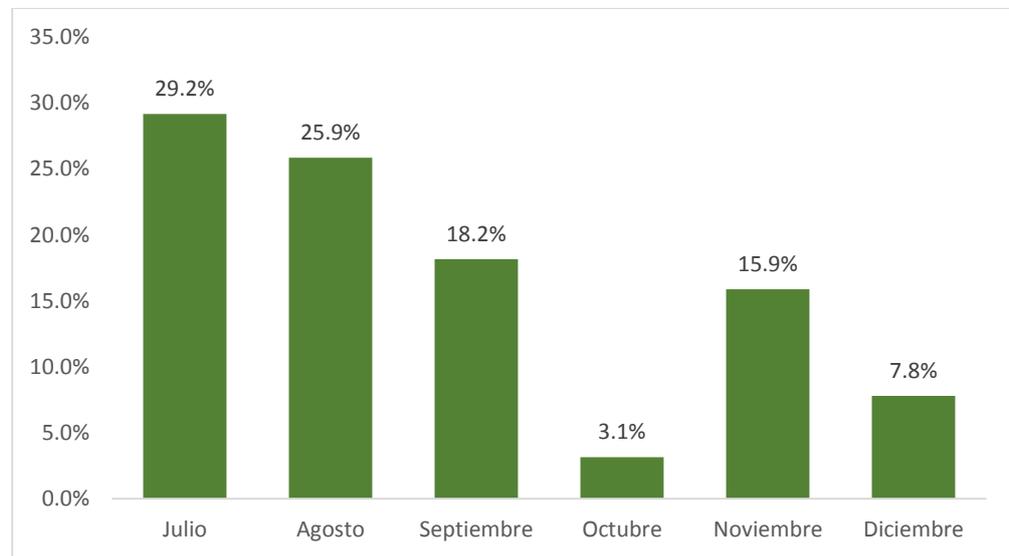
Se observa que el 26.3% de horas no trabajadas del equipo DZ007 se encuentra en el mes de Agosto, por otro lado en el mes de Noviembre se obtuvo un 8.6% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

Tabla 99. Número de horas no trabajadas (DZ009)

		Frecuencia	Porcentaje
valido	Julio	98.46	29.2%
	Agosto	87.29	25.9%
	Septiembre	61.28	18.2%
	Octubre	10.60	3.1%
	Noviembre	53.56	15.9%
	Diciembre	26.30	7.8%
	Total	337.49	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 101. Número de horas no trabajadas (DZ009)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 29.2% de horas no trabajadas del equipo DZ009 se encuentra en el mes de Julio, por otro lado en el mes de Octubre se obtuvo un 3.1% de horas no trabajadas lo cual indica que hubo menos paradas de la máquina.

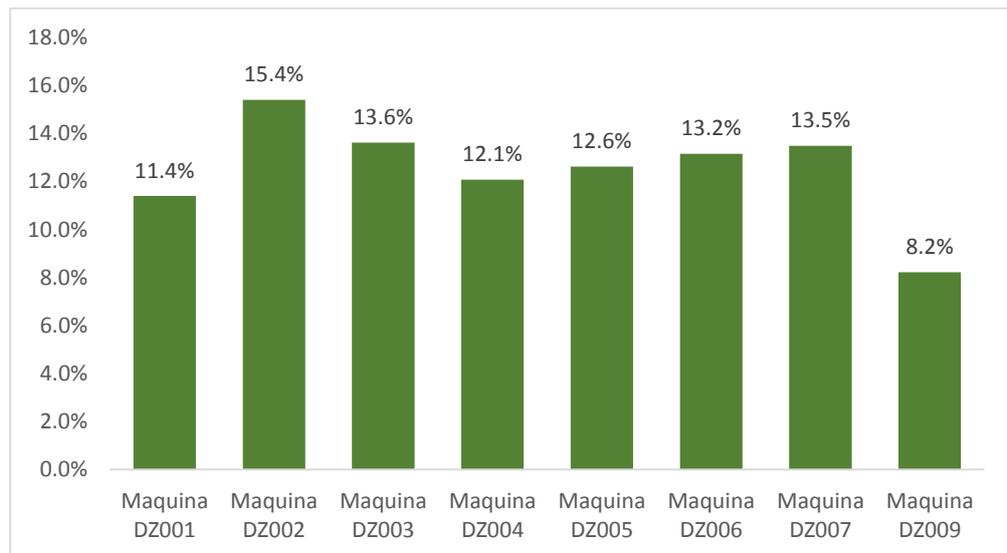
**4.3.3.2 Evaluación de la disponibilidad de los equipos de la flota**

Tabla 100. *Número de horas no trabajadas por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	467.62	11.4%
Maquina DZ002	632.21	15.4%
Maquina DZ003	559.01	13.6%
Maquina DZ004	495.82	12.1%
Maquina DZ005	518.05	12.6%
Maquina DZ006	539.75	13.2%
Maquina DZ007	553.18	13.5%
Maquina DZ009	337.49	8.2%
Total	4103.13	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 102. *Número de horas no trabajadas por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el 15.4% de horas no trabajadas pertenecen al equipo DZ007, por otro lado el equipo DZ002 tiene un 8.2% de horas no trabajadas lo que indica que este equipo no tiene tantas paradas.

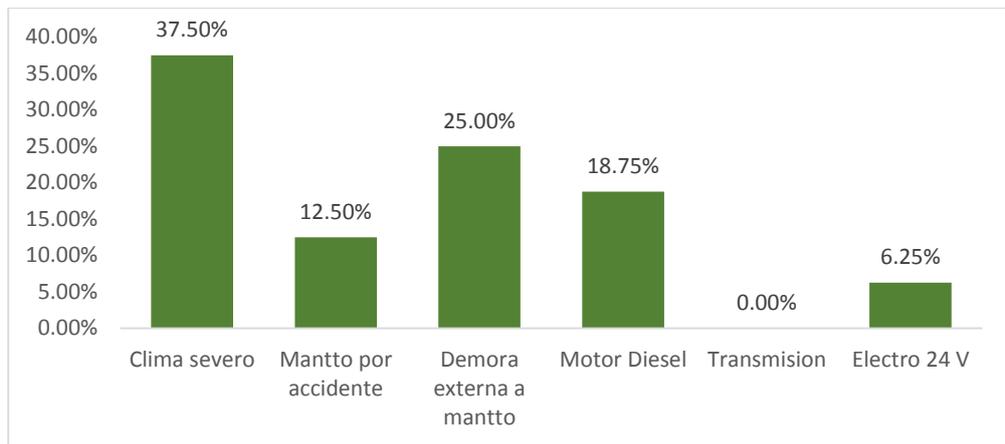
**4.3.3.3 Duración de paradas imprevistas en los equipos de la flota**

Tabla 101. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	6	37.50%
Mantto por accidente	2	12.50%
Demora externa a mantto	4	25.00%
Motor Diesel	3	18.75%
Transmision	0	0.00%
Electro 24 V	1	6.25%
Total	16	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 103. *Duración total de paradas imprevistas (DZ001)*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

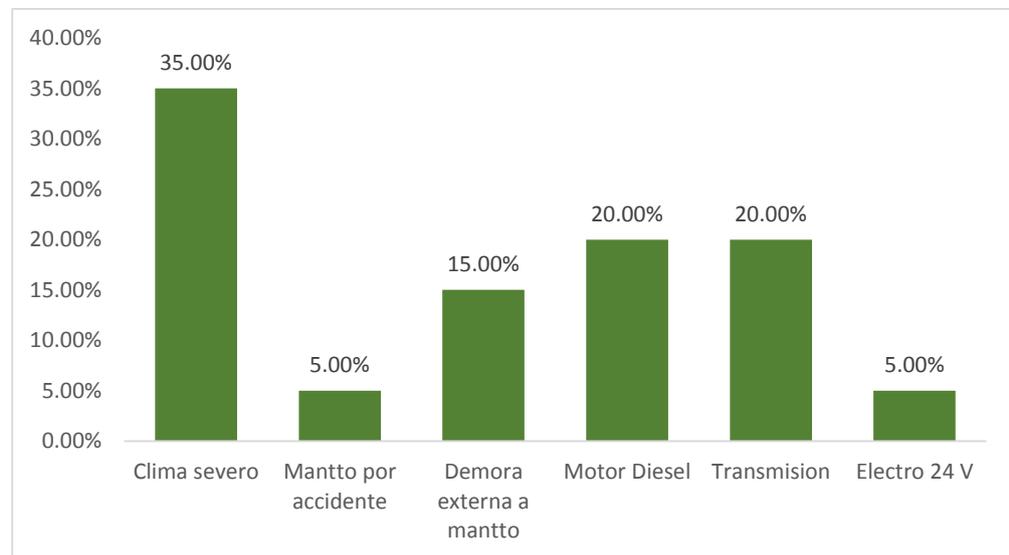
Se observa que el 37.5% de paradas imprevistas fue por clima severo, el 25% fue por demora externa a mantenimiento.

Tabla 102. Duración total de paradas imprevistas (DZ002)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	7	35.00%
Mantto por accidente	1	5.00%
Demora externa a mantto	3	15.00%
Motor Diesel	4	20.00%
Transmision	4	20.00%
Electro 24 V	1	5.00%
Total	20	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 104. Duración total de paradas imprevistas (DZ002)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

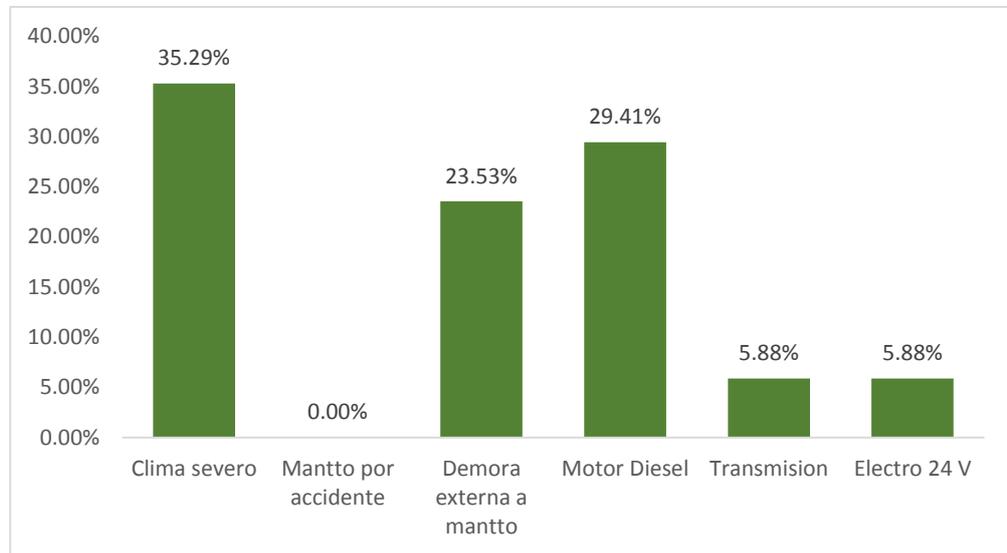
Se observa que el 35% de paradas imprevistas fue por clima severo, el 20% fue por problemas en el motor diésel.

Tabla 103. Duración total de paradas imprevistas (DZ003)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	6	35.29%
Mantto por accidente	0	0.00%
Demora externa a mantto	4	23.53%
Motor Diesel	5	29.41%
Transmision	1	5.88%
Electro 24 V	1	5.88%
Total	17	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 105. Duración total de paradas imprevistas (DZ003)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

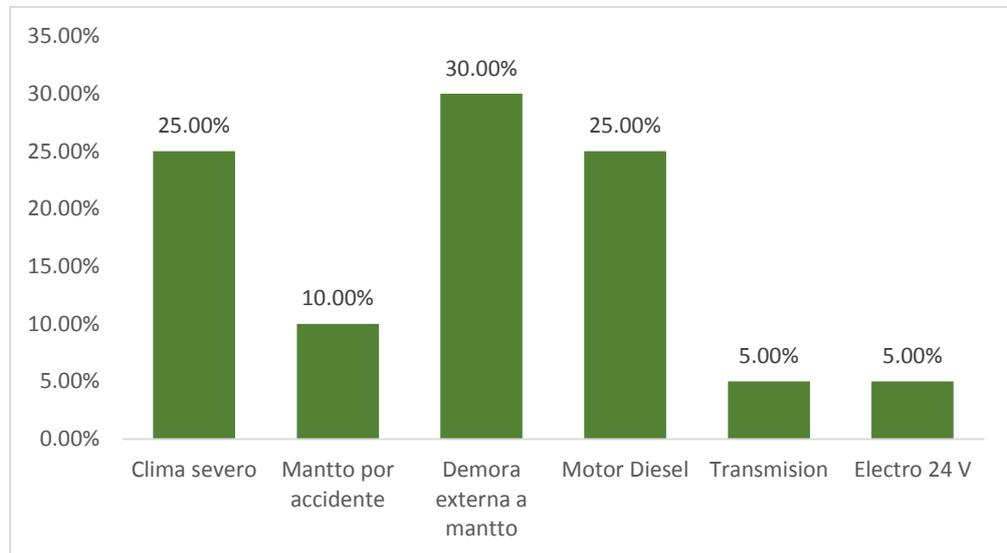
Se observa que el 35.29% de paradas imprevistas fue por clima severo, el 29.41% fue por demora externa a mantenimiento.

