UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Elaboración de un plan de mantenimiento en la planta procesadora de palta Cerro Prieto para reducir las fallas de equipos

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

AUTOR

Luis Jhonnatan Lopez Ramos

ASESOR

Lucio Antonio Llontop Mendoza

https://orcid.org/0000-0002-2561-0126

Chiclayo, 2025

Elaboración de un plan de mantenimiento en la planta procesadora de palta Cerro Prieto para reducir las fallas de equipos

PRESENTADA POR

Luis Jhonnatan Lopez Ramos

A la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalú Morante

PRESIDENTE

Wilson Jiménez Zuloeta

SECRETARIO

Lucio Antonio Llontop Mendoza

VOCAL

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme sabiduría para poder llegar hasta esta etapa de mi vida y guiarme siempre por el buen camino.

A mis padres y hermanos, por darme su apoyo incondicional, cariño, confianza, motivación y fortaleza para seguir adelante con esta investigación y poder culminarla.

A mi asesor, Lucio Llontop Mendoza, por brindarme su apoyo, orientación y paciencia en el desarrollo de esta investigación.

A la empresa Agrícola Cerro Prieto, por brindarme toda la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre en mi vida y guiarme por el buen camino.
A mis padres, Mileny Ramos Polo y Darwin López Dávila, por darme fortaleza, ánimos, cariño y velar siempre por mi bienestar y desarrollo en mi formación profesional.

Elaboración de un plan de mantenimiento en la planta procesadora de palta Cerro Prieto para reducir las fallas de equipos

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	23%	2%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	15%
2	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	2%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
5	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	el-soporte-tecnico.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.umb.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN.....13

ABSTRACT.....14

I. INTRODUCCIÓN: 15

1.1. Objetivo general: 16

1.2. Objetivos específicos: 16

II. MARCO TEÓRICO.....16

2.1. Mantenimiento.....17

2.2. Mantenimiento Correctivo.....18

2.3. Mantenimiento Preventivo.....18

2.4. Objetivos y Alcances del Mantenimiento Preventivo 18

2.5. Indicadores de Gestión de Mantenimiento.....19

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (MATERIALES Y METODOS).....19

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN 20

4.1. Diagnóstico de la gestión del mantenimiento actual en la línea empacadora 20

4.2. Descripción del sistema de producción.....21

4.3. Descripción del proceso.....22

4.4. Maquinaria de la línea de empaquetado de palta 25

4.5. Área de mantenimiento.....29

4.6. Eficiencia general de los equipos OEE.....30

4.7. Cálculo OEE.....30

4.8. Disponibilidad en OEE.....30

4.9. Rendimiento en OEE.....31

4.10. Calidad en OEE 31

4.11. Cálculo OEE en la empresa Agrícola Cerro Prieto. 32

4.12. Razones de paros en máquinas 46

4.13. Análisis estadístico según total de paros.....73

4.14. Análisis Modal y Efecto de Fallos (Amef) 104

4.15. Análisis modal de fallos del volcador de bins.....104

4.16. Análisis modal de fallos de la tina de lavado 105

4.17. Análisis modal de fallos de la faja transportadora 105

4.18. Análisis modal de fallos de la calibradora 106

4.19. Diseño y Desarrollo de la Gestión de Mantenimientos Basados en el Riesgo.....107

4.20. Criterios de Riesgos Definidos 107

4.20.1. Nivel de riesgo 107
4.20.2. Grado de obsolescencia 107
4.20.3. Carga de trabajo 107
4.20.4. Estado de conservación 107
4.20.5. Tipo de cliente 107
4.21. Cálculo Del Nivel De Prioridad 107
4.21.1. Nivel de riesgo (NR) 108
4.21.2. Grado de obsolescencia (GO) 108
4.21.3. Carga de trabajo (CT) 109
4.21.4. Estado de conservación (EC) 109
4.21.5. Tipo de cliente (C) 110
4.22. Cálculo del Nivel de Prioridad en la Empresa Agrícola Cerro Prieto. 110
4.22.1. Volcador de Bins 110
4.22.2. Tina de lavado 111
4.22.3. Fajas transportadoras 113
4.22.4. Calibrador 114
4.23. Planteamiento de Mejoras 116
4.24. FORMATO SOLICITUD MANTENIMIENTO 127
4.25. FORMATO PARA ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO 128
4.26. FORMATO PARA EL DETALLE O REGISTRO DE LOS MANTENIMIENTOS POR MAQUINARIAS Y EQUIPOS. 131
4.27. FORMATO PARA REGISTRO DE FALLAS 133
4.28. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL 135
4.29. PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL 136
4.30. PLANTEAMIENTO DE NUEVO ORGANIGRAMA 138
4.31. OBJETIVO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA 139
4.31.1. Costo total de Mantenimiento Correctivo de la empresa Agrícola Cerro Prieto S.A.C. 139
4.31.2. Costo de herramientas y materiales 139
4.31.3. Costo de inversión total del Mantenimiento Preventivo 141
V. CONCLUSIONES 143
VI. RECOMENDACIONES 144
VII. BIBLIOGRAFÍA 144
VIII. ANEXOS 145
8.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL VOLCADOR DE BINS 145
8.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA TINA DE LAVADO 148

8.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA B. TRANSPORTADOR.....151
8.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL CALIBRADOR.....154

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Presentaciones de Palta Hass..... 21
Tabla 2. Maquinaria y/o equipos de la empresa Agrícola Cerro Prieto. 25
Tabla 3. Parámetros técnicos del Volcador de Bins. 32
Tabla 4. Parámetros técnicos de la Tina de lavado. 33
Tabla 5. Parámetros técnicos de la Faja transportadora. 33
Tabla 6. Parámetros técnicos del Calibrador. 34
Tabla 7. Tiempo laborable (horas/mes)..... 34
Tabla 8. Tiempo laborable (min/mes) 35
Tabla 9. Tiempo no laborable (horas/mes)..... 35
Tabla 10. Tiempo no laborable (min/mes) 36
Tabla 11. Tiempo de preparación de la maquinaria (horas/mes) 36
Tabla 12. Tiempo de preparación de la maquinaria (min/mes)..... 37
Tabla 13. Tiempo de paradas programadas (horas/mes)..... 37
Tabla 14. Tiempo de paradas programadas (min/mes) 38
Tabla 15. Tiempo de paradas no programadas (horas/mes)..... 38
Tabla 16. Tiempo de paradas no programadas (min/mes) 39
Tabla 17. Datos para el cálculo OEE en horas/ año 40
Tabla 18. Datos para el cálculo OEE en min/ año..... 41
Tabla 19. Datos para el cálculo de la disponibilidad en horas/ año 41
Tabla 20. Datos para el cálculo de la eficiencia en cajas/año 42
Tabla 21. Datos para el cálculo de la calidad en cajas/ año 42
Tabla 22. Cálculo de la OEE para las máquinas 43
Tabla 23. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2019 46
Tabla 24. Registro de Fallas en el mes de abril de 2019..... 48
Tabla 25. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2019 49
Tabla 26. Registro de Fallas en el mes de junio de 2019..... 51
Tabla 27. Registro de Fallas en el mes de julio de 2019..... 53
Tabla 28. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2019 54
Tabla 29. Registro de Fallas en el mes de abril de 2019..... 55
Tabla 30. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2019 56
Tabla 31. Registro de Fallas en el mes de junio de 2019..... 58
Tabla 32. Registro de Fallas en el mes de julio de 2019..... 60
Tabla 33. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2019 60

Tabla 34. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2020 61
Tabla 35. Registro de Fallas en el mes de abril de 2019 62
Tabla 36. Registro de Fallas en el mes de abril de 2020 62
Tabla 37. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2019 62
Tabla 38. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2020 62
Tabla 39. Registro de Fallas en el mes de junio de 2019 64
Tabla 40. Registro de Fallas en el mes de junio de 2020 64
Tabla 41. Registro de Fallas en el mes de julio de 2019 64
Tabla 42. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2019 65
Tabla 43. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2020 65
Tabla 44. Registro de Fallas en el mes de abril de 2019 67
Tabla 45. Registro de Fallas en el mes de abril de 2020 67
Tabla 46. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2019 69
Tabla 47. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2020 70
Tabla 48. Registro de Fallas en el mes de junio de 2019 71
Tabla 49. Registro de Fallas en el mes de junio de 2020 71
Tabla 50. Registro de Fallas en el mes de julio de 2019 72
Tabla 51. Razones de fallos causantes de paradas en la empresa Agrícola Cerro Prieto 74
Tabla 52. Descripción del volcador de bins 75
Tabla 53. Número de averías del volcador de bins 77
Tabla 54. Tiempo medio de fallas del volcador de bins. 77
Tabla 55. Consecuencias del volcador de bins 78
Tabla 56. Resumen de las consecuencias 78
Tabla 57. Descripción de la tina de lavado 79
Tabla 58. Número de averías de la tina de lavado 79
Tabla 59. Tiempo medio de fallas de la tina de lavado 80
Tabla 60. Consecuencias de la tina de lavado 80
Tabla 61. Resumen de las consecuencias de la tina de lavado 81
Tabla 62. Descripción de la faja transportadora 81
Tabla 63. Número de averías de la faja transportadora 84
Tabla 64. Tiempo medio de fallas de la faja transportadora 84
Tabla 65. Consecuencias de fallos en la faja transportadora 84
Tabla 66. Resumen de las consecuencias de fallas en la faja transportadora 85
Tabla 67. Descripción del calibrador. 85