Tabla 104. Duración total de paradas imprevistas (DZ004)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	5	25.00%
Mantto por accidente	2	10.00%
Demora externa a mantto	6	30.00%
Motor Diesel	5	25.00%
Transmision	1	5.00%
Electro 24 V	1	5.00%
Total	20	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 106. Duración total de paradas imprevistas (DZ004)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

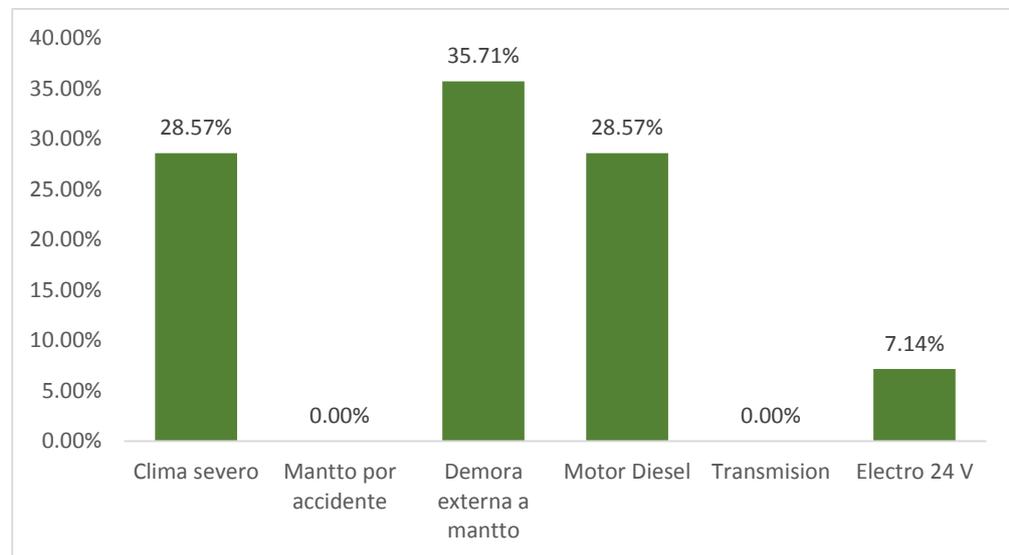
Se observa que el 30% de paradas imprevistas fue por demora externa a mantenimiento, el 25% fue por demora clima severo.

Tabla 105. Duración total de paradas imprevistas (DZ005)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	4	28.57%
Mantto por accidente	0	0.00%
Demora externa a mantto	5	35.71%
Motor Diesel	4	28.57%
Transmision	0	0.00%
Electro 24 V	1	7.14%
Total	14	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 107. Duración total de paradas imprevistas (DZ005)



Fuente: Elaboración propia

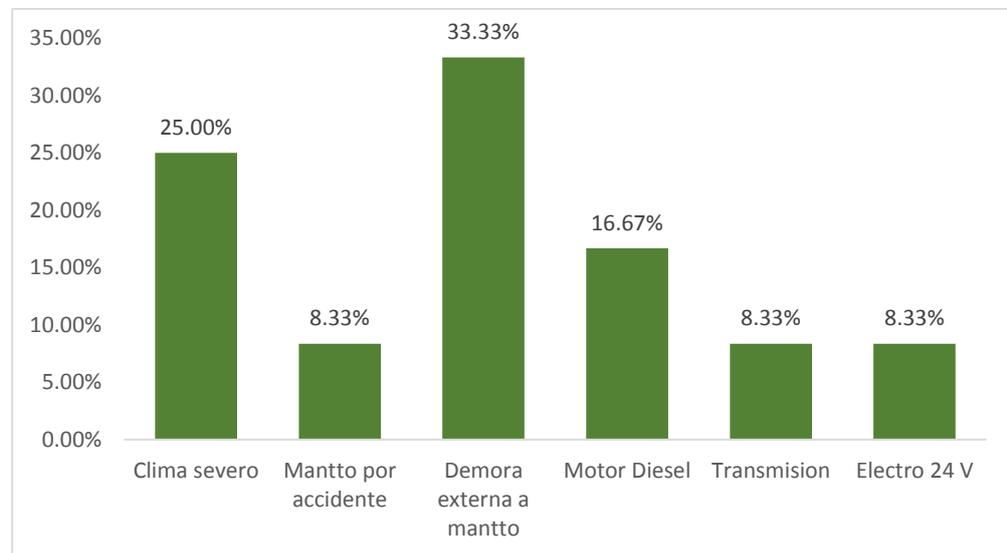
### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 35.71% de paradas imprevistas fue demora externa a mantenimiento, el 28.7% fue por clima severo.

Tabla 106. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	3	25.00%
Mantto por accidente	1	8.33%
Demora externa a mantto	4	33.33%
Motor Diesel	2	16.67%
Transmision	1	8.33%
Electro 24 V	1	8.33%
Total	12	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 108. *Duración total de paradas imprevistas (DZ006)*

Fuente: Elaboración propia

## INTERPRETACION Y ANALISIS

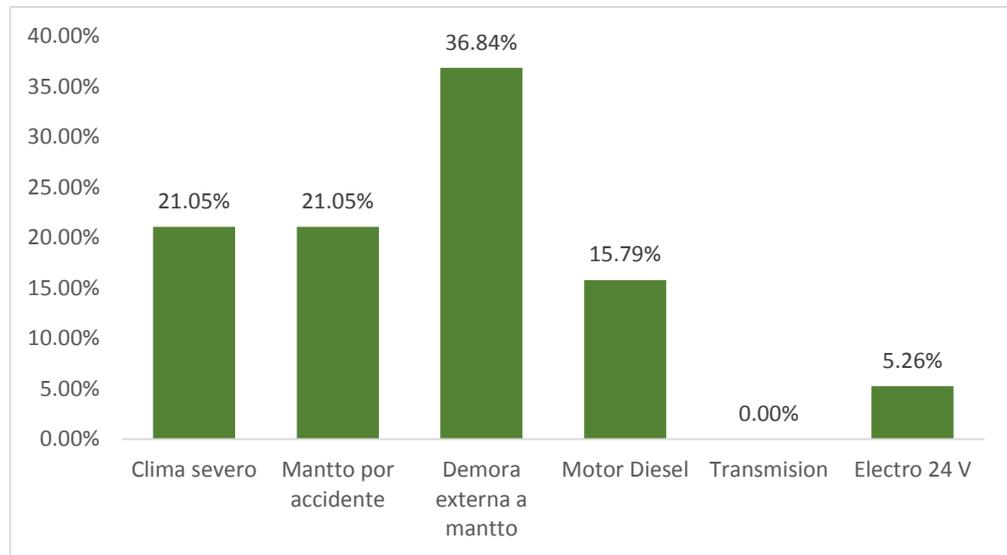
Se observa que el 33.3% de paradas imprevistas fue por demora externa a mantenimiento, el 25% fue por clima severo.

Tabla 107. Duración total de paradas imprevistas (DZ007)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	4	21.05%
Mantto por accidente	4	21.05%
Demora externa a mantto	7	36.84%
Motor Diesel	3	15.79%
Transmision	0	0.00%
Electro 24 V	1	5.26%
Total	19	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 109. Duración total de paradas imprevistas (DZ007)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

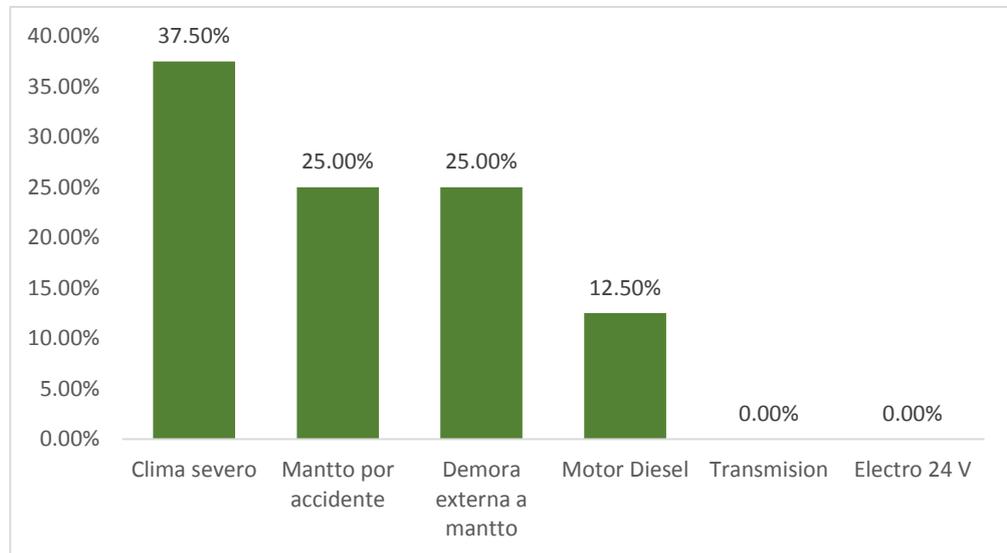
Se observa que el 36.84% de paradas imprevistas fue por demora externa a mantenimiento, el 21.05% fue por clima severo.

Tabla 108. Duración total de paradas imprevistas (DZ009)

	Frecuencia	Porcentaje
Clima severo	3	37.50%
Mantto por accidente	2	25.00%
Demora externa a mantto	2	25.00%
Motor Diesel	1	12.50%
Transmision	0	0.00%
Electro 24 V	0	0.00%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 110. Duración total de paradas imprevistas (DZ009)



Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACION Y ANALISIS

Se observa que el 37.5% de paradas imprevistas fue por clima severo, el 25% fue por demora externa a mantenimiento.

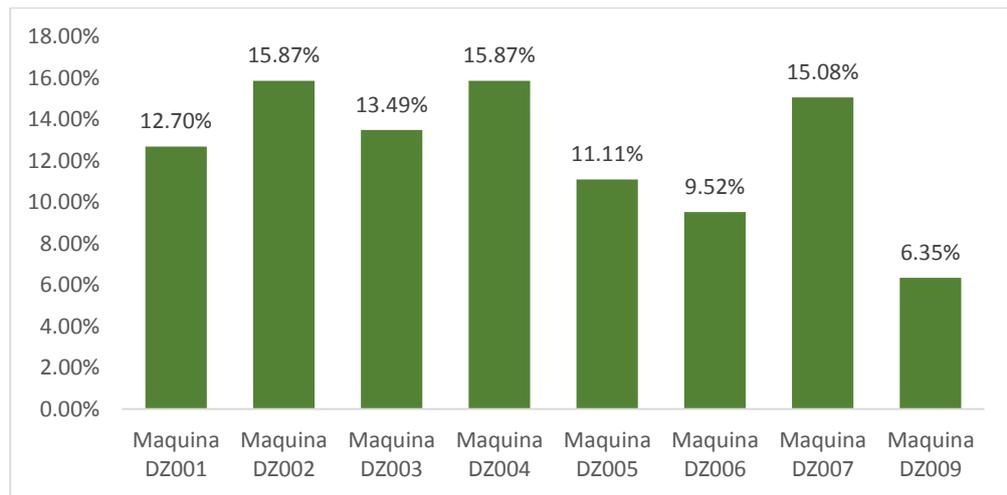
**4.3.3.4 Evaluación de las principales paradas imprevistas en la flota**

Tabla 109. *Duración total de paradas imprevistas por equipo*

	Frecuencia	Porcentaje
Maquina DZ001	16	12.70%
Maquina DZ002	20	15.87%
Maquina DZ003	17	13.49%
Maquina DZ004	20	15.87%
Maquina DZ005	14	11.11%
Maquina DZ006	12	9.52%
Maquina DZ007	19	15.08%
Maquina DZ009	8	6.35%
Total	126	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 111. *Duración total de paradas imprevistas por equipo*



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACION Y ANALISIS**

Se observa que el 15.87 % de paradas imprevistas fue en el equipo DZ002 por clima severo y el segundo equipo que sigue con 15.08% de paradas imprevistas fue el DZ004 por problemas externos a mantenimiento.