Tabla 68. Número de averías de calibrador 88
Tabla 69. Tiempo medio de fallas de calibrador 88
Tabla 70. Consecuencias de fallas en calibrador 88
Tabla 71. Resumen de las consecuencias de fallas en calibrador 89
Tabla 72. Priorización de equipos (IMP) 108
Tabla 73. Valoración del nivel de riesgo 108
Tabla 74. Valoración del grado de obsolencia 109
Tabla 75. Valoración de la carga de trabajo 109
Tabla 76. Valoración de estado de conservación 109
Tabla 77. Valoración según el tipo de cliente 110
Tabla 78. Parámetros técnicos del Volcador de Bins. 110
Tabla 79. Parámetros técnicos de la Tina de lavado. 111
Tabla 80. Parámetros técnicos de la Faja transportadora. 113
Tabla 81. Parámetros técnicos del Calibrador. 114
Tabla 82. Resultados y análisis de las maquinarias de Agrícola Cerro Prieto. 115
Tabla 83. Registro de Fallas en el mes de julio de 2020 125
Tabla 84. Formato de solicitud de mantenimiento 127
Tabla 85. Formato para orden de trabajo de mantenimiento 128
Tabla 86. Formato para registro de los mantenimientos por maquinarias y equipos 131
Tabla 87. Formato para registro de fallas 133
Tabla 88. Cronograma de mantenimiento anual 135
Tabla 89. Plan de mantenimiento anual 136
Tabla 90. Costo de M.C. 2019-2020 139
Tabla 91. Inversión total de herramientas 139
Tabla 92. Inversión total de la propuesta. 141
Tabla 93. Matriz de Criticidad-PEP del VB. 145
Tabla 94. Matriz de criticidad-PEP de la TL 148
Tabla 95. Matriz de criticidad-PEP de la banda transportadora. 151
Tabla 96. Matriz de criticidad del calibrador. 154

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa agrícola Cerro Prieto S. A. C. 21
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de empaquetado de palta 23
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de empaquetado de palta 24
Figura 4. Balanza de plataforma 25
Figura 5. Volcador de bins 26
Figura 6. Tina de lavado 27
Figura 7. Faja transportadora 28
Figura 8. Calibradora 28
Figura 9. Pasos para realizar la reparación en las máquinas 30
Figura 10. Cálculo OEE 32
Figura 11. Tiempos para el cálculo OEE para el volcador. 43
Figura 12. Tiempos para el cálculo OEE para la tina de lavado. 44
Figura 13. Tiempos para el cálculo OEE para la faja transportadora. 45
Figura 14. Tiempos para el cálculo OEE para el calibrador. 45
Figura 15. Diagrama de Pareto para las principales fallas causantes de paradas. 74
Figura 16. Árbol lógico del Volcador de Bins 76
Figura 17. Árbol lógico de la banda transportadora 82
Figura 18. Árbol lógico de la tina de lavado 83
Figura 19. Árbol de lógico del calibrador 87
Figura 20. Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte I) 90
Figura 21. Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte II) 91
Figura 22. Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte III) 91
Figura 23. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte I) 92
Figura 24. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte II) 93
Figura 25. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte III) 94
Figura 26. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte I) 94
Figura 27. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte II) 95
Figura 28. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte III) 96
Figura 29. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte I) 96
Figura 30. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte II) 97
Figura 31. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte III) 98
Figura 32. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT4 (parte I) 98
Figura 33. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT4 (parte II) 99

Figura 34. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT4 (parte III)..... 99
Figura 35. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT5 (parte I) 100
Figura 36. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT5 (parte II)..... 100
Figura 37. Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT5 (parte III)..... 101
Figura 38. Árbol de fallas para la máquina Volcador de Bins VB1 (parte I)..... 102
Figura 39. Árbol de fallas para la máquina Volcador de Bins VB1 (parte II) 102
Figura 40. Árbol de fallas para la máquina Volcador de Bins VB1 (parte III)..... 102
Figura 41. Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte I)..... 103
Figura 42. Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte II)..... 103
Figura 43. Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte III) 104
Figura 44. Indicadores de mantenimiento. 116
Figura 45. Procedimiento 123
Figura 46. Procedimiento de funciones cruzadas 124
Figura 47. Organigrama propuesto de la empresa agrícola Cerro Prieto S. A. C. 138

RESUMEN

El objetivo principal de toda empresa es generar la mayor rentabilidad posible para mantenerse en el mercado, que, al ser tan cambiante y competitivo, exige la implementación de tecnologías cada vez más innovadoras y competentes. Una de las estrategias que se usan mayormente es la de liderazgo en costos, reduciendo lo máximo posible los costos de producción para aumentar la rentabilidad percibida. Sin embargo, hay ocasiones en las que hay costos ocultos, los cuales no son percibidos de forma directa, siendo la energía y los costos de mantenimiento las principales.

La gestión de un plan de mantenimiento a partir de las diversas herramientas, metodologías y estrategias es muchas veces ignorada, sin embargo, hoy en día ganando mayor presencia en las empresas, siendo vital para obtener un liderazgo en costos, haciendo un uso eficiente de este recurso y así reduciendo considerablemente los costos de paros y averías que trae consigo como consecuencias una baja gestión de mantenimiento.

En el presente trabajo, se analizará una empresa manufacturera, dedicada a la producción, empaque y comercialización de productos agrícolas de alta calidad siendo uno de ellos la palta, en relación con las estrategias de gestión de mantenimiento con las que actualmente cuenta, y realizar propuestas de mejora.

Palabras clave: Plan de mantenimiento, Análisis de criticidad, reducción de fallas.

ABSTRACT

The main objective of every company is to generate the highest possible profitability to stay in the market, which, being so changing and competitive, requires the implementation of increasingly innovative and competent technologies. One of the most widely used strategies is cost leadership, reducing production costs as much as possible to increase perceived profitability. However, there are times when there are hidden costs, which are not perceived directly, energy and maintenance costs being the main ones.

The management of a maintenance plan from the various tools, methodologies and strategies is often ignored, however, nowadays gaining greater presence in companies, being vital to obtain cost leadership, making efficient use of this resource and thus considerably reducing the costs of stoppages and breakdowns that low maintenance management brings with it as consequences.

In the present work, a manufacturing company will be analyzed, dedicated to the production, packaging and commercialization of high quality agricultural products, one of them being the avocado, in relation to the maintenance management strategies that it currently has, and to make proposals. of improvement.

Keywords: Maintenance plan, Criticality analysis, failure reduction.

I. INTRODUCCIÓN:

Debido a generar una producción eficiente, se ha desarrollado una nueva visión sobre el uso de las máquinas en las empresas industriales; por esta razón se han implementado los fundamentos del mantenimiento industrial (Montenegro, 2016). El mantenimiento, ha evolucionado durante las últimas décadas, y las últimas tendencias han traído otras perspectivas para trabajar en clase mundial (Herrera, 2016). Por esta razón Mora (2009), afirma que su función es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo

El objetivo principal de toda empresa es generar la mayor rentabilidad posible para mantenerse en el mercado, que, al ser tan cambiante y competitivo, exige la implementación de tecnologías cada vez más innovadoras y competentes.

La gestión de un plan de mantenimiento a partir de las diversas herramientas, metodologías y estrategias es muchas veces ignorada, sin embargo, hoy en día ganando mayor presencia en las empresas, siendo vital para obtener un liderazgo en costos, haciendo un uso eficiente de este recurso y así reduciendo considerablemente los costos de paros y averías que trae consigo como consecuencias una baja gestión de mantenimiento.

En el presente trabajo, se elaboró un plan de mantenimiento en la planta procesadora de palta Cerro Prieto, para reducir las fallas de equipos. Diagnosticando la situación actual de los equipos de la empresa y utilizando las herramientas OEE y análisis de criticidad. También, se detectó las fallas críticas y frecuentes de los equipos con el método de árbol de fallas. Finalmente, se elaboró un plan de mantenimiento basado en riesgo para la reducción de fallas utilizando el AMEF.

1.1. Objetivo general:

Elaborar un plan de mantenimiento en la planta procesadora de palta Cerro Prieto para reducir las fallas de equipos.