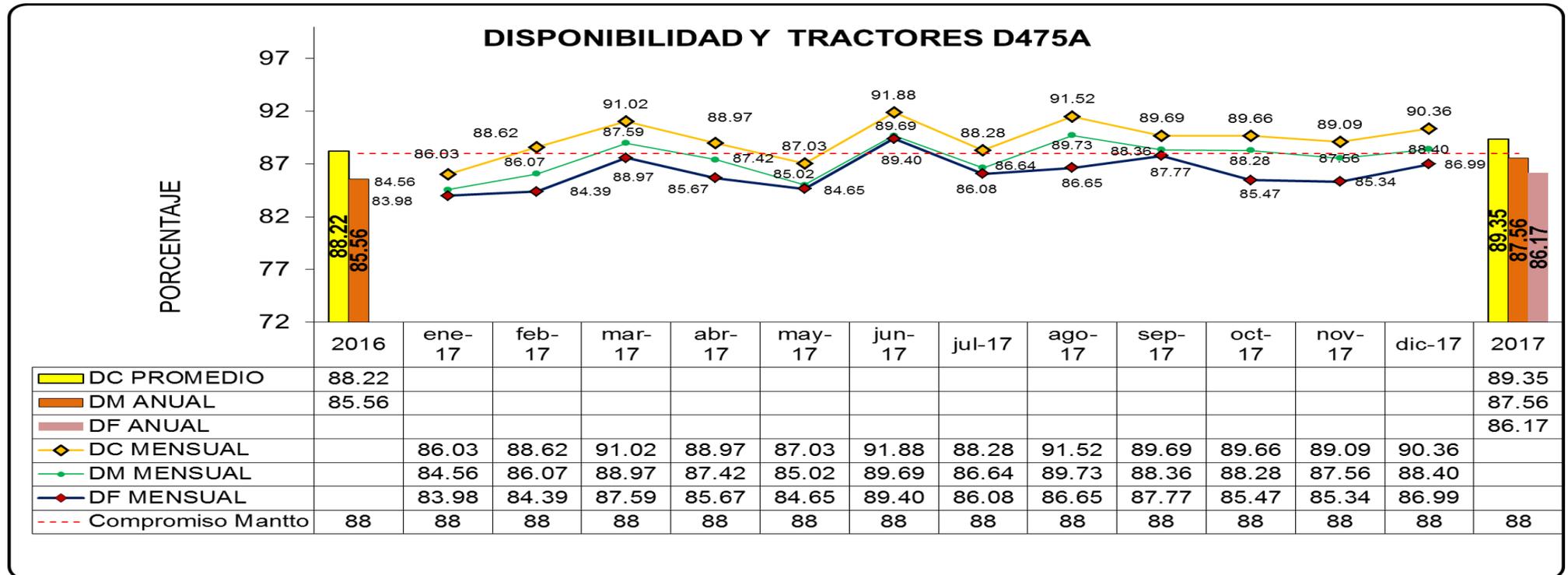
4.4 DISPONIBILIDAD DE TRACTORES

Tabla 110. Disponibilidad de tractores

DISPONIBILIDAD = (HRS NOMINALES - HORAS PARADAS)/ HORAS NOMINALES) X 100	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	sep-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	2017
HORAS NOMINALES	5952	5376	5952	5760	5952	5760	5952	5952	5760	5952	5760	5952	
HORAS PARADAS	831	612	534	635	772	468	698	505	594	615	628	574	
DISPONIBILIDAD	86.03%	88.62%	91.02%	88.97%	87.03%	91.88%	88.28%	91.52%	89.69%	89.66%	89.09%	90.36%	<b>89.35%</b>
META DISPONIBILIDAD	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 112. Disponibilidad de tractores



Fuente: Elaboración propia



**4.5 MANTENIBILIDAD DE TRACTORES**

Tabla 111. *Tiempo medio entre falla*

MTBF =( HRS OPERACIÓN / # PARADAS DE CORRECTIVO)	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	sep-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
<b>HORAS OPERACIÓN</b>	4011	3571	4021	3763	3907	3891	3824	3798	3795	3353	2996	3453
<b>NUMERO DE PARADAS CORRECTIVO</b>	51	45	49	47	49	45	45	47	44	40	37	42
<b>MTBF ( COMPROMISO 70 -80 HRS)</b>	78.6	80	82.1	80	79	86.5	85	80	86.3	83.1	81.2	82.3
<b>MTBF Viable</b>	<b>80</b>											

Fuente: Elaboración propia

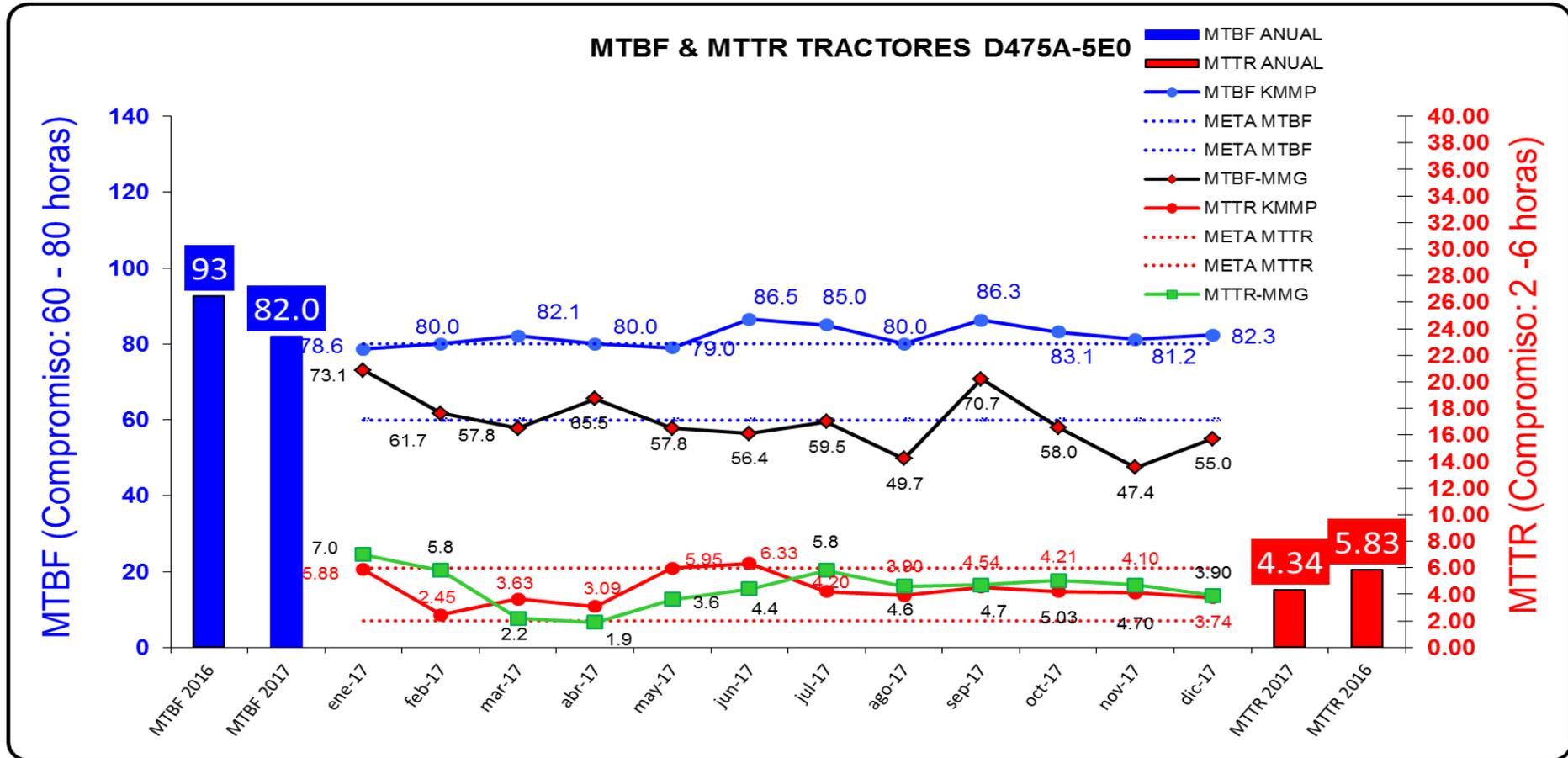


Tabla 112. *Tiempo medio de reparación*

<b>MTTR = ( HRS IMPREVISTAS/ # PARADAS DE EQUIPO CORRECTIVO)</b>	<b>Ene-17</b>	<b>Feb-17</b>	<b>Mar-17</b>	<b>Abr-17</b>	<b>May-17</b>	<b>Jun-17</b>	<b>Jul-17</b>	<b>Ago-17</b>	<b>sep-17</b>	<b>Oct-17</b>	<b>Nov-17</b>	<b>Dic-17</b>
<b>HORAS IMPREVISTAS</b>	300.06	109.36	177.79	145.35	294.26	284.74	189	185.15	199.64	169.87	151.28	156.9
<b>NUMERO DE PARADAS CORRECTIVO</b>	51	45	49	47	49	45	45	47	44	40	37	42
<b>MTTR ( COMPROMISO 2 - 6 HRS)</b>	5.88	2.45	3.63	3.09	5.95	6.33	4.2	3.9	4.54	4.21	4.1	3.74
<b>MTTR Viable</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 113. *Mantenibilidad de tractores*



Fuente: Elaboración propi

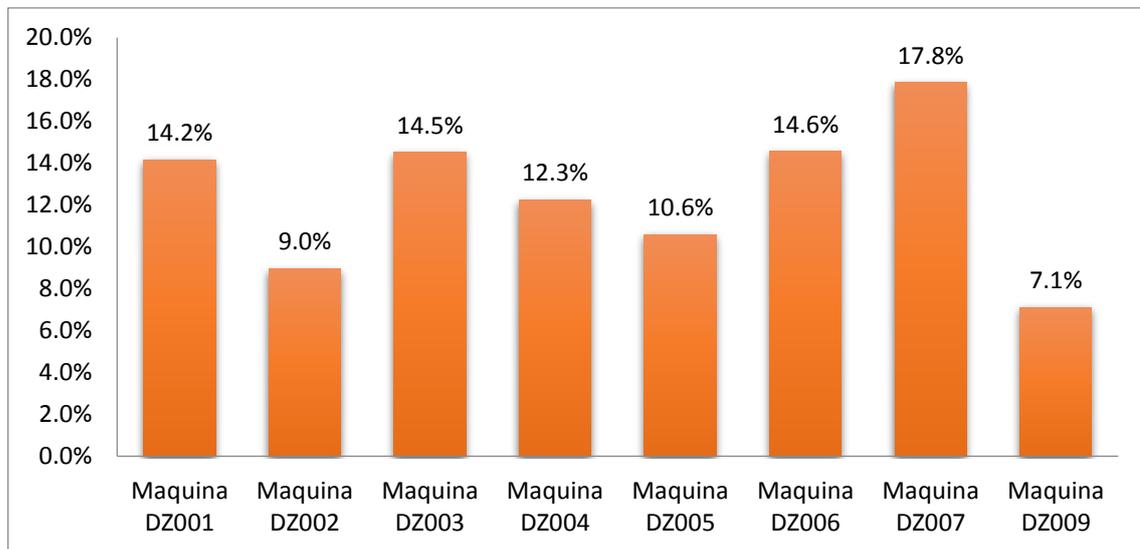
## CAPITULO V: DISCUSIÓN

4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS MÁS RELEVANTES Y  
SIGNIFICATIVOS

## 5.1.1 Tiempo de paradas de equipos - disponibilidad

Al realizar la evaluación de los equipos con mayores paradas observamos que el DZ007 encabeza este análisis.

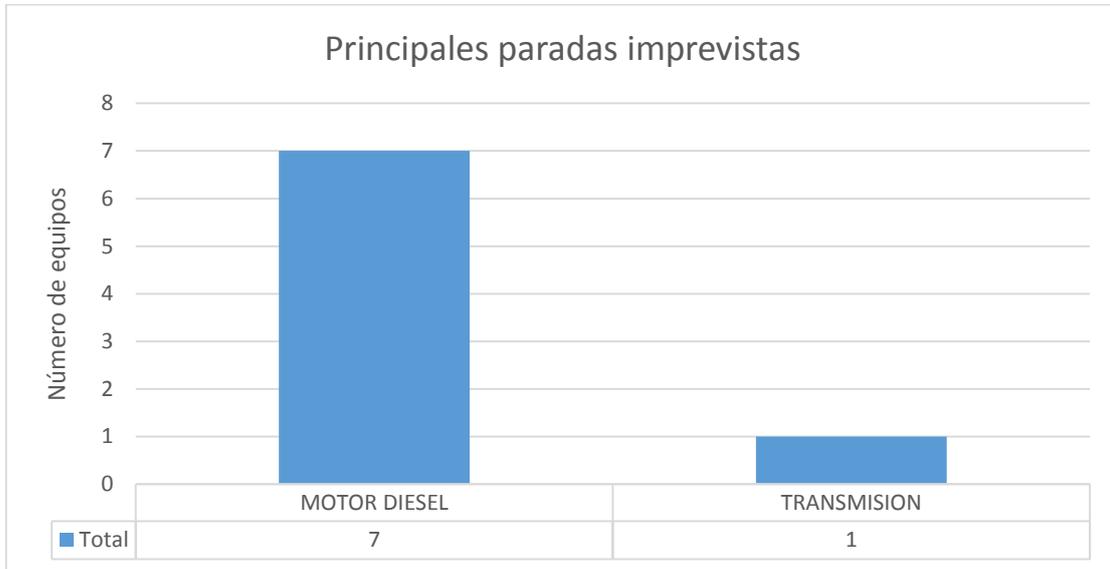
Gráfico 48. *Número de horas no trabajadas por equipo*



Fuente: Elaboración propia

Cuando se analiza las principales razones por las que paran estos equipos coincide en que se debe al motor diésel.

Gráfico 114. Principales paradas imprevistas

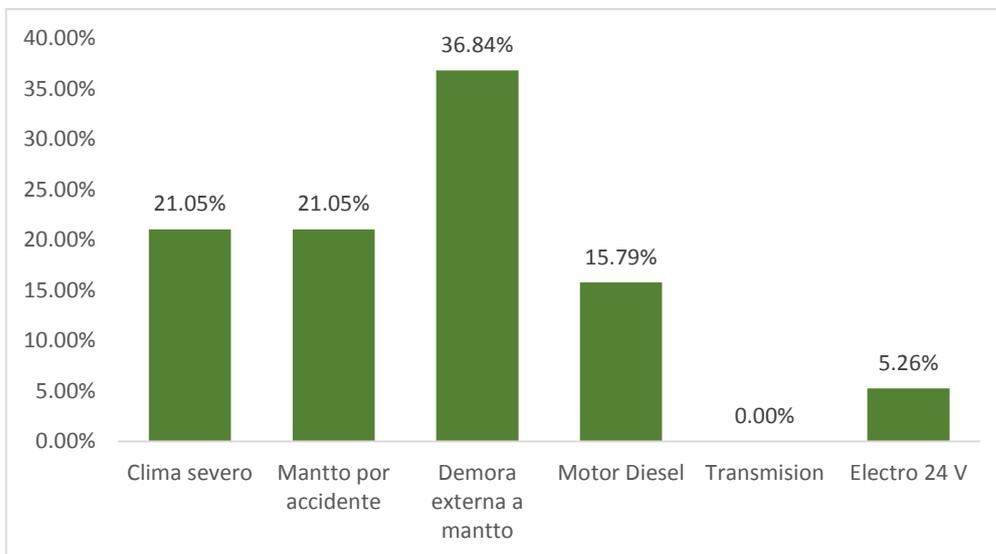


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Implementación de mejoras en el tiempo de paradas de equipos - disponibilidad

Al realizar la implementación de las mejoras como los formatos de inspección en campo, el PIC y las inspecciones en las bitácoras del operador, se logró reducir este número teniendo así los siguientes resultados.

Gráfico 109. Duración total de paradas imprevistas (DZ007)

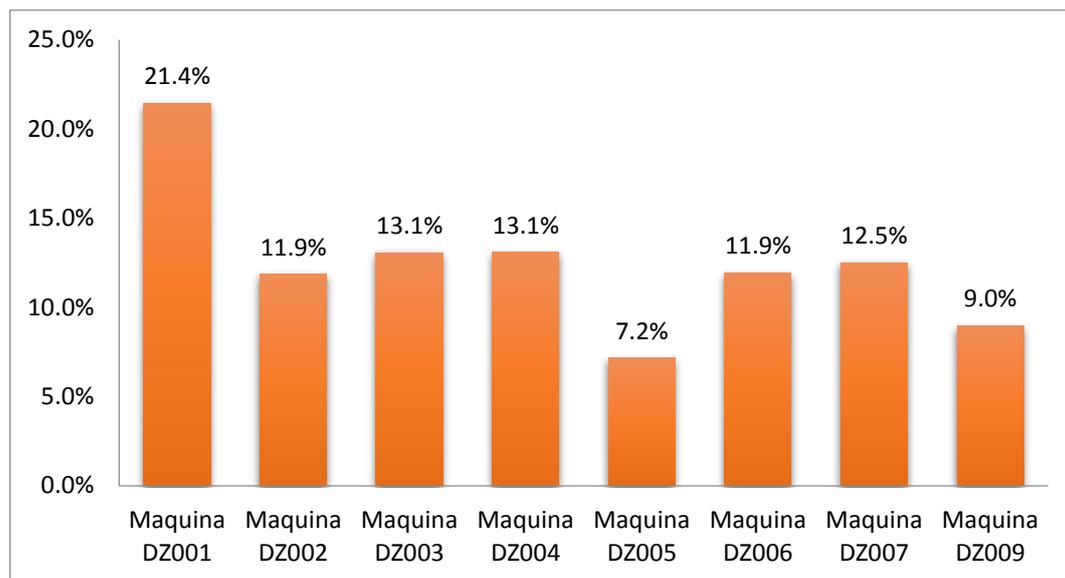


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Tiempo medio de reparación y tiempo medio de falla

Al analizar el tiempo medio de reparación se observa que el DZ001 no tiene tantos mantenimientos programados así como también la duración de los mantenimientos programados es mayor en este equipo.

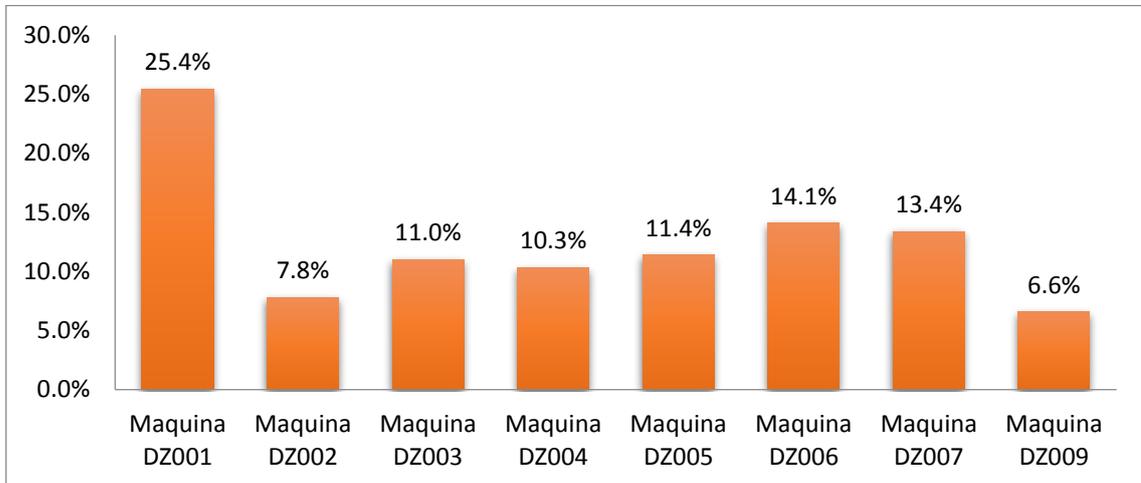
Gráfico 22. *Número de horas total de mantenimiento programado por equipo*



Fuente: Elaboración propia

Estos datos coinciden con el número total de horas de intervenciones no programadas en el mantenimiento, por lo cual se concluye que no se realizaron los backlogs adecuadamente o no hubo una buena evaluación por parte del personal técnico porque no se identificaron estos trabajos y no fueron contemplados para realizarlos en el mantenimiento programado.

Gráfico 39. *Número de horas totales de intervenciones no programadas de mantenimiento por equipo*

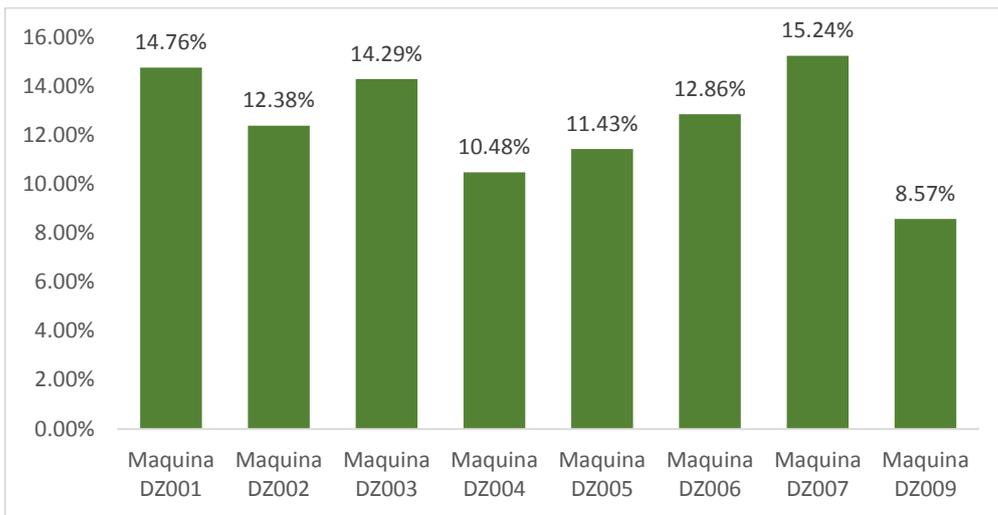


Fuente: Elaboración propia

#### **5.1.4 Implementación de mejoras en el tiempo medio de reparación y tiempo medio de falla**

Al realizar la implementación de mejoras como las inspecciones en campo y los aprovechamientos de parada, así como la capacitación del personal y las campañas durante los mantenimientos programados, se pudo realizar una mejor evaluación, obteniendo así que el DZ001 presente una mejora significativa en el número total de horas programadas.

Gráfico 66. Número total de mantenimiento programado por equipo



Fuente: Elaboración propia



## 5.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Se tuvo una limitación con el tiempo que abarcó el estudio, dado que se esperó a la implementación de las mejoras durante seis meses para obtener datos más reales y poder demostrar la eficacia de lo desarrollado.

## 5.3 COMPARACIÓN CRÍTICA CON LA LITERATURA EXISTENTE

De acuerdo a la literatura existente se tiene que “el tiempo medio entre falla y el tiempo medio de reparación, mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema.”

Al realizarse el trabajo de investigación se llegó a la conclusión que al poder identificar las principales fallas y poder incluirlas dentro de los mantenimientos programados, el equipo se vuelve más confiable al aumentar su disponibilidad, teniendo relación con lo nombrado en la teoría.

Así mismo al nombrar la disponibilidad se tiene el siguiente concepto “La disponibilidad es el principal parámetro o indicador asociado a la Gestión del mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción.”

Se pudo comprobar que la disponibilidad mide la eficacia con que se realiza la gestión de mantenimiento, porque a través de este indicador se puede identificar si se está realizando un buen control de la utilización del equipo y si se identifica realmente las paradas que son a cargo de Komatsu Mitsui, de esta manera se pudo implementar las mejoras y así aumentar la disponibilidad del equipo que a su vez agregará más valor a la productividad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475.



#### **5.4 IMPLICANCIAS DEL ESTUDIO**

Al cerrar el año con un mejor rendimiento en la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475, se pudo renovar nuevamente el contrato LPP que se tiene con la minera Las Bambas.

#### **5.5 IMPACTO DE LA FLOTA DE TRACTORES ORUGA BULLDOZER D475 EN LA PRODUCTIVIDAD**

Los procesos de una mina se dividen en etapas como: exploración, construcción, operación y cierre técnico principalmente. Particularmente, en este estudio nos ubicamos en la etapa de operación, ya que en ella es donde los tractores operan un papel trascendental.

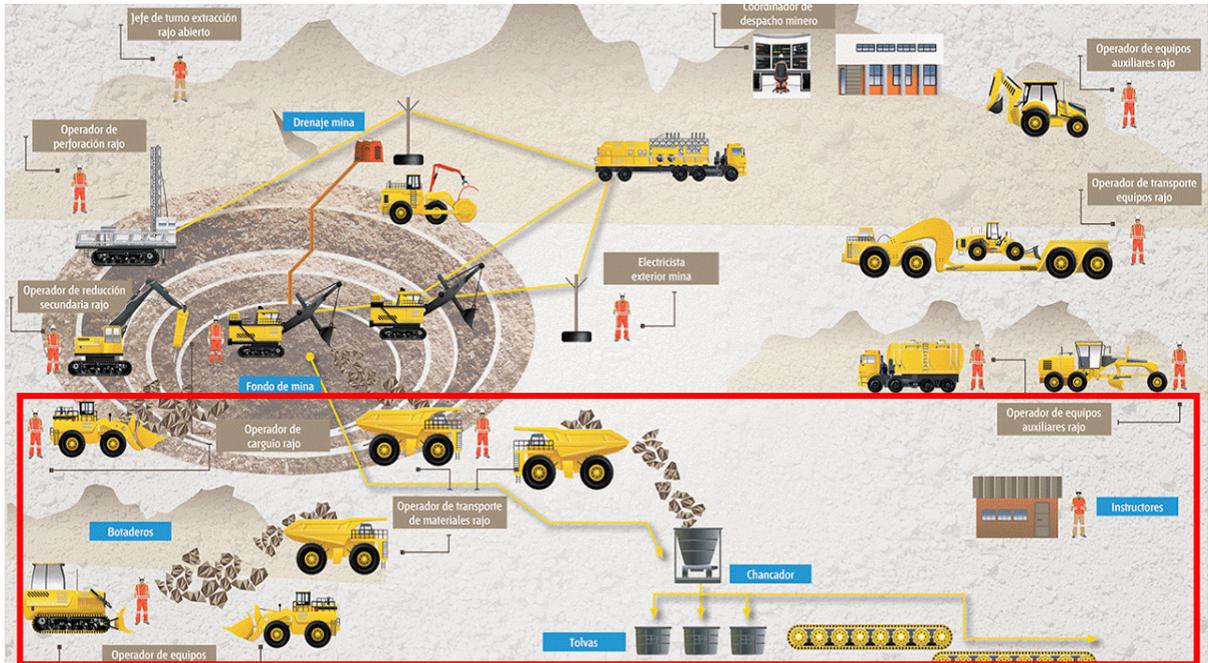
Después de que el tajo ha sido explorado y habilitado para trabajar en él, comienza la extracción del material, el cual debe ser acarreado a las rutas que se han indicado como estrategia por equipos en ciclos consecutivos, por ello es muy importante la disponibilidad de los tractores y así cumplir las metas de producción del cliente. Luego de esto, el material es molido y procesado en las plantas concentradoras y refinerías según el metal a obtener.

Cabe mencionar que los tractores oruga se encuentran posicionados en diferentes frentes de trabajo (chancadora, botadero, en el tajo), para que de esta forma cumpla su función de movimiento de tierra, al encontrarse un equipo inoperativo retrasa el cumplimiento de los frentes de trabajos asignados, impactando así en la productividad de la mina.

Se determina que la mejora de la mantenibilidad y la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la empresa Komatsu Mitsui permite la efectiva operatividad y

confiabilidad de los equipos de la flota, por ende permite a operaciones mina cumplir con los objetivos de producción y el proceso de extracción de mineral.