1.2. Objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual de los equipos de la empresa Cerro Prieto utilizando las herramientas OEE y análisis de criticidad.
- Detectar las fallas críticas y frecuentes de los equipos con el método del árbol de fallas.
- Elaborar el plan de mantenimiento basado en riesgo para la reducción de fallas utilizando el AMEF.
- Evaluar económicamente el plan de mantenimiento preventivo para saber si la propuesta es viable.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Según Guevara Mondragón, Karoll Anabell [1], en su investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la línea de producción en la empresa Gemar Group E.I.R.L. Para disminuir sus utilidades no percibidas" realizada en el año 2020, se centró en la empresa Gemar Group, tiene como producto la sal seca de 50 kg. La cual tuvo como finalidad proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la línea de producción en la empresa, para disminuir sus utilidades no percibidas. Para finalizar se concluye ser un proyecto muy rentable hacia la empresa, debido a que se obtuvo un VAN S/ 70 521,14, un TIR de S/ 18,5 %, un costo beneficio de 2,79 y un PRI de 8 meses.

Timoteo LLuen, David Ricardo [2], en su investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas" realizada en el año 2022, tuvo como finalidad proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas de producción y utilidades económicas. Esta investigación la hice en tres partes. La primera parte se basó en el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento dentro de la empresa relacionada con las pérdidas de producción que son generadas por las fallas de los equipos. La segunda parte utilizó el análisis de criticidad, el árbol lógico de fallas, planes de mantenimiento en equipos críticos como lo son los elevadores de cangilones, el selector, zaranda vibratoria y los clasificadores y la tercera parte evaluó el VAN obteniendo un total de S/ 2 257 567,66; con una tasa interna de retorno (TIR) de 811%; un PRI

de 0,1 y un beneficio/costo de S/. 2,8 que indica que los beneficios son mayores a los costos. Con esto se concluye que la propuesta es viable y rentable.

Monsalve Ramos, Cristhian Jesus [3], en su investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino El Chamesino S.A.C. Para incrementar su productividad" realizada en el año 2020, tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo para prevenir y reducir las posibles fallas en las máquinas de la línea de producción e incrementar la productividad. Desarrolló el diagnóstico del mantenimiento actual en el año 2016-2017, usando herramientas como AMEF, árbol de fallas y análisis de criticidad. Determinó los indicadores para conocer la confiabilidad, mantenibilidad y la disponibilidad de la línea de producción. Con dichos indicadores propuso el plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de reducir la ocurrencia de fallas y alcanzar la productividad deseada. Para finalizar, obtuvo el análisis costo-beneficio entre los costos del sistema actual de s/. 630 874,33, y el costo de la propuesta que es s/. 73 583,8 un beneficio-costo de s/. 8,57.

Daniel Merla [4], en su investigación "Mantenimiento preventivo: Concepto e implementación a la vez fabricante de herramientas de precisión" realizada en el año 2017, este trabajo de investigación trata sobre el desarrollo del concepto e implementación del mantenimiento preventivo en un taller de herramientas. El objetivo es definir un concepto ordinario en la producción e implementar los conceptos básicos de mantenimiento. Como finalidad se definió y se implementó un concepto de mantenimiento nuevo en la producción.

Bases Teóricas Científicas

2.1. Mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de acciones técnicas y administrativas encaminadas a mantener o restablecer las condiciones que le permiten funcionar. Consta de dos tipos: Correctivo y Preventivo. [2]

Con la mecanización de la industria y el crecimiento de maquinarias modernas, las organizaciones de fabricación y de servicios han estado bajo presión para ser competitivas y entregar productos de calidad. Este nuevo entorno obligó a los gerentes a optimizar los sistemas en sus organizaciones. Como sistema, el mantenimiento juega un papel central en el logro de metas y objetivos en la empresa. Esto ayuda a reducir costos, minimizar el tiempo de inactividad de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y

crear equipos confiables que sean seguros y estén bien optimizados para entregar los pedidos a los clientes a tiempo. [3]

2.2. Mantenimiento Correctivo

Se encargar de las reparaciones una vez se haya producido la avería y la parada brusca de la maquina o instalación. Este sistema es adecuado en sistemas complejos, generalmente en equipos electrónicos o donde es imposible predecir los fallos y en los procesos que puedan interrumpirse en cualquier momento y por cualquier periodo de tiempo sin afectar la seguridad. También para equipos que ya son antiguos. [3]

2.3. Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo está conceptuado como el conjunto de actividades de mantenimiento necesarias para precaver que se produzcan fallas en instalaciones, equipos y maquinarias en general, algunos autores también lo llaman como Mantenimiento Proactivo Programado. [6]

La finalidad del Mantenimiento Preventivo es garantizar la disponibilidad permanente de las edificaciones, equipos, sistemas e instalaciones en una institución o empresa, eludiendo al máximo las paradas forzadas en los procesos y actividades inherentes de la organización y a las personas que trabajan en ella. [6]

El mantenimiento preventivo incluye todo lo relacionado con reparaciones, modificaciones y mejoras encaminadas a prevenir fallas de una manera sistemática, que se pueden definir como verificar, monitorear y corregir antes de que ocurra la falla. Los planes de mantenimiento son el resultado del registro de estas operaciones, por ejemplo, por periodos anuales, mensuales o semanales según los requerimientos de cada máquina. [5]

2.4. Objetivos y Alcances del Mantenimiento Preventivo

- Mejorar los recursos humanos involucrados en ese proceso (recursos propios o externos). [6]
- Disminución de paradas e intervención de procesos adscritos a otras áreas o centros operativos o centros de la empresa o instalación. [6]
- Excluir pérdidas importantes y aumentar así la eficiencia general de los equipos e instalaciones. [6]
- Extender la vida útil de una planta, maquinaria o equipo. [6]
- Reducir eliminación de paradas forzadas e en las máquinas, equipos e instalaciones en los procesos productivos. [6]

- Minimizar el costo de los daños causados por el tiempo de inactividad forzado o improvisado de los procesos de producción. [6]
- Prevenir el desgaste de los equipos por fallas de ajuste, calibración, reajuste o cambios de lubricantes. [6]

2.5. Indicadores de Gestión de Mantenimiento

Norma UNE – EN 15341:2008. Estándar desarrollado para la Normalización europea que proporciona orientación y el uso de indicadores en la gestión de mantenimiento. Tiene las siguientes funciones: [2]

- Su deber es saber, conocer y cumplir las metas.
- Habilidad para medir, interpretar y comprender.
- Ser característico en todas las actividades.
- Hacer una conexión entre lo solicitado y entregado.
- Debe utilizar, evaluar y planificar actividades.
- Implementar buenas prácticas en la empresa.
- Promueve mejoras y competitividad.
- Elegir lo más resaltante.
- Proyectado y medido en perspectiva.
- Reaccionar a la situación y adaptarse a los cambios.
- Evaluar indicadores y sean activos.
- Implementar estrategias para la mejora continua.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (MATERIALES Y METODOS)

En el presente trabajo, se analizará una empresa manufacturera, dedicada a la producción, empaque y comercialización de productos agrícolas de alta calidad siendo uno de ellos la palta, en relación con las estrategias y métodos de gestión de mantenimiento y realizar propuestas de mejora.

Los métodos que se han utilizado son: OEE y análisis de criticidad, árbol de fallas y el AMEF. De la cual el objeto de estudio es las maquinas industriales de la empresa Cerro Prieto.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la gestión del mantenimiento actual en la línea empacadora

La empresa

La empresa Agrícola Cerro Prieto está ubicada en la Panamericana Norte Km 733 Pacanguilla La Libertad. Esta empresa se dedica principalmente a la producción, empaque y comercialización de productos agrícolas de calidad como, por ejemplo, uva de mesa, espárrago verde, palta hass y fibra de algodón extra-larga. En este caso se tomará como objeto de estudio la línea empacadora de palta, la cual utiliza tres variedades para el procesamiento tales como Zutano, Hass y Ettinger. La presentación de este producto está dada por cajas de cartón y plásticos en distintos tamaños como: 4 Kg, 10 Kg, 11,3 Kg y 16,8 Kg y cuenta con diferentes marcas como: ACP Natural, Danza y Yaku.

Misión

Crear un valor distintivo logrando un alto rendimiento y cumpliendo con nuestras responsabilidades, Esto se logra entregando nuestros productos en cualquier parte del mundo de manera confiable en términos de calidad, capacidad y sanidad, y también porque nuestros clientes nos ven como un proveedor de soluciones para sus necesidades de marketing.

Visión

Ser reconocida a nivel nacional e internacionalmente como una empresa que busca el bienestar de sus trabajadores, la comunidad que los rodea, el cuidado del medio ambiente, la eficiencia de sus operaciones y la calidad de los productos que comercializa, permitiendo generar utilidades atractivas para los accionistas.

Organigrama

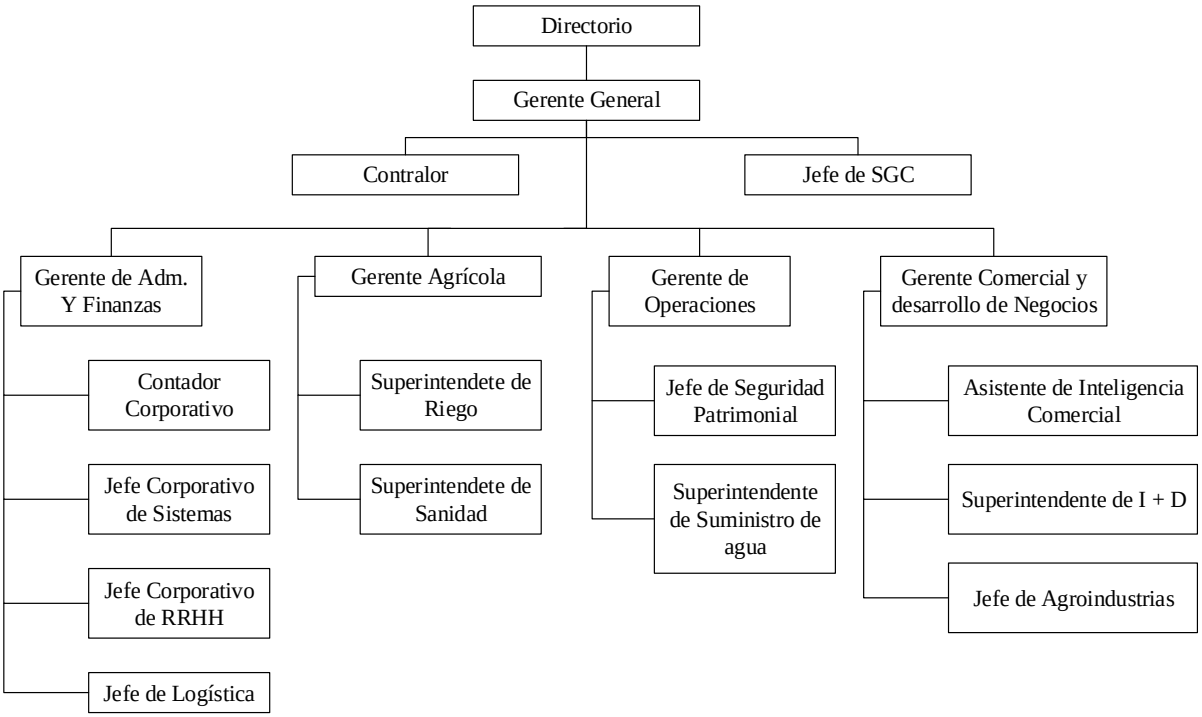


Figura 1. **Organigrama de la empresa agrícola Cerro Prieto S. A. C.**

Fuente: Cerro Prieto S.A.C.

4.2. Descripción del sistema de producción

Productos

Los productos que la empresa distribuye son: Palta Hass, Uva de Mesa, Espárrago Verde y Arándano. Entre ellas la Palta Hass se divide en diferentes presentaciones como:

Tabla 1. Presentaciones de Palta Hass.

Presentación (Kg)	Precio de venta (S/.)
4	24
11,3	51
10	55,6
4	84,6

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

4.3. Descripción del proceso

El empaquetado de palta establecido en la empresa está conformado por las siguientes operaciones:

- **Recepción de Materia Prima:** En esta etapa se recepciona la materia prima que llega en camiones cargados de bins con palta, se descarga y se pesan en balanzas para asegurar el peso adecuado y posteriormente pasan a la siguiente etapa.
- **Abastecimiento:** En esta etapa los bins recepcionados se colocan de 3 en 3 apilados en el volcador de bins, el cual coge bins por bins para volcar la fruta a la siguiente máquina, tina de lavado. Este volcador tiene una capacidad de 100 bins/hora.
- **Lavado:** Una vez que ingresa a la tina de lavado, en la cual se sumergen en una solución de agua, ácido cítrico e hipoclorito de sodio, se limpia, desinfecta y se retira todo material extraño que se encuentre en la cáscara de la fruta.
- **Pre selección:** En esta etapa, un operario se coloca en cada extremo de la tina de lavado con el fin de descartar las paltas que estén maduras o defectuosas.
- **Secado:** La palta ingresa a la máquina de secado por aproximadamente 3 o 4 minutos.
- **Selección:** En esta etapa los operarios seleccionan la palta de acuerdo a la categoría. En este caso existen 2: 1 o 1H. La categoría 1 hace referencia a las paltas en perfecto estado y la categoría 1H tienen un mínimo porcentaje de defectos. Las demás paltas se consideran de descarte.
- **Calibrado:** La palta pasa por unos rieles en los que se detecta el peso para las diferentes presentaciones.
- **Empaque:** Cuando las paltas caen del calibrador son empacadas en cajas de cartón o de plástico siguiendo un orden y un peso.
- **Paletizado:** En esta etapa, las cajas se ordenan de acuerdo al calibre y categoría en pallets, Posteriormente son enzunchados y almacenados en cámara de frío.
- **Enfriamiento en túneles:** Los pallets de la etapa anterior pasan Los pallets pasan a la cámara de frío a una temperatura de 6°C para que la fruta se pueda conservar de una mejor manera.
- **Almacenamiento de Producto Terminado:** Después, son llevadas al almacén en donde se determina la fecha de despacho.
- **Despacho:** Finalmente, los contenedores salen con un peso entre 21 o 22 toneladas de palta empaquetada.

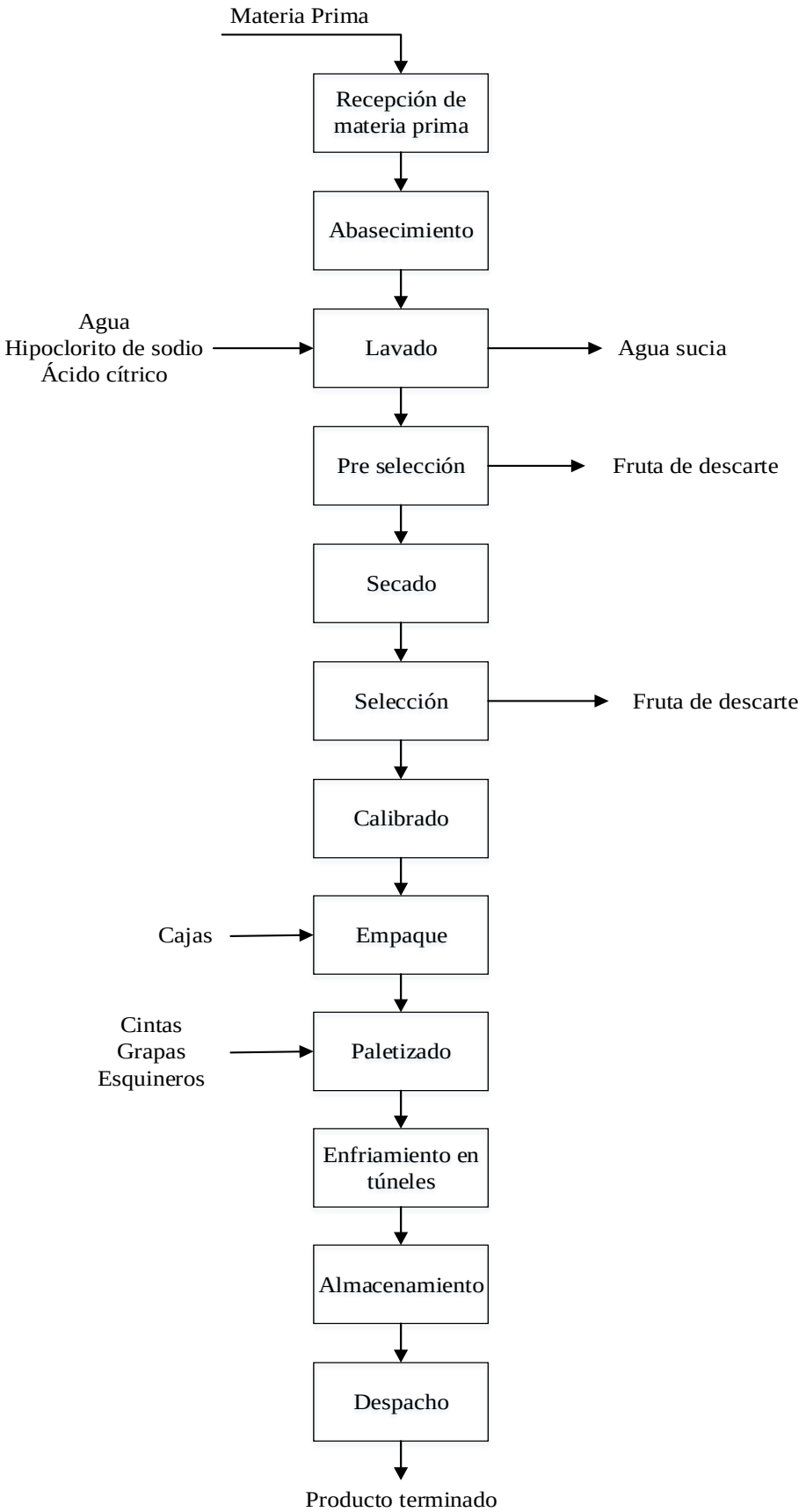


Figura 2. **Diagrama de bloques del proceso de empaquetado de palta**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