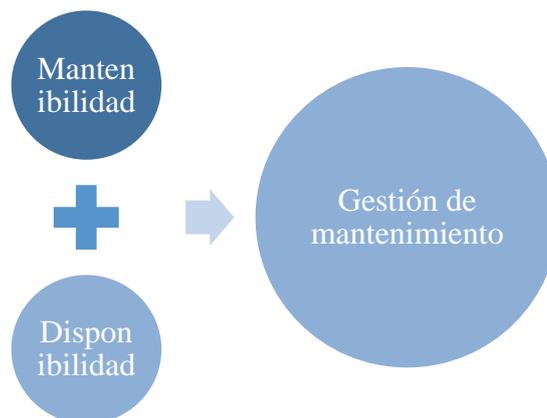
Gráfico 115. *Ciclo de producción tajo abierto*



Fuente: (El pilar minero, 2017)

## 5.6 ALCANCE DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

Gráfico 116. *Alcance gestión de mantenimiento*



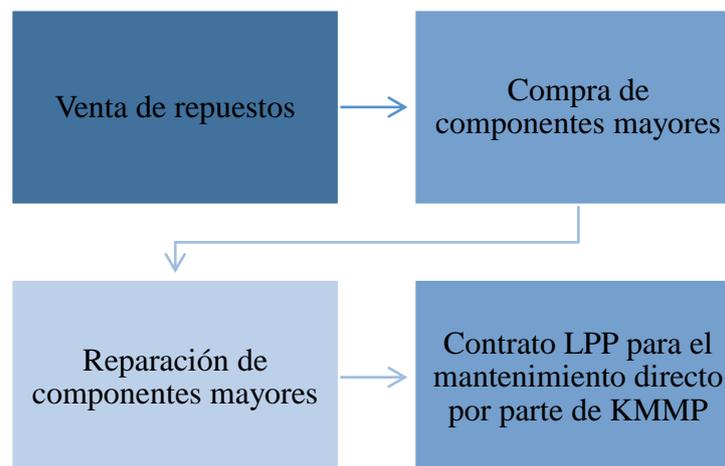
Fuente: Elaboración propia

Como se plantea en el objetivo principal al basarnos en la mantenibilidad y el incremento en la disponibilidad la gestión de mantenimiento mejoró notablemente, dando como resultado un buen prospecto al cliente, por lo tanto generando interés en la compra de nuevos equipos.

A continuación se mostrará un ejemplo del impacto que tiene la compra de un nuevo equipo sobre las utilidades de Komatsu Mitsui Maquinarias Perú.

### COMPRA DE UN NUEVO EQUIPO – TRACTOR ORUGA BULLDOZER D475

Gráfico 118. *Servicio post venta*



Fuente: Elaboración propia



**ANALISIS DEL INGRESO PROMEDIO POR LA VENTA DE REPUESTOS DURANTE UN AÑO**

Repuestos para mantención preventiva:	\$ 34,772.58
Partes del motor:	\$ 37,179.92
Partes del equipo:	\$ 109,858.96
<b>Total de la venta de repuestos por equipo:</b>	<b>\$ 181,811.46</b>

**ANALISIS DEL INGRESO PROMEDIO POR LA VENTA DE COMPONENTES MAYORES DURANTE DOS AÑOS**

Se realiza el análisis durante el periodo de 2 años, porque el equipo superará las 15000 horas de funcionamiento, por lo tanto se empezará a necesitar cambios en los componentes mayores.

<b>Total de ingresos por componentes mayores por equipo:</b>	<b>\$ 1,067,881.92</b>
--	------------------------

**ANALISIS DE LA REPARACION DE COMPONENTES MAYORES DURANTE DOS AÑOS**

Al realizar los cambios de componentes mayores, estos se envían para ser reparados, generando así una nueva ganancia para la empresa.



<b>Total de ingresos por reparación de componentes por equipo:</b>	<b>\$ 355,960.64</b>
--	----------------------

**ANALISIS DE LA GANANCIA OBTENIDO AL FIRMAR UN CONTRATO POR LPP DURANTE UN AÑO**

Al realizar la sumatoria de todos los servicios que se brinda al cliente, tomando en cuenta también el personal que se contrata para la reparación de sus equipos (técnicos y administrativos) y todo lo que involucra esto, al mes se realiza un pago promedio. Se realizó una división de los técnicos especializados en este flota, al igual que el personal administrativo que interviene, de esta manera se tiene un costo promedio por equipo.

<b>Total de ingresos contrato de LPP promedio por equipo</b>	<b>\$ 17,500</b>
--	------------------

**TOTAL DE INGRESO PARA KOMATSU MITSUI POR LA VENTA DE UN EQUIPO DURANTE UN AÑO**

Total de la venta de repuestos por equipo:	\$ 181,811.46
Total de ingresos por componentes mayores por equipo:	\$ 533,940.96
Total de ingresos por reparación de componentes por equipo:	\$ 177,980.32
Total de ingresos contrato de LPP promedio por equipo	\$ 17,500
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 911,232.74</b>



## CONCLUSIONES

1. La adecuada mantenibilidad de la flota de tractores oruga bulldozer D475 Komatsu Mitsui 2017 mejora la gestión de mantenimiento lo cual se ve reflejado en el MTBF con un 1.95 y el MTTR con un 0.44.
2. El incremento de la disponibilidad de la flota de tractores oruga bulldozer D475 Komatsu Mitsui 2017 mejora la gestión de mantenimiento lo cual se ve reflejado en un 0.42 %.
3. La mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de tractores oruga bulldozer D475 Komatsu Mitsui 2017 mejora la gestión de mantenimiento lo cual se ve reflejado en un 89.35% alcanzado al finalizar el año 2017.



### RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la implementación de las mejoras en un 100%, para que se visualicen completamente los resultados.
2. Se recomienda realizar trimestralmente un análisis de las paradas de la flota, con el objetivo de tener identificado las fallas frecuentes e implementar mejoras continuas en el proceso de la gestión de mantenimiento, así mismo la implementación de formatos e inspecciones en campo permitirá tener un mejor seguimiento y control de las fallas frecuentes de los equipos.
3. Al realizarse el estudio se pudo identificar que una de las mayores paradas ocasionadas adversas al mantenimiento es el clima severo, por lo que se debe tener un control de monitoreo más exhaustivo para que esto no sea considerado como una influencia en la disponibilidad física.
4. Se recomienda tener componentes mayores de protección en mina ante cualquier eventualidad, de esta manera controlar que las paradas por falla de componentes no se extienda y no impacte la disponibilidad de la flota.

**BIBLIOGRAFIA**

*El pilar minero*. (19 de Marzo de 2017). Recuperado el 24 de Abril de 2018, de El pilar minero: <https://elpilarminero.blogspot.pe/2017/03/proceso-de-extraccion-de-oro.html>

Alvares, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa Metalurgico Industrias avm. s.a.* Burgamaranga: Universidad de Santander.

Astros, J. (01 de Enero de 2016). *Monografías*. Obtenido de Monografías: <http://www.monografias.com/trabajos93/calculo-parametros-mantenimiento/calculo-parametros-mantenimiento.shtml>

Galvez, M. (2016). *Propuesta de plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad aplicado a una Flota de camiones fuera de carretera en una mina de Tajo Abierto*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Garcia, S. (03 de mayo de 2008). *Indicadores de Mantenimiento*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

GARCIA, S. (Enero de 2009). *Indicadores de Mantenimiento*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

KLIMASAUSKAS, R. (2011). *Mantenimiento en Minería*. Argetina: Mantenimiento Mundial: KLIMASAUSKAS.



- Knezevic, J. (1996). *Mantenimiento de Confiabilidad*. Madrid: Isdfe.
- Komatsu. (01 de Enero de 2009). *Especificaciones y manuales*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Especificaciones y manuales:  
[https://vdn.komatsu.eu/new\\_equipment/displayFile.ashx?fileId=64692](https://vdn.komatsu.eu/new_equipment/displayFile.ashx?fileId=64692)
- Komatsu Mistsui Maquinarias Peru. (2011). *Gestion de Mantenimiento*. Lima, Callao.
- KOMATSU MITSUI, M. P. (2014). *Gestion de Mantenimiento*. Lima, Callao:  
KOMATSU MITSUI, MAQUINARIAS PERU.
- Liccien, E. (2014). *Propuesta de mejora a la gestion de mantenimiento de los equipos electricos y de instrumentos de la planta de recirculacion N°3 y redes de agua en el sistema SAP de la empresa Siderurgica del Orinoco "Alfredo Maneiro"*. Puerto Ordaz - Venezuela: Instituto Universitario Politecnico Santiago Mariño".
- Masip, O. (2005). *Mantenimiento Preventivo*. Lima.
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*. España: Universidad Tecnologica de Pereira.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). *Técnicas de Mantenimiento Predictivo Utilizadas en la Industria*. Madrid: Universidad Tecnologica de Pereira.
- Rubio, M. (2011). *Sistema de gestion de Mantenimiento Industrial*. Lima - Peru: Universidad Nacional de San Marcos.
- Sánchez, M. (2009). *Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.



Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI. (2007).

*Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.* Lima-Peru: SENATI.

Valderrama, G. (30 de Marzo de 2005). *Destinos*. Obtenido de Destinos:

[http://www.perutouristguide.com/translator/03ap/translator\\_03ab\\_mapa\\_provincia\\_abancay.html](http://www.perutouristguide.com/translator/03ap/translator_03ab_mapa_provincia_abancay.html)

Westcott, P. (2011). *Capital and Operating Cost Estimation for Open Pit Mining*

*Equipment.* Sydney: Ausimm.

WESTCOTT, P. (2011). *Capital and Operating Cost Estimation for Open Pit Mining*

*Equipment.* Sydney: Ausimm: Capital and Operating Cost Estimation for Open Pit Mining Equipment.

Zafra, A. (2013). *Propuesta de un programa de mantenimiento para incrementar la*

*confiabilidad en las excavadoras hidraulicas Komatsu PC4000-6.* Lima:

Universidad Cesar Vallejo.



ANEXOS

A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u></p> <p>¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la</li> </ul>	<p>Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en la mantenibilidad de la flota de Tractores</li> </ul>	<p>La adecuada mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.</p> <p><u>HIPOTESIS ESPECIFICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La adecuada mantenibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa</li> </ul>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>Gestión de mantenimiento</p> <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenibilidad</li> <li>Disponibilidad</li> </ul>	<p><u>NIVEL</u></p> <p>Explicativo</p> <p><u>DISEÑO</u></p> <p>Experimental (Pre experimental)</p> <p><u>POBLACION Y MUESTRA</u></p> <p>Ocho tractores oruga bulldozer D475 de la empresa Komatsu Mitsui.</p>



<p>Mantenimiento de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo mejorar la gestión de mantenimiento, basada en el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017?</li> </ul>	<p>Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la gestión de mantenimiento, basada en el incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017.</li> </ul>	<p>Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El incremento de la disponibilidad de la flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, mejora la gestión de mantenimiento.</li> </ul>		
--	---	---	--	--

ANEXO B – TIPOS DE MANTENIMIENTO

PROCESO DE MANTENIMIENTO PM1 250 HORAS

PROCESO DE MANTENIMIENTO PM1 (250 HORAS)		
MUESTRAS DE ACEITE	1	Aceite de motor
	2	Aceite hidráulico, transmisión y mandos finales
MOTOR	1	Cambiar aceite de motor
	2	Cambiar y muestrear filtros de motor
	3	Cambiar los pre filtros de combustible
	4	Evaluar, limpiar y/o cambiar los filtro primarios y secundarios
	5	Evaluar, limpiar el respiradero de tanque de combustible
	6	Limpiar el strainer de tanque de combustible
	7	Drenar el agua y sedimentos en el tanque de combustible
TREN DE POTENCIA	1	Inspeccionar el nivel de aceite de dámper
	2	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión
	3	Muestreo, fotografía y limpieza de strainer magnético
	4	Inspeccionar ,joystick de dirección y cambios + posición, juego
	5	Inspeccionar desempeño del sistema de freno de equipo
SISTEMA ELECTRICO DE 24 Volt.	1	Inspeccionar y/o ajustar tensado de la faja del alternador



	2	Inspeccionar carga de alternador de 24 Volt.
	3	Inspeccionar estado y bornes de baterías, nivel del electrolito
	4	Encendido de luces frontales del equipo
	5	Encendido de luces posterior del equipo
	6	Encendido del resto de luces: Emergencia, circulina, otros.
	7	Indicadores análogos de panel monitor principal
	8	Inspeccionar alarmas del equipo en monitor principal
	9	Inspeccionar interruptores en general
<b>CABINA DEL EQUIPO</b>	1	Inspeccionar operatividad de calefacción, aire acondicionado
	2	Inspeccionar tensado de la faja de aire acondicionado
	3	Inspeccionar funcionamiento del asiento del operador
	4	Inspeccionar los amortiguadores de puerta
	5	Inspeccionar funcionamiento de bocina y alarma de retroceso
	6	Inspeccionar funcionamiento de limpiaparabrisas
	7	Limpiar interior de cabina y vidrios antes de entregar el equipo
<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>	1	Medir desgaste de GETS (ver formato) de lampón y ripper
	2	Verificar estado y/o ajuste de pernos de cuchillas y cantoneras
	3	Revisar fisuras de brazos y cubos
	4	Revisar fisuras en la hoja topadora



	5	Inspeccionar escaleras de acceso y pasamanos
<b>SISTEMA DE RODAMIENTO</b>	1	Realizar limpieza a las orugas, retirar toda arena, piedra y barro
	2	<b>RODILLOS SUPERIORES</b>
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	3	<b>RODILLO INFERIORES</b>
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	4	<b>RUEDAS GUIAS Y BOGGIE FRONTAL</b>
		Fuga de aceite en pines de ruedas guías
		Golpes, abolladuras, desgastes en ruedas guías
		Juego axial y fricción entre boggie frontal y bastidor
		Fuga de aceite por pines de boggie frontal
		Medición de temperaturas de pines de ruedas guías
		Medición de temperaturas de pines de boggie frontal
	5	<b>SPROCKETS.</b> Roturas, desgaste, pernos sueltos



	6	ZAPATAS, PERNOS Y TUERCAS DE ZAPATAS. Desgaste, sueltos
	7	Inspección de pernos de zapata master
	8	ESLABON MASTER. Roturas, desgaste, pernos sueltos
	9	PINES Y BOCINAS. Roturas, rajaduras y desgaste
	10	BOOGIES. Desalineamiento, fugas
	11	BASTIDO. Fisuras, fugas de aceite, daño estructural.
	12	Inspeccionar nivel de aceite de rodamiento pivote
	13	Inspeccionar nivel de aceite de l resorte de amortiguador
	14	PROTECTORES. Fisura, pernos sueltos.
	15	INSPECCION VISUAL DE BOCINAS DE CADENA. Rajadura y/o rotura.
	16	GRASERA. Fugas de grasa, obstrucción.
	17	Tensado de cadenas. Nota: La dimensión debe estar entre 3 a 4 cm en terrenos duros y rocosos en terrenos suaves de 2 a 3 cm.
<b>MANDOS FINALES</b>	1	Inspeccionar fugas de aceite por sellos espejo
	2	Inspeccionar nivel de aceite
	3	Tomas muestra de tapones magnéticos
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>	1	Inspección de cilindros hidráulicos - fugas, ralladuras en vástagos
	2	Inspección de joystick de levante e inclinación - posición, juego y funcionamiento
	3	Inspección de bombas - ruidos, performance, fugas de aceite



SISTEMA DE MICROFILTRADO DE COMBUSTIBLE	1	Inspeccionar si el micro filtrado está operativo
	2	Inspeccionar manómetro de saturación de filtros (presión máx.)
	3	Inspeccionar mangueras de ingreso y salida de combustible
	4	Inspeccionar cableado eléctrico e interruptor de encendido
	5	Inspeccionar ajuste de pernos de anclaje y amortiguadores
SISTEMA DE LUBRICACION	1	Engrasar las juntas de unión de los brazos y hoja topadora
	2	Engrasar ejes de barra ecualizadora laterales
	3	Engrasar eje de barra ecualizadora central
	4	Engrasar el pedal de freno
	5	Engrasar junta universal
ARRANQUE Y PRUEBAS	1	Realizar Quick PM según procedimiento luego del mantenimiento
	2	Volver a descargar VHMS con Snapshot del Quick PM

**PROCESO DE MANTENIMIENTO PM2 500 HORAS**

<b>PROCESO DE MANTENIMIENTO PM2 (500 HORAS)</b>		
<b>MUESTRAS DE ACEITE</b>	1	Aceite de motor
	2	Aceite hidráulico, transmisión y mandos finales
	3	Aceite de mando final derecho e izquierdo
	4	Descarga data VHMS
	5	Descarga data INSITE
	6	Resetear mantenimiento en el panel de control
<b>MOTOR</b>	1	Cambiar aceite de motor
	2	Cambiar y muestrear filtros de motor
	3	Cambiar los pre filtros de combustible
	4	Cambiar y muestrear los filtros de combustible
	5	Evaluar, limpiar y/o cambiar los filtro primarios y secundarios
	6	Evaluar, limpiar el respiradero de tanque de combustible
	7	Drenar el agua y sedimentos en el tanque de combustible
	8	Inspeccionar, corregir fugas de aceite (tapa de balancines, etc.) y/o combustible
	9	Inspeccionar estado de ductos de admisión
	10	Revisar abrazaderas de mangueras entre filtro de aire - turbo cargador
	11	Revisar abrazaderas de mangueras entre turbo cargador - aftercooler motor
	12	Revisar abrazaderas de mangueras entre aftercooler - motor
	13	Inspeccionar nivel de aceite de motor



	14	Inspeccionar nivel de refrigerante en radiador (tapa de radiador) y tanque de expansión
	15	Inspeccionar estado de radiador (panel y aletas de ventilador), enfriador de aceite y aftercooler
	16	Limpiar el strainer de tanque de combustible
	17	Ajustar abrazadera de tubo de entrada de radiador (parte baja)
	18	Limpiar filtros de respiradero de motor
	19	Inspeccionar soporte delantero de plataforma superior del motor
	20	Inspección de gomas de ciclón de aire
	21	Inspeccionar Válvula restrictor del filtro aire (anotar valor encontrados)
	22	Medir Presiones de Refuerzo RH y LH (Min 107 kPa)
	23	Anotar valores medidos en el cuadro
	24	Realizar medición en temperatura de trabajo
<b>TREN DE POTENCIA</b>	1	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de transmisión
	2	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de convertidor de torque
	3	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de Lubricación de transmisión
	4	Inspeccionar el nivel de aceite de dámper
	5	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión
	6	Muestreo, fotografía y limpieza de strainer magnético
	7	Inspeccionar joystick de dirección y cambios + posición, juego
	8	Inspeccionar desempeño del sistema de freno de equipo
	9	Inspeccionar nivel de aceite de los mandos finales (izquierdo y derecho)

	10	Inspeccionar fugas de aceite por mandos finales (izquierdo y derecho)
	11	Muestrear tapones magnéticos, tomar muestra muestra en caso las limaduras sean visibles (mandos finales)
	12	Muestrear, Evaluar, lavar y/o cambiar strainer magnético (tomar fotografías)
<b>HIDRAULICO</b>	1	Chequear daños en cromado de vástago o rótulas de cilindros del lampón
	2	Chequear daños en cromado de vástago o rotulas de cilindros de ripper
	3	Limpiar el respirador del tanque hidráulico
	4	Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico
	5	Inspeccionar, corregir fugas de aceite en líneas de presión
	6	Purgar el aire del sistema hidráulico
	7	Limpiar el respiradero de la dirección
<b>SISTEMA ELECTRICO DE 24 Volt.</b>	1	Inspeccionar y/o ajustar tensado de la faja del alternador
	2	Inspeccionar carga de alternador de 24 Volt.
	3	Inspeccionar estado y bornes de baterías, nivel del electrolito
	4	Encendido de luces frontales del equipo
	5	Encendido de luces posterior del equipo
	6	Encendido del resto de luces: Emergencia, circulina, otros.
	7	Indicadores análogos de panel monitor principal
	8	Inspeccionar alarmas del equipo en monitor principal
	9	Inspeccionar interruptores en general



CABINA DEL EQUIPO	1	Inspeccionar operatividad la calefacción, aire acondicionado
	2	Inspeccionar tensado de la faja del aire acondicionado
	3	Lubricar visagras y seguros de las puertas de cabina
	4	Inspeccionar nivel de fluido para limpiaparabrisas.
	5	Inspeccionar funcionamiento del asiento del operador
	6	Inspeccionar y/o cambiar los amortiguadores de puerta
	7	Inspeccionar funcionamiento de bocina y alarma
	8	Inspeccionar y/o cambiar funcionamiento de limpiaparabrisas
	9	Limpiar interior de cabina y vidrios antes de entregar operativo
	10	Limpiar filtros de aire acondicionado externo y recirculación de cabina
EQUIPO DE TRABAJO	1	Medir desgaste de GETS (ver formato) de lampón y ripper
	2	Verificar estado y/o ajuste de pernos de cuchillas y cantoneras
	3	Revisar fisuras de brazos y cubos
	4	Revisar fisuras en la hoja topadora
	5	Inspeccionar escaleras de acceso y pasamanos
SISTEMA DE RODAMIENTO	1	Realizar limpieza a las orugas, retirar toda arena, piedra y barro
	2	RODILLOS SUPERIORES
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de



		lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	3	<b>RODILLO INFERIORES</b>
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	4	<b>RUEDAS GUIAS Y BOGGIE FRONTAL</b>
		Fuga de aceite en pines de ruedas guías
		Golpes, abolladuras, desgastes en ruedas guías
		Juego axial y fricción entre boggie frontal y bastidor
		Fuga de aceite por pines de boggie frontal
		Medición de temperaturas de pines de ruedas guías
		Medición de temperaturas de pines de boggie frontal
	5	<b>SPROCKETS. Roturas, desgaste, pernos sueltos</b>
	6	<b>ZAPATAS, PERNOS Y TUERCAS DE ZAPATAS. Desgaste, sueltos</b>
	7	<b>Inspección de pernos de zapata master</b>
	8	<b>ESLABON MASTER. Roturas, desgaste, pernos sueltos</b>
	9	<b>PINES Y BOCINAS. Roturas, rajaduras y desgaste</b>
	10	<b>BOOGIES. Desalineamiento, fugas</b>
	11	<b>BASTIDO. Fisuras, fugas de aceite, daño estructural.</b>

	12	Inspeccionar nivel de aceite de rodamiento pivote
	13	Inspeccionar nivel de aceite de l resorte de amortiguador
	14	PROTECTORES. Fisura, pernos sueltos.
	15	INSPECCION VISUAL DE BOCINAS DE CADENA. Rajadura y/o rotura.
	16	GRASERA. Fugas de grasa, obstrucción.
	17	Tensado de cadenas. Nota: La dimensión debe estar entre 3 a 4 cm en terrenos duros y rocosos en terrenos suaves de 2 a 3 cm.
<b>SISTEMA DE LUBRICACION</b>	1	Engrasar las juntas de unión de los brazos y hoja topadora(3 ptos)
	2	Engrasar ejes de barra ecualizadora laterales (2 ptos)
	3	Engrasar eje de barra ecualizadora central (1 pto)
	4	Engrasar el pedal desacelerador (1 pto)
	5	Engrasar el pedal de freno (3 ptos)
	6	Engrasar links de control de dirección (4 ptos)
	7	Engrasar junta universal (2 ptos)
<b>SISTEMA DE MICROFILTRADO DE COMBUSTIBLE</b>	1	PRESION (Valor máximo permitido 3.5 bares)
	2	Conteo de partículas de micro filtrado ISO4406 (18/16/13)
	3	Reemplazar filtros si la presión es mayor a 2.4 bares ó 1000 hrs de operación y realizar inspección acorde al checklist respectivo (colocar medida de presión encontrada).
<b>ARRANQUE Y PRUEBAS</b>	1	Realizar Quick PM según procedimiento luego del mantenimiento



	2	Volver a descargar VHMS con Snapshot del Quick PM
--	---	---

**PROCESO DE MANTENIMIENTO PM3 1000 HORAS**

PROCESO DE MANTENIMIENTO PM3 (1000 HORAS)		
MUESTRAS DE ACEITE	1	Aceite de motor
	2	Aceite hidráulico, transmisión y mandos finales
	3	Aceite de mando final derecho e izquierdo
	4	Descarga data VHMS
	5	Descarga data INSITE
	6	Resetear mantenimiento en el panel de control
MOTOR	1	Cambiar aceite de motor
	2	Cambiar y muestrear filtros de motor
	3	Cambiar los pre filtros de combustible
	4	Cambiar y muestrear los filtros de combustible
	5	Evaluar, limpiar y/o cambiar los filtro primarios y secundarios
	6	Evaluar, limpiar el respiradero de tanque de combustible
	7	Drenar el agua y sedimentos en el tanque de combustible
	8	Inspeccionar, corregir fugas de aceite (tapa de balancines, etc) y/o combustible
	9	Inspeccionar estado de ductos de admisión
	10	Revisar abrazaderas de mangueras entre filtro de aire - turbo cargador
	11	Revisar abrazaderas de mangueras entre turbo cargador - aftercooler motor



	12	Revisar abrazaderas de mangueras entre aftercooler - motor
	13	Inspeccionar nivel de aceite de motor
	14	Inspeccionar nivel de refrigerante en radiador (tapa de radiador) y tanque de expansión
	15	Inspeccionar estado de radiador (panel y aletas de ventilador), enfriador de aceite y aftercooler
	16	Limpiar el strainer de tanque de combustible
	17	Ajustar abrazadera de tubo de entrada de radiador (parte baja)
	18	Limpiar filtros de respiradero de motor
	19	Inspeccionar soporte delantero de plataforma superior del motor
	20	Inspección de gomas de ciclón de aire
	21	Inspeccionar Válvula restrictor del filtro aire (anotar valor encontrados)
	22	Medir Presiones de Refuerzo RH y LH (Min 107 kPa)
	23	Anotar valores medidos en el cuadro
	24	Realizar medición en temperatura de trabajo
<b>TREN DE POTENCIA</b>	1	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de transmisión
	2	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de convertidor de torque
	3	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de Lubricación de transmisión
	4	Inspeccionar el nivel de aceite de dámper
	5	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión
	6	Muestreo, fotografía y limpieza de strainer magnético
	7	Inspeccionar joystick de dirección y cambios + posición, juego