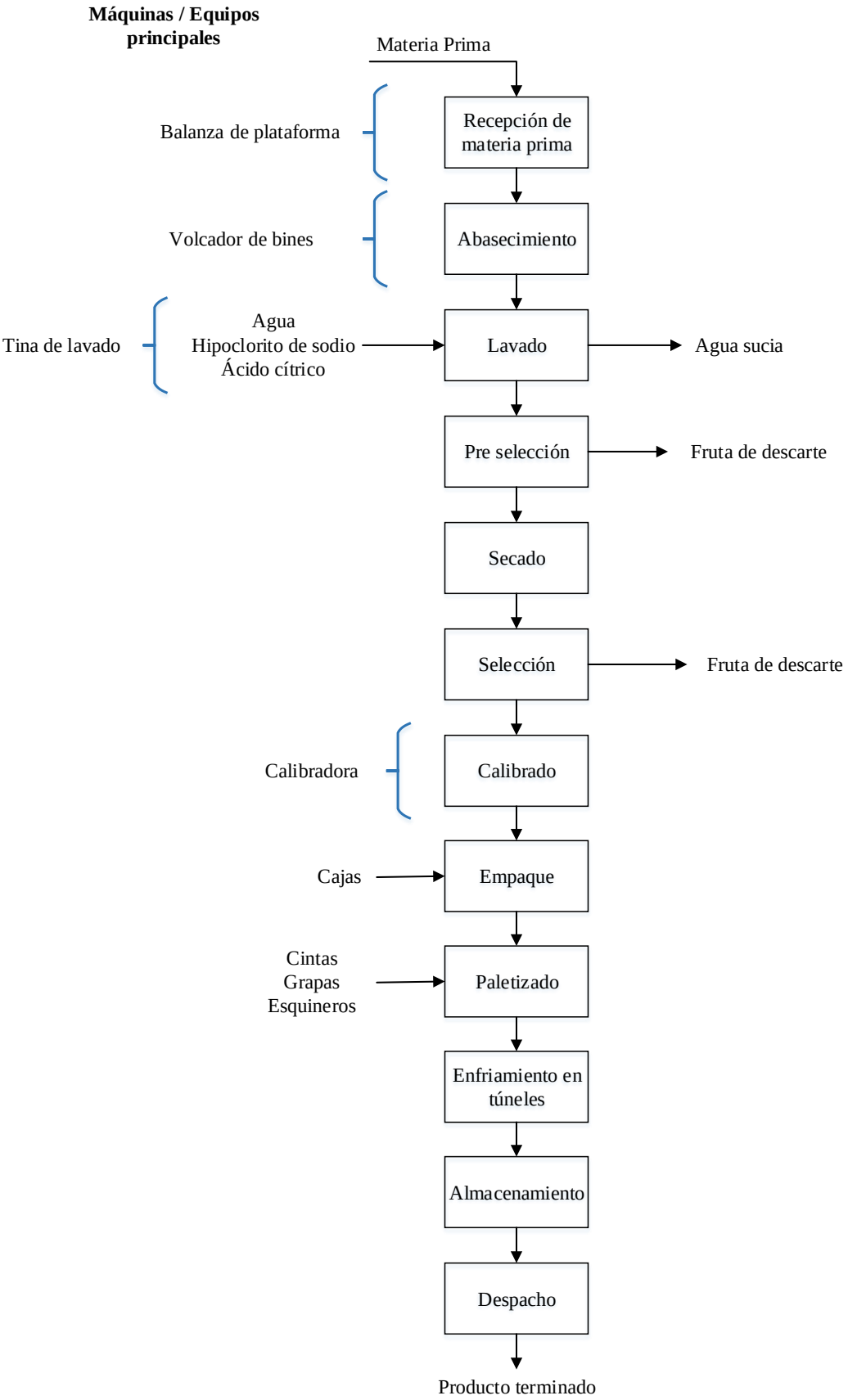


Figura 3. **Diagrama de bloques del proceso de empaquetado de palta**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

4.4. Maquinaria de la línea de empaquetado de palta

A continuación, se describen las máquinas:

Tabla 2. Maquinaria y/o equipos de la empresa Agrícola Cerro Prieto.

Máquina y/o equipo	Cantidad	Motor	Marca y modelo	Año de adquisición/ fabricación
Balanza de plataforma	4	3 hp	IND246	2014
Volcador de bins	1	10 hp	*	2014
Tina de lavado	1	3 hp	LIGONG	2014/2014
Secador industrial	2	12 hp	LIGONG	2014
Fajas transportadoras	5	0,33 hp	Proinam	2014
Calibrador	1	4 hp	SOMCA	2014

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Balanza de Plataforma**

La balanza de sobresuelo se utiliza todo uso fijo y es óptimo para el pesado de grandes artículos. Esta maquinaria se utiliza para pesar la materia prima que recepcionan de los camiones.

Figura 4. **Balanza de plataforma**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Volcador de bins**

Esta maquinaria recibe los recipientes de bins llenos (3 o 4 bins, según la altura del bin). Finalmente, la fruta cae cuidadosamente, evitándose cualquier deterioro.

Figura 5. **Volcador de bins**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- ✓ **Fallas en el volcador de bins**

Fractura de cadena

La fractura de cadena derecha se da debido a una tensión muy grande en la cadena y por el uso excesivo.

Fractura de perno

Este tipo de falla es asociado con materiales de alta resistencia y de baja ductilidad, estas fallas se presentan en materiales no cristalinos por medio de temperaturas muy bajas. Se da principalmente en el polín del volcador de bins por un mal montaje.

Bloqueo de sensor de volcador

Se detectó un bloqueo del sensor de volcador debido a la mala regulación por la falta de capacitación al operario.

- **Tina de lavado**

La tina de lavado está ubicada en el área de lavado y secado, con unas medidas de 10 m3. Se utiliza para quitar las partículas extrañas de la cáscara de la palta y secarlas.

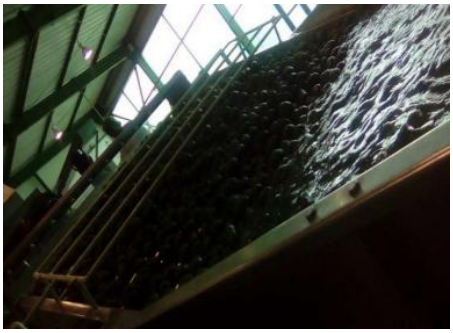


Figura 6. Tina de lavado

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- ✓ **Fallas en la tina de lavado**

Recalentamiento de bombas

Existe una falla de recalentamiento de bombas de recirculación debido al uso excesivo de la maquinaria.

Atascamiento de rodillos

El atascamiento de rodillos de elevación de la tina de lavado se da debido al desalineamiento de los polines y al uso excesivo.

Desgaste de polín

Se detectó el desgaste de polín debido a un polín suelto en la tina de lavado por descuido del operario.

- **Faja transportadora**

Su tarea es transportar la fruta, mediante estas fajas tendrán una selección manual de frutas de mala calidad.

Figura 7. **Faja transportadora**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- ✓ **Fallas en las fajas transportadoras**

Fractura de estructura

Generalmente las fallas en estructuras fueron iniciadas por tensiones nominales aplicadas inferiores a las de diseño, afectando directamente a la capacidad de procesamiento de la máquina.

Ruptura de faja

Esta falla se da debido al atascamiento de la fruta en las fajas transportadoras.

- **Calibradora**

Está comprendido por 8 vías, se situado en el área de selección y empaque. Tiene como tarea detectar el peso adecuado de la fruta para posteriormente sean empacadas.

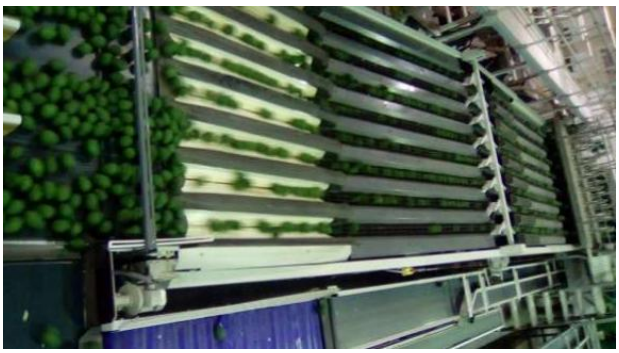


Figura 8. Calibradora

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- ✓ **Fallas en la calibradora**

Fractura de carrier

Esta falla se da principalmente porque el carrier se encuentra defectuoso o se rompe debido al funcionamiento de la maquinaria. Es una pieza importante ya que existen 8 vías que dividen la fruta según las categorías y el calibre. De esta manera, si se afecta el carrier se afecta la productividad.