	8	Inspeccionar desempeño del sistema de freno de equipo
	9	Inspeccionar nivel de aceite de los mandos finales (izquierdo y derecho)
	10	Inspeccionar fugas de aceite por mandos finales (izquierdo y derecho)
	11	Muestrear taponés magnéticos, tomar muestra en caso las limaduras sean visibles (mandos finales)
	12	Lavar respiradero de la caja de embrague de dirección.
	13	Muestrear, Evaluar, lavar y/o cambiar strainer magnético (tomar fotografías)
	14	Lavar respiradero del dámper.
<b>HIDRAULICO</b>	1	Chequear daños en cromado de vástago o rótulas de cilindros del lampón
	2	Chequear daños en cromado de vástago o rotulas de cilindros de ripper
	3	Limpiar el respirador del tanque hidráulico
	4	Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico
	5	Inspeccionar, corregir fugas de aceite en líneas de presión
	6	Purgar el aire del sistema hidráulico
	7	Limpiar el respiradero de la dirección
<b>SISTEMA ELECTRICO DE 24 Volt.</b>	1	Inspeccionar y/o ajustar tensado de la faja del alternador
	2	Inspeccionar carga de alternador de 24 Volt.
	3	Inspeccionar estado y bornes de baterías, nivel del electrolito
	4	Encendido de luces frontales del equipo
	5	Encendido de luces posterior del equipo



	6	Encendido del resto de luces: Emergencia, circulina, otros.
	7	Indicadores análogos de panel monitor principal
	8	Inspeccionar alarmas del equipo en monitor principal
	9	Inspeccionar interruptores en general
<b>CABINA DEL EQUIPO</b>	1	Inspeccionar operatividad la calefacción, aire acondicionado
	2	Inspeccionar tensado de la faja del aire acondicionado
	3	Lubricar visagras y seguros de las puertas de cabina
	4	Inspeccionar nivel de fluido para limpiaparabrisas.
	5	Inspeccionar funcionamiento del asiento del operador
	6	Inspeccionar y/o cambiar los amortiguadores de puerta
	7	Inspeccionar funcionamiento de bocina y alarma
	8	Inspeccionar y/o cambiar funcionamiento de limpiaparabrisas
	9	Limpiar interior de cabina y vidrios antes de entregar operativo
	10	Limpiar filtros de aire acondicionado externo y recirculación de cabina
<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>	1	Medir desgaste de GETS (ver formato) de lampón y ripper
	2	Verificar estado y/o ajuste de pernos de cuchillas y cantoneras
	3	Revisar fisuras de brazos y cubos
	4	Revisar fisuras en la hoja topadora
	5	Inspeccionar escaleras de acceso y pasamanos
<b>SISTEMA DE</b>	1	Realizar limpieza a las orugas, retirar toda arena, piedra y



RODAMIENTO		barro
	2	RODILLOS SUPERIORES
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	3	RODILLO INFERIORES
		Lado izquierdo
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
		Lado derecho
		Medición de temperaturas de pines de rodillo superiores (control de fricción de componente y/o pérdida de lubricante)
	4	RUEDAS GUIAS Y BOGGIE FRONTAL
		Fuga de aceite en pines de ruedas guías
		Golpes, abolladuras, desgastes en ruedas guías
		Juego axial y fricción entre boggie frontal y bastidor
		Fuga de aceite por pines de boggie frontal
		Medición de temperaturas de pines de ruedas guías
		Medición de temperaturas de pines de boggie frontal
	5	SPROCKETS. Roturas, desgaste, pernos sueltos
	6	ZAPATAS, PERNOS Y TUERCAS DE ZAPATAS. Desgaste, sueltos



	7	Inspección de pernos de zapata master
	8	ESLABON MASTER. Roturas, desgaste, pernos sueltos
	9	PINES Y BOCINAS. Roturas, rajaduras y desgaste
	10	BOOGIES. Desalineamiento, fugas
	11	BASTIDO. Fisuras, fugas de aceite, daño estructural.
	12	Inspeccionar nivel de aceite de rodamiento pivote
	13	Inspeccionar nivel de aceite de l resorte de amortiguador
	14	PROTECTORES. Fisura, pernos sueltos.
	15	INSPECCION VISUAL DE BOCINAS DE CADENA. Rajadura y/o rotura.
	16	GRASERA. Fugas de grasa, obstrucción.
	17	Tensado de cadenas. Nota: La dimensión debe estar entre 3 a 4 cm en terrenos duros y rocosos en terrenos suaves de 2 a 3 cm.
<b>MICROFILTRADO</b>	1	PRESION (Valor máximo permitido 3.5 bares)
	2	Conteo de partículas de micro filtrado ISO4406 (18/16/13)
	3	Reemplazar filtros si la presión es mayor a 2.4 bares ó 1000 horas de operación y realizar inspección acorde al checklist respectivo (colocar medida de presión encontrada).
<b>SISTEMA DE LUBRICACION</b>	1	Engrasar las juntas de unión de los brazos y hoja topadora(3 ptos)
	2	Engrasar ejes de barra ecualizadora laterales (2 ptos)
	3	Engrasar eje de barra ecualizadora central (1 pto)
	4	Engrasar el pedal desacelerador (1 pto)
	5	Engrasar el pedal de freno (3 ptos)
	6	Engrasar links de control de dirección (4 ptos)

	7	Engrasar junta universal (2 ptos)
<b>SISTEMA DE MICROFILTRADO DE COMBUSTIBLE</b>	1	PRESION (Valor máximo permitido 3.5 bares)
	2	Conteo de partículas de micro filtrado ISO4406 (18/16/13)
	3	Reemplazar filtros si la presión es mayor a 2.4 bares ó 1000 horas de operación y realizar inspección acorde al checklist respectivo (colocar medida de presión encontrada).
<b>ARRANQUE Y PRUEBAS</b>	1	Realizar Quick PM según procedimiento luego del mantenimiento
	2	Volver a descargar VHMS con Snapshot del Quick PM

**PROCESO DE MANTENIMIENTO PM4 2000 HORAS**

<b>PROCESO DE MANTENIMIENTO PM4 (2000 HORAS)</b>		
<b>MUESTRAS DE ACEITE</b>	1	Aceite de motor
	2	Aceite hidráulico, transmisión y mandos finales
	3	Aceite de mando final derecho e izquierdo
	4	Descarga data VHMS
	5	Descarga data INSITE
	6	Resetear mantenimiento en el panel de control
<b>MOTOR</b>	1	Cambiar aceite de motor
	2	Cambiar y muestrear filtros de motor



3	Cambiar los pre filtros de combustible
4	Cambiar y muestrear los filtros de combustible
5	Evaluar, limpiar y/o cambiar los filtro primarios y secundarios
6	Evaluar, limpiar el respiradero de tanque de combustible
7	Drenar el agua y sedimentos en el tanque de combustible
8	Inspeccionar, corregir fugas de aceite (tapa de balancines, etc.) y/o combustible
9	Inspeccionar estado de ductos de admisión
10	Revisar abrazaderas de mangueras entre filtro de aire - turbo cargador
11	Revisar abrazaderas de mangueras entre turbo cargador - aftercooler motor
12	Revisar abrazaderas de mangueras entre aftercooler – motor
13	Inspeccionar nivel de aceite de motor
14	Inspeccionar nivel de refrigerante en radiador (tapa de radiador) y tanque de expansión
15	Inspeccionar estado de radiador (panel y aletas de ventilador), enfriador de aceite y aftercooler
16	Limpiar el strainer de tanque de combustible
17	Ajustar abrazadera de tubo de entrada de radiador (parte baja)
18	Limpiar filtros de respiradero de motor
19	Inspeccionar soporte delantero de plataforma superior del motor
20	Inspección de gomas de ciclón de aire
21	Inspeccionar Válvula restrictor del filtro aire (anotar valor encontrados)
22	Medir Presiones de Refuerzo RH y LH (Min 107 kPa)

	23	Anotar valores medidos en el cuadro
	24	Realizar medición en temperatura de trabajo
<b>TREN DE POTENCIA</b>	1	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de transmisión
	2	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de convertidor de torque
	3	Cambiar y Muestrear el elemento del filtro de Lubricación de transmisión
	4	Inspeccionar el nivel de aceite de dámper
	5	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión
	6	Muestreo, fotografía y limpieza de strainer magnético
	7	Inspeccionar joystick de dirección y cambios + posición, juego
	8	Inspeccionar desempeño del sistema de freno de equipo
	9	Inspeccionar nivel de aceite de los mandos finales (izquierdo y derecho)
	10	Inspeccionar fugas de aceite por mandos finales (izquierdo y derecho)
	11	Muestrear tapones magnéticos, tomar muestra en caso las limaduras sean visibles (mandos finales)
	12	Muestrear, Evaluar, lavar y/o cambiar strainer magnético (tomar fotografías)
<b>HIDRAULICO</b>	1	Chequear daños en cromado de vástago o rótulas de cilindros del lampón
	2	Cambiar aceite del tanque hidráulico
	3	Cambio y Muestreo del elemento del tanque hidráulico
	4	Inspeccionar la presión de carga de nitrógeno en



		acumulador (PPC)
	5	Limpiar el strainer del tanque hidráulico
	6	Chequear daños en cromado de vástago o rotulas de cilindros de ripper
	7	Cambiar el respirador del tanque hidráulico
		Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico
		Inspeccionar, corregir fugas de aceite en líneas de presión
		Purgar el aire del sistema hidráulico
		Cambiar el acumulador de la ppc (sólo cada 4000 horas)
		Limpiar el respiradero de la dirección
<b>SISTEMA ELECTRICO DE 24 Volt.</b>	1	Inspeccionar y/o ajustar tensado de la faja del alternador
	2	Inspeccionar carga de alternador de 24 Volt.
	3	Inspeccionar estado y bornes de baterías, nivel del electrolito
	4	Encendido de luces frontales del equipo
	5	Encendido de luces posterior del equipo
	6	Encendido del resto de luces: Emergencia, circulina, otros.
	7	Indicadores análogos de panel monitor principal
	8	Inspeccionar alarmas del equipo en monitor principal
	9	Inspeccionar interruptores en general
<b>CABINA DEL EQUIPO</b>	1	Inspeccionar operatividad la calefacción, aire acondicionado
	2	Inspeccionar tensado de la faja del aire acondicionado



	3	Lubricar visagras y seguros de las puertas de cabina
	4	Inspeccionar nivel de fluido para limpiaparabrisas.
	5	Inspeccionar funcionamiento del asiento del operador
	6	Inspeccionar y/o cambiar los amortiguadores de puerta
	7	Inspeccionar funcionamiento de bocina y alarma
	8	Inspeccionar y/o cambiar funcionamiento de limpiaparabrisas
	9	Limpiar interior de cabina y vidrios antes de entregar operativo
	10	Limpiar filtros de aire acondicionado externo y recirculación de cabina
EQUIPO DE TRABAJO	1	Medir desgaste de GETS (ver formato) de lampón y ripper
	2	Verificar estado y/o ajuste de pernos de cuchillas y cantoneras
	3	Revisar fisuras de brazos y cubos
	4	Revisar fisuras en la hoja topadora
	5	Inspeccionar escaleras de acceso y pasamanos
SISTEMA DE RODAMIENTO	1	Realizar Limpieza a las Orugas, retirar toda arena, piedra, barro
	2	Realizar Medición KUC y Tomar Fotos a componentes del Sistema de Rodado (Ver Imágenes)
	3	Tensado de cadenas. Nota: La dimensión (a) debe de estar entre 3 a 4 cm en terrenos duros y rocosos; en terrenos suaves de 2 a 3 cm.
	4	<b>SPROCKETS</b> - roturas, desgaste, pernos sueltos
	5	<b>ZAPATAS, PERNOS Y TUERCAS DE ZAPATAS -</b>



		desgaste, sueltos
		Inspección de pernos de zapata master
	6	<b>ESLABÓN MASTER</b> - roturas, desgaste, pernos sueltos
	7	<b>PINES Y BOCINAS</b> - roturas, rajaduras y desgaste,
	8	<b>BOOGIES</b> - Desalineamiento, juego radial, fricción, nivel de aceite del eje.
	9	<b>BASTIDOR</b> - fisuras, fugas de aceite, daño estructural.
		Inspeccionar nivel de aceite del rodamiento pivote (10 - 30 mm)
		Inspeccionar nivel de aceite del resorte amortiguador (90 - 110 mm)
	10	<b>PROTECTORES</b> - fisura, pernos sueltos
	11	<b>INSPECCION VISUAL DE BOCINAS DE CADENA</b> - rajadura y/o rotura
	12	<b>GRASERA</b> - fugas de grasa, obstrucción.
	13	<b>RODILLOS SUPERIORES</b> - Desgaste, pestañas rotas, fisuras
		Medición de Temperaturas de Pines de Rodillos Superiores
		Inspeccionar Nivel de Aceite de Rodillos Superiores
	14	<b>RODILLOS INFERIORES</b> - Desgaste, pestañas rotas, fisuras
		Medición de Temperaturas de Pines de Rodillos Superiores
		Inspeccionar Nivel de Aceite de Rodillos Superiores
	15	<b>RUEDAS GUIAS y BOGGIE FRONTAL</b>
		Fuga de Aceite en Pines de Ruedas Guías
		Golpes, Abolladuras, Desgastes en Ruedas Guías
		Juego Axial y Fricción entre Boggie Frontal y Bastidor.