4.5. Área de mantenimiento

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, de tal manera que, cuando las máquinas y equipos fallan originan alteraciones en el proceso productivo de la empresa causando paros imprevistos, tiempos perdidos, así como de producción.

El mantenimiento que se aplica en la empresa es correctivo, debido a la identificación de fallas es inmediata en las máquinas. Así, cuando alguna de ellas se avería, el jefe de mantenimiento es contactado por el operario, para que así el jefe de la orden directa al mecánico y arregle la falla. Se reportan las averías, causas, problemas y soluciones y se reparan en el horario de producción, es decir dentro de las 8:00 a.m. hasta las 18:00 p.m.

El equipo de mantenimiento está constituido por un jefe de mantenimiento y 46 operarios (6 frigoristas, 20 electricistas y 20 mecánicos). Cada uno de ellos están capacitados para realizar sus actividades de mantenimiento y conocen a la perfección el proceso productivo de la planta procesadora.

Si se produce un atascamiento en la máquina, el operario está apto para realizar la corrección respectiva, sin embargo, si hay un desgaste o ruptura es necesario un cambio de piezas, ajuste de pieza/máquina o lubricar la máquina. En muchos casos las piezas se encuentran en inventario facilitando el cambio, de lo contrario cambian las piezas ocasionando una prolongación en el paro de toda la línea productiva.

Para el arreglo de la máquina, en la figura 9 se muestra el proceso a seguir para cada operario o encargado de mantenimiento:

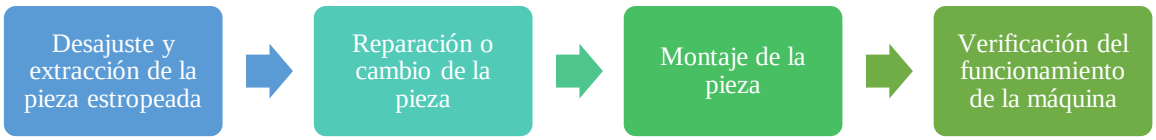


Figura 9. **Pasos para realizar la reparación en las máquinas**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

4.6. Eficiencia general de los equipos OEE

Según Rajadell y Sánchez [1] el OEE es la aquella razón porcentual que mide la eficiencia productiva de una maquinaria industrial. Este muchas veces se emplea para medir el rendimiento y la productividad de cada línea de producción en una empresa; para nuestro caso la línea de producción es de la palta y como producto terminado se obtendrá la palta empaquetada.

El indicador de OEE nos permite medir los parámetros fundamentales dentro de la producción, y estos son: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Estos parámetros se obtienen a través del análisis de paradas, la capacidad de las maquinarias o por las unidades defectuosas que son producidas en la empresa en un determinado tiempo.

4.7. Cálculo OEE

Para realizar el cálculo del OEE se deberá multiplicar las razones porcentuales de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad x Rendimiento x Calidad}$$

- ✓ **Disponibilidad:** Es el tiempo total que ha estado funcionando la máquina o equipo respecto al tiempo planificado a funcionar.

- ✓ **Rendimiento:** Durante el tiempo que ha estado funcionando, es la cantidad que ha fabricado respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.

- ✓ **Calidad:** Cantidad de producción defectuosa respeto al total.

4.8. Disponibilidad en OEE

Esta se halla con las pérdidas en el tiempo productivo por paradas. Esta se obtiene de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (Tiempo Planificado de Producción: TPO)

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{\text{TO}}{\text{TPO}}\right) \text{x}100$$

Donde:

TPO = Tiempo total de trabajo – Tiempo de Paradas Planificadas

TO = TPO – Paradas y/o averías

4.9. Rendimiento en OEE

El rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido durante el tiempo de disponibilidad de la máquina. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

La producción nominal es la capacidad proporcionada por el fabricante, pero esta puede variar.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N° Total unidades}}{\text{Tiempo de opración x Capacidad nominal}}$$

4.10. Calidad en OEE

Las pérdidas por calidad es el tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de Paradas, ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes. Estas pueden incluir los tiempos de reprocesado.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{N° de unidades conformes}}{\text{N° unidades totales}}$$

De acuerdo a lo señalado anteriormente el gráfico para el OEE es:

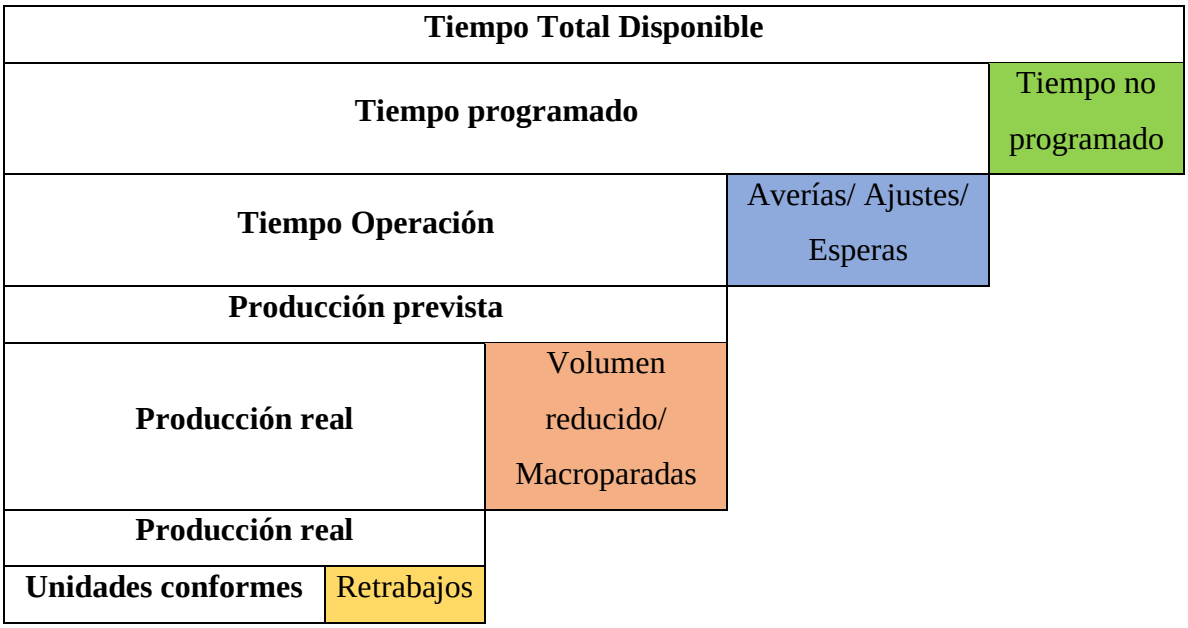


***Figura 10*. Cálculo OEE**

Fuente: Lean Manufacturing

4.11. Cálculo OEE en la empresa Agrícola Cerro Prieto.

La planta empacadora de palta de la empresa Agrícola Cerro Prieto opera con 1 turno diarios de 9 horas a la semana de lunes a sábado, con 1 hora aparte, la cual es para descanso y refrigerio. Las máquinas para evaluar son:

a) Volcador de Bins

Tabla 3. Parámetros técnicos del Volcador de Bins.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	2 100
Alto (mm)	5 435
Largo (mm)	6 977
Aire (l/h)	60
Presión (Bar)	7
Energía (Kw)	8

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Se ubica en el área de recepción de materia prima, con una capacidad de 100 bins por hora.

— Esta máquina realiza las actividades de vaciado y apilado de los bins vacíos.

— Al final de este proceso la fruta cae en perfecto estado.

b) Tina de lavado

Tabla 4. Parámetros técnicos de la Tina de lavado.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	900
Alto (mm)	1 500
Largo (mm)	3 000
Potencia	440 v / 60 Hz
Peso (Kg)	220

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Se ubica en el área de lavado y secado, con aproximadamente 10 m^3.

— Su función es limpiar la fruta y retirar cualquier cuerpo extraño que este en la cáscara.

c) Fajas transportadoras

Tabla 5. Parámetros técnicos de la Faja transportadora.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	620
Alto (mm)	1 500
Largo (mm)	3 000
Energía (kW)	0,25
Peso (Kg)	90

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Existen 5 fajas transportadoras ubicadas en el área de selección y empaque.

— Su función es transportar la fruta y a su vez seleccionar las de mala calidad manualmente.

d) Calibrador

Tabla 6. Parámetros técnicos del Calibrador.

Características	Unidades
Ancho (mm)	2 500
Alto (mm)	3 000
Largo (mm)	13 300
Energía (kW)	3
Antigüedad	6

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Se ubica en el área de selección y empaque.

— Su función es detectar el peso de la fruta óptimo para ser empacadas.

— Consta de sensores que clasifican a la fruta por peso y defectos de piel.