		Revisión de niveles de aceite pines de Boggie Frontal
		Medición de Temperaturas de Pines de Ruedas Guías
		Medición de Temperaturas de Pines de Boggie Frontal
<b>SISTEMA DE LUBRICACION</b>	1	Engrasar las juntas de unión de los brazos y hoja topadora(3 ptos)
	2	Engrasar ejes de barra ecualizadora laterales (2 ptos)
	3	Engrasar eje de barra ecualizadora central (1 pto)
	4	Engrasar el pedal desacelerador (1 pto)
	5	Engrasar el pedal de freno (3 ptos)
	6	Engrasar links de control de dirección (4 ptos)
	7	Engrasar junta universal (2 ptos)
<b>SISTEMA DE MICROFILTRADO DE COMBUSTIBLE</b>	1	PRESION (Valor máximo permitido 3.5 bares)
	2	Conteo de partículas de micro filtrado ISO4406 (18/16/13)
	3	Reemplazar filtros si la presión es mayor a 2.4 bares o 1000 horas de operación y realizar inspección acorde al checklist respectivo (colocar medida de presión encontrada).
<b>ARRANQUE Y PRUEBAS</b>	1	Realizar Quick PM según procedimiento luego del mantenimiento
	2	Volver a descargar VHMS con Snapshot del Quick PM

**ANEXO C – IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN LA MANTENIBILIDAD**

**CAMPAÑA DE LA LAVADO DE RADIADORES**

LIMPIEZA DE RADIADORES FLOTA D475			
1. Aplicar el inversor de ventilador para limpieza de polvo y verificar operatividad			
2. Retirar pernos de coraza delantera			
3. Retirar coraza delantera			
4. limpiar la tina y panel inferior de radiador			
5. Aplicar agua a presion hasta retirar material compactado ( barro).			
6. Abrir las compuertas delanteras de radiador para aplicar agua a presion desde adelante, hasta que este libre de material acumulado.			
7. Verificar rejillas de ventilador y soporte de radiador			
			
PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 6
RESPONSABLE: CONDICION ENCONTRADA DE RADIADOR :			DESCRIBIR

**FAVOR ENVIAR EVIDENCIA FOTOGRÁFICA AL PLANER**

INSPECCION DE ANALISIS ESTRUCTURAL

FORMATO DE INSPECCION DE ESTRUCTURA PRINCIPAL D475A

(Inspeccion c/1000hrs)

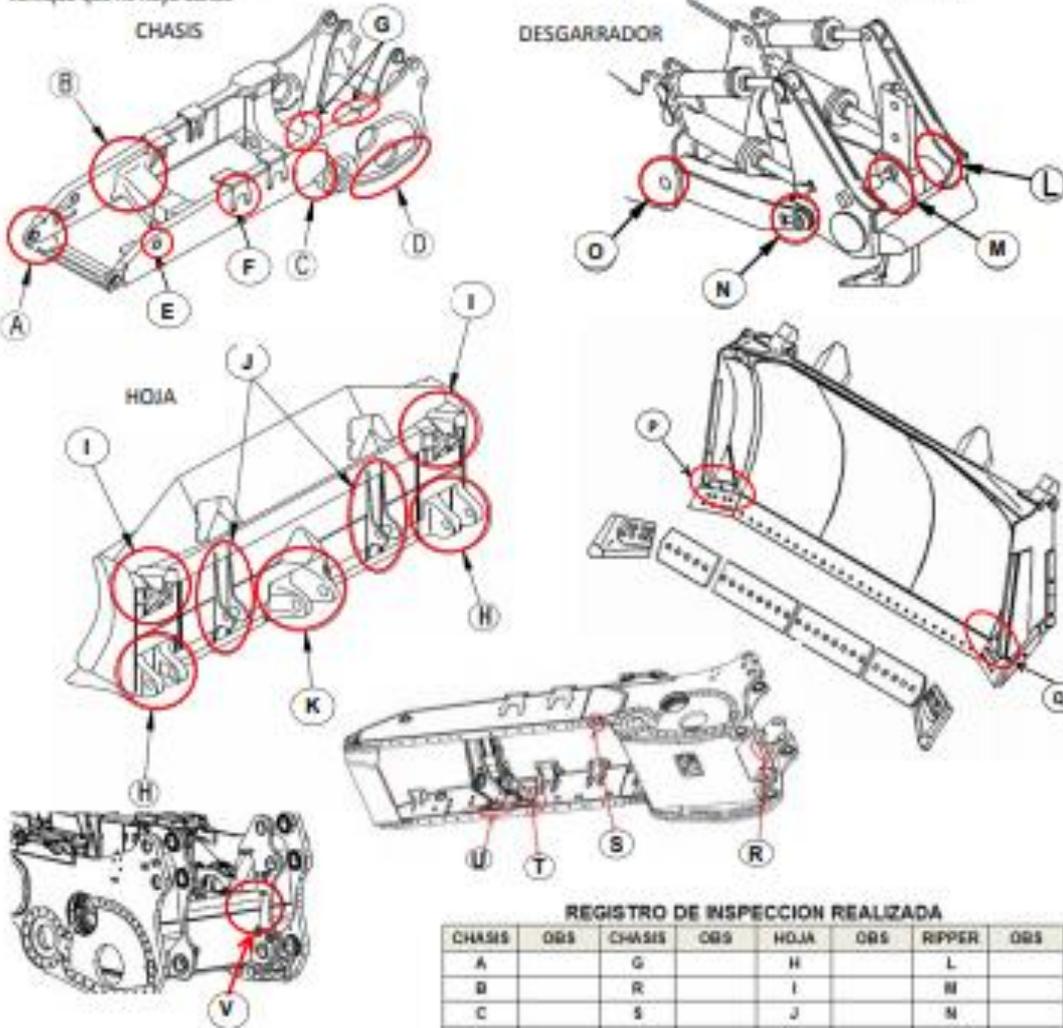
EQUIPO:	HOROMETRO:	FECHA:
---------	------------	--------

PROCESO DE INSPECCION

1. Limpiar área de inspección (retirar el barro y/o lodo adherido)
2. Aplicar tintas penetrantes en caso de encontrarse alguna discontinuidad
3. Registrar imágenes
4. Reportar fallas mediante ITSM.

INSPECCION VISUAL

Cuidadosamente compruebe el material básico de las funciones de acero y las soldaduras en las porciones (A)– (N) y verifique que no haya daños



REGISTRO DE INSPECCION REALIZADA

CHASIS	OBS	CHASIS	OBS	HOJA	OBS	RIPPER	OBS
A		G		H		L	
B		R		I		M	
C		S		J		N	
D		T		K		O	
E		U		P			
F		V		Q			

OBSERVACIONES:

INDICAR SI HAY ALGUNA OBSERVACION, CASO CONTRARIO MARCAR CON UN CHECK (✓)

EN CASO SE ENCUENTREN FIGURAS:

A.- SE DEBEN REGISTRAR 3 IMÁGENES: VISTA COMPLETA DEL EQUIPO (1); VISTA ZONA DE FALLA (2) Y VISTA DE FALLA (3).

B.- LAS IMÁGENES DEBEN SER CLARAS Y PRECISAS

C.- LAS IMÁGENES DE FALLAS DEBEN CONTENER INFORMACION DE: DISCONTINUIDADES CON TINTAS PENETRANTES Y MEDIDA DE DISCONTINUIDAD REGISTRADA CON FLEXOMETRO.

COMENTARIOS:



**FORMATO DE DEMORA**

FORMATO PARA CONTROL DE DURACION DE PM Y DEMORAS				
<b>RECEPCION DEL EQUIPO</b>		<b>ENTREGA DEL EQUIPO</b>		
SUPERVISOR QUE RECEPCIONA EL EQUIPO:		SUPERVISOR QUE ENTREGA EL EQUIPO:		
LIDER QUE RECEPCIONA EL EQUIPO:		LIDER QUE ENTREGA EL EQUIPO:		
FECHA DE INICIO DE LA PARADA:		FECHA DE FIN DE LA PARADA:		
HORA INICIO PARADA (CARGO KOMATSU - DESPUES DEL LAVADO):		HORA FIN PARADA (ENTREGA DE EQUIPO OPERATIVO):		
EQUIPO:	HORÓMETRO:	TEC MEC (H):	TEC ELEC (H):	TEC MOT (H):
TIPO DE PM: 250 <input type="checkbox"/>	500 <input type="checkbox"/>	1000 <input type="checkbox"/>	2000 <input type="checkbox"/>	4000 <input type="checkbox"/>
CONTROL DE DURACION DEL PM NETO (NA = NO APLICA)				
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	DURACION ESTIMADA	FECHA INICIO	FECHA FIN	OBS / JUSTIFICACIÓN DE DEMORA
		HORA INICIO	HORA FIN	
HORA DE LLEGADA AL LAVADERO	*****	*****		
MEDICION DE TEMPERATURA DE RODILLOS E INSPECCION PRELAVADO	30 min			
LAVADO (NO AFECTA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO)	45 min			
PRUEBAS KOMATSU INSPECCION DE PINES Y BOBINAS / UNDERCARRIAGE PRUEBAS DE INVERSOR DE GIRO DE VENTILADOR INSPECCION DE CAIDA DE LAMPÓN Y RIPPER	30min			
PRUEBAS DE REFUERZO DE TURBOS	30 min			
PRUEBAS FINALES DE MOTOR	30 min			
PRUEBAS FINALES EQUIPO (PM CLINIC, QUICOPM, )	30 min			
PM NETO (SEGUN TIPO DE PM - VER TABLA EN EL REVERSO DE LA HOJA)				
CONTROL DE TIEMPOS POR CORRECTIVOS PROGRAMADOS Y NO PROGRAMADOS				
TRABAJOS PROGRAMADOS: BACKLOGS Y/O SOLDADURA	FECHA INICIO	FECHA FIN		
	HORA INICIO	HORA FIN		
BACKLOG 01				
BACKLOG 02				
BACKLOG 03				
BACKLOG 04				
BACKLOG 05				
BACKLOG 06				
BACKLOG 07				
BACKLOG 08				





INSPECCION DE CARRILERIA

KUC		Komatsu Undercarriage Inspection		Customer name:		Address:		Work Order No.		Wet, AR, HD or Dry		Shoe width (mm)		Shoe type		Wear type			
Model: D475A-SE0		Serial: _____		Equip# _____		02001													
Location: Las Bambas		SMR: _____		Dealer: _____		Inspector: _____													
Soil condition: TT		Inspection Date (yy/mm/dd): _____		Wear %:		New		Rebuilt		Hours on Parts:		Approximate date of change:		Observación:					
Working condition: TT		New		100% Wear		Measured (mm)		Wear %		New		Rebuilt		Hours on Parts		Approximate date of change		Observación	
<p>LINK PITCH</p>	R	LH	1271.2	1283.2															
		RH	1271.2	1283.2															
	M	LH	317.80	320.80															
		RH	317.80	320.80															
<p>LINK HEIGHT</p>	LH	199.0	181.0																
	RH	199.0	181.0																
<p>SUSPENSION CD</p>	LH	116.0	107.5																
	RH	116.0	107.5																
<p>GRINDER HEIGHT</p>	LH	105.0	35.0																
	RH	105.0	35.0																
<p>CARRIER ROLLER</p>	Front	LH	240.0	215.0															
		RH	240.0	215.0															
	Rear	LH	240.0	215.0															
		RH	240.0	215.0															
<p>IDLER</p>	Front	LH	26.5	42.0															
		RH	26.5	42.0															
	Rear	LH	26.5	42.0															
		RH	26.5	42.0															
<p>TRACK ROLLER</p>	1	LH	310.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	300.0	260.0															
		LH	310.0	260.0															
	2	RH	310.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	300.0	260.0															
		RH	310.0	260.0															
<p>SPROCKET</p>	LH	0.0	6.0																
	RH	0.0	6.0																

## ANEXO D – REPORTE DISPONIBILIDADES MECANICAS Y CONTRACTUALES

## REPORTE DISPONIBILIDADES MECÁNICAS Y CONTRACTUALES

(DICIEMBRE 2017)

En reunión entre Planeamiento MMG y KOMATSU se concilió la disponibilidad de la flota Komatsu D475-5E0 correspondiente al mes de Diciembre 2017.

FLOTA D475-5E0			
MES	Disponibilidad Contractual - Komatsu	Disponibilidad Mecánica Las Bambas	Disponibilidad Física Las Bambas
Enero	86.03%	84.56%	83.98%
Febrero	88.62%	86.07%	84.39%
Marzo	91.02%	88.97%	87.59%
Abril	88.97%	87.42%	85.67%
Mayo	87.03%	85.02%	84.65%
Junio	91.88%	89.69%	89.40%
Julio	88.28%	86.64%	86.08%
Agosto	91.52%	89.73%	86.65%
Septiembre	89.69%	88.36%	87.77%
Octubre	89.66%	88.28%	85.47%
Noviembre	89.09%	87.56%	85.34%
Diciembre	90.36%	88.40%	86.99%
ANUAL – 2017	89.35%	87.56%	86.17%

Las Bambas, 07 de Enero del 2018.

KOMATSU MITSUBISHI QUINARIA PERU S.A.  
  
Roy Zanabria  
ING. PREDICTIVO LP LAS BAMBAS

KOMATSU MITSUBISHI QUINARIA PERU S.A.  
  
Juan José Castro Morales  
ING. DE MANTENIMIENTO

7 ENE '18  
Humberto Tejada  
Supervisor Senior  
Planeamiento  
Mantenimiento  
LAS BAMBAS