— Los datos son del año 2019.

A continuación, en la tabla 7 y 8 se muestran los días que labora la empresa y el tiempo de funcionamiento de cada máquina:

Tabla 7. Tiempo laborable (horas/mes)

Mes	Días	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total para c/máquina
Marzo	24	7,55	7,55	7,55	7,55	181,11
Abril	25	7,55	7,55	7,55	7,55	188,65
Mayo	25	7,55	7,55	7,55	7,55	188,65
Junio	24	7,55	7,55	7,55	7,55	181,11
Julio	24	7,55	7,55	7,55	7,55	181,11
Agosto	25	7,55	7,55	7,55	7,55	188,65
Setiembre	26	7,55	7,55	7,55	7,55	196,20
Octubre	25	7,55	7,55	7,55	7,55	188,65
Noviembre	25	7,55	7,55	7,55	7,55	188,65
Diciembre	24	7,55	7,55	7,55	7,55	181,11

Total	**247**	**75,46**	**75,46**	**75,46**	**75,46**	**1 863,90**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 8. Tiempo laborable (min/mes)

Mes	Días	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total para c/máquina
Marzo	24	452,77	452,77	452,77	452,77	10 866,46
Abril	25	452,77	452,77	452,77	452,77	11 319,23
Mayo	25	452,77	452,77	452,77	452,77	11 319,23
Junio	24	452,77	452,77	452,77	452,77	10 866,46
Julio	24	452,77	452,77	452,77	452,77	10 866,46
Agosto	25	452,77	452,77	452,77	452,77	11 319,23
Setiembre	26	452,77	452,77	452,77	452,77	11 772,00
Octubre	25	452,77	452,77	452,77	452,77	11 319,23
Noviembre	25	452,77	452,77	452,77	452,77	11 319,23
Diciembre	24	452,77	452,77	452,77	452,77	10 866,46
Total	**247**	**4 527,69**	**4 527,69**	**4 527,69**	**4 527,69**	**111 834,00**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Mientras tanto, en la tabla 9 y 10 se muestran los días que no labora la empresa y el tiempo que debería haber estado funcionando cada máquina:

Tabla 9. Tiempo no laborable (horas/mes)

Mes	Días	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total para c/máquina
Marzo	2	7,55	7,55	7,55	7,55	15,09
Abril	1	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
Mayo	1	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
Junio	2	7,55	7,55	7,55	7,55	15,09
Julio	2	7,55	7,55	7,55	7,55	15,09

Agosto	1	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
Setiembre	0	7,55	7,55	7,55	7,55	0,00
Octubre	1	7,55	7,55	7,55	755	7,55
Noviembre	1	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
Diciembre	2	7,55	7,55	7,55	7,55	15,09
Total	**13**	**75,46**	**75,46**	**75,46**	**75,46**	**98,10**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 10. Tiempo no laborable (min/mes)

Mes	Días	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total para c/máquina
Marzo	2	452,77	452,77	452,77	452,77	905,54
Abril	1	452,77	452,77	452,77	452,77	452,77
Mayo	1	452,77	452,77	452,77	452,77	452,77
Junio	2	45277	452,77	452,77	452,77	905,54
Julio	2	452,77	452,77	452,77	452,77	905,54
Agosto	1	452,77	452,77	452,77	452,77	452,77
Setiembre	0	452,77	452,77	452,77	452,77	0,00
Octubre	1	452,77	452,77	452,77	452,77	452,77
Noviembre	1	452,77	452,77	452,77	452,77	452,77
Diciembre	2	452,77	452,77	452,77	452,77	905,54
Total	**13**	**4 527,69**	**4 527,69**	**4 527,69**	**4 527,69**	**5 886,00**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

En la tabla 11 y 12 se muestra el tiempo de preparación de las máquinas:

Tabla 11. Tiempo de preparación de la maquinaria (horas/mes)

Máquina	Horas/día	Horas/semana	Horas/año

Volcador de bins	0	0	0
Tina de lavado	0,17	1	44
Fajas transportadoras	0	0	0
Calibrador	0,25	1,5	66
Total	**0,42**	**2,5**	**110**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 12. Tiempo de preparación de la maquinaria (min/mes)

Máquina	Minutos/día	Minutos/semana	Minutos/año
Volcador de bins	0	0	0
Tina de lavado	10	60	2 640
Fajas transportadoras	0	0	0
Calibrador	15	90	3 960
Total	**25**	**150**	**6 600**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

En la tabla 13 y 14 se observa el detalle del tiempo de paradas programadas en horas y minutos respectivamente; mientras que, en la tabla 15 y 16, se observan las horas/año y min/año de paradas no programadas de cada máquina.

Tabla 13. Tiempo de paradas programadas (horas/mes)

Descripción	Horas/ día	Horas/semana	Horas/año
Limpieza de faja transportadora	0,17	1,00	44,00
Limpieza, inspección y lubricación del calibrador	0,58	4,83	19,33
Inspección y lubricación de la tina	0,25	4,00	176,50

Inspección y lubricación de Volcador de bins	0,33	2,00	91,00
Almuerzo	1,00	6,00	264,00
Total	**2,33**	**17,83**	**594,83**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 14. Tiempo de paradas programadas (min/mes)

Descripción	Minutos/ día	Minutos/semana	Minutos/año
Limpieza de faja transportadora	10,00	60,00	2 640,00
Limpieza, inspección y lubricación del calibrador	35,00	290,00	1 160,00
Inspección y lubricación de la tina	15,00	240,00	10 590,00
Inspección y lubricación de Volcador de bins	20,00	120,00	5 460,00
Almuerzo	60,00	360,00	15 840,00
Total	**140,00**	**1 070,00**	**35 690,00**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 15. Tiempo de paradas no programadas (horas/mes)

Mes	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total
Marzo	21,91	23,20	0,90	28,50	74,51
Abril	27,83	22,54	1,62	38,00	89,99
Mayo	29,50	32,53	3,05	40,67	10,75
Junio	29,14	27,80	2,20	43,26	10,40
Julio	10,59	9,93	0,25	10,70	31,47
Agosto	16,43	17,40	0,68	21,38	55,88

Setiembre	20,87	16,91	1,22	28,50	67,49
Octubre	22,13	24,40	2,29	30,50	79,31
Noviembre	21,86	20,85	1,65	32,45	76,80
Diciembre	7,94	7,45	0,19	8,03	23,60
Total	**208,20**	**203,00**	**14,04**	**281,98**	**707,21**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 16. Tiempo de paradas no programadas (min/mes)

Mes	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador	Total
Marzo	1 314,60	1 392,00	54,00	1 710,00	4 470,60
Abril	1 669,80	1 352,40	97,20	2 280,00	5 399,40
Mayo	1 770,00	1 951,80	183,00	2 440,20	6 345,00
Junio	1 748,40	1 668,00	132,00	2 595,60	6 144,00
Julio	635,40	595,80	15,00	642,00	1 888,20
Agosto	985,95	1 044,00	40,50	1 282,50	3 352,95
Setiembre	1 252,35	1 014,30	72,90	1 710,00	4 049,55
Octubre	1 327,50	1 463,85	137,25	1 830,15	4 758,75
Noviembre	1 311,30	1 251,00	99,00	1 946,70	4 608,00

Diciembre	476,55	446,85	11,25	481,50	1 416,15
Total	**12 491,85**	**12 180,00**	**842,10**	**16 918,65**	**42 432,60**

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Por otro lado, en la tabla 17 y 18 se detallan los tiempos obtenidos en horas y minutos respectivamente y datos requeridos para el análisis.

Tabla 17. Datos para el cálculo OEE en horas/ año

Máquina	**Volcador de bins**	**Tina de lavado**	**Fajas transportadoras**	**Calibrador**
Tiempo total	1 863,90	1 863,90	1 863,90	1 863,90
Paradas planificadas	594,83	594,83	594,83	594,83
Tiempo disponible	1 269,07	1 269,07	1 269,07	1 269,07
Paradas no planificadas	208,20	203,00	14,04	281,98
Tiempo operativo	1 060,87	1 066,07	1 255,03	987,09
Producción real total	852,67	862,39	1 238,39	724,69
Diferencia	208,20	203,68	16,64	262,40
Producción no ok	121,08	43,12	148,98	26,81
Producción ok	731,59	819,27	1 089,41	697,87

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 18. Datos para el cálculo OEE en min/ año

Máquina	Volcador de bins	Tina de lavado	Fajas transportadoras	Calibrador
Tiempo total	111 834,00	111 834,00	111 834,00	111 834,00
Paradas planificadas	35 690,00	35 690,00	35 690,00	35 690,00
Tiempo disponible	76 144,00	76 144,00	76 144,00	76 144,00
Paradas no planificadas	12 491,85	12 180,00	842,10	16 918,65
Tiempo operativo	63 652,15	63 964,00	75 301,90	59 225,35
Producción real total	51 160,35	51 743,11	74 303,51	43 481,17
Diferencia	12 491,80	12 220,89	998,39	15 744,18
Producción no ok	7 264,77	2 587,16	8 938,71	1 608,80
Producción ok	43 895,58	49 155,95	65 364,80	41 872,36

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

A continuación, se determinan la disponibilidad, eficiencia y calidad.

- ✓ **Disponibilidad**

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo\ de\ producción}{Tiempo\ disponible\ de\ producción}$$

Tabla 19. Datos para el cálculo de la disponibilidad en horas/ año

Máquina	Tiempo disponible	Tiempo operativo	Disponibilidad
Volcador de bins	1 269,07	1 060,87	84%
Tina de lavado	1 269,07	1 066,07	84%
Fajas transportadoras	1 269,07	1 255,03	99%

Calibrador	1 269,07	987,09	78%

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ **Eficiencia**

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ de\ Producción\ total\ real}{Tiempo\ operativo}$$

Tabla 20. Datos para el cálculo de la eficiencia en cajas/año

Máquina	Producción no percibida	Producción teórica	Producción real	Eficiencia
Volcador de bins	12 700	64 713	52 013	80,37%
Tina de lavado	12 364	64 713	52 349	80,89%
Fajas transportadoras	858	64 713	63 855	98,67%
Calibrador	17 203	64 713	47 510	73,42%

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ **Calidad**

$$Calidad = \frac{Tiempo\ para\ producción\ OK}{Tiempo\ para\ producción\ total\ real}$$

Tabla 21. Datos para el cálculo de la calidad en cajas/ año

Máquina	Producción total real	Producción ok	Producción no ok	Calidad
Volcador de bins	52 013,02	44 627,17	7 385,85	85,80%
Tina de lavado	52 349,02	49 731,57	2 617,45	95,00%
Fajas transportadoras	63 855,02	56 173,26	7 681,76	87,97%
Calibrador	47 510,02	45 752,15	1 757,87	96,30%

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Calculo total OEE**

$$OEE = Disponibilidad\ x\ rendimiento\ x\ calidad$$

Tabla 22. Cálculo de la OEE para las máquinas

Máquina	Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE
Volcador de bins	83,59%	80,37%	85,80%	57,65%
Tina de lavado	84,00%	80,89%	95,00%	64,56%
Fajas transportadoras	98,89%	98,67%	87,97%	85,84%
Calibrador	77,78%	73,42%	96,30%	54,99%

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 11, se observan los tiempos referentes a la máquina volcadora.

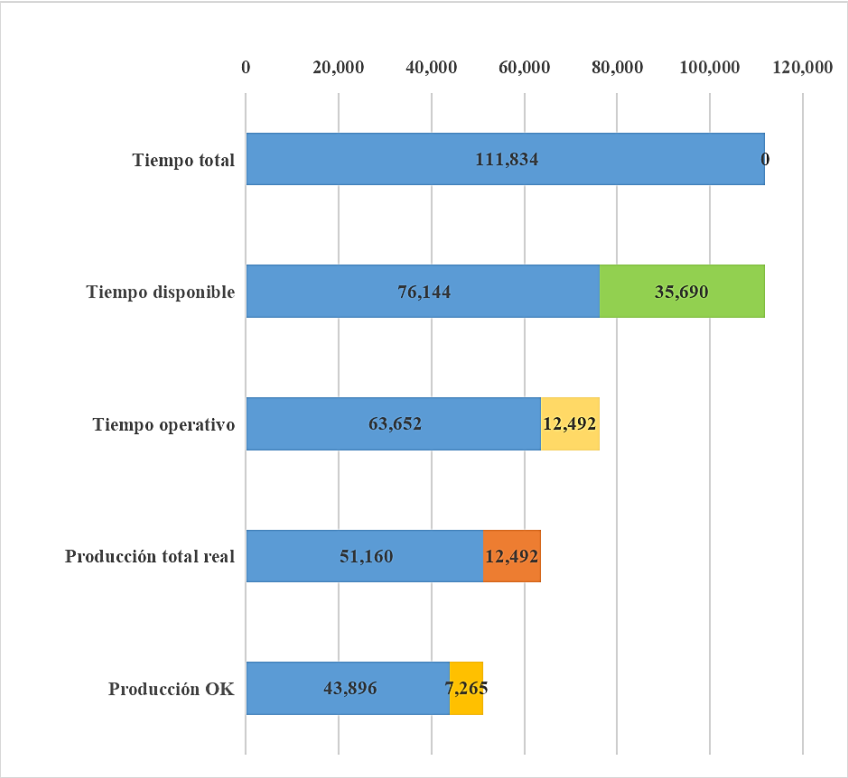


Figura 11. **Tiempos para el cálculo OEE para el volcador.**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, se observan los tiempos referentes a la máquina de tina de lavado.

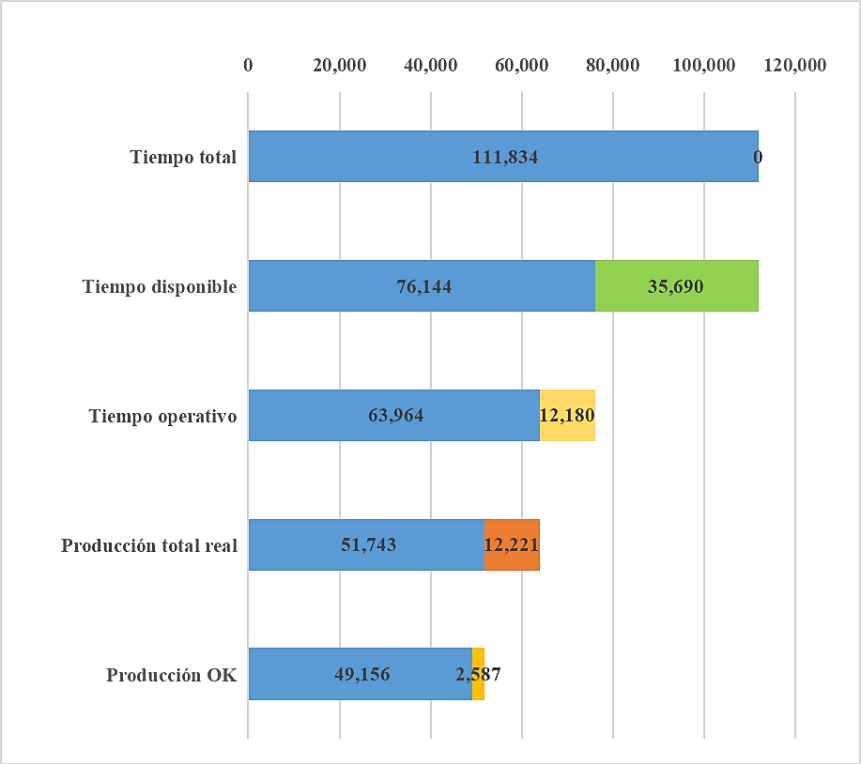


Figura 12. **Tiempos para el cálculo OEE para la tina de lavado.**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, se observan los tiempos referentes a la máquina faja transportadora.

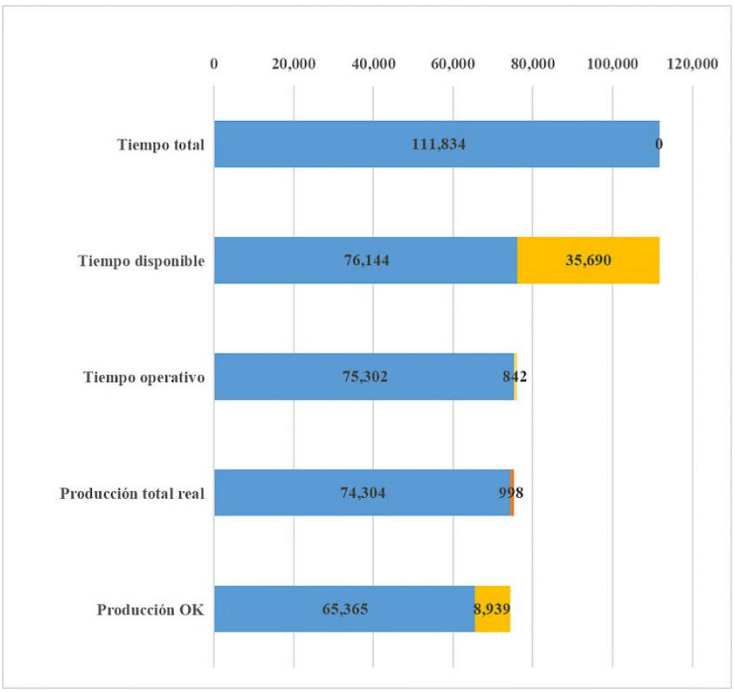


Figura 13. **Tiempos para el cálculo OEE para la faja transportadora.**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, se observan los tiempos referentes a la máquina calibradora.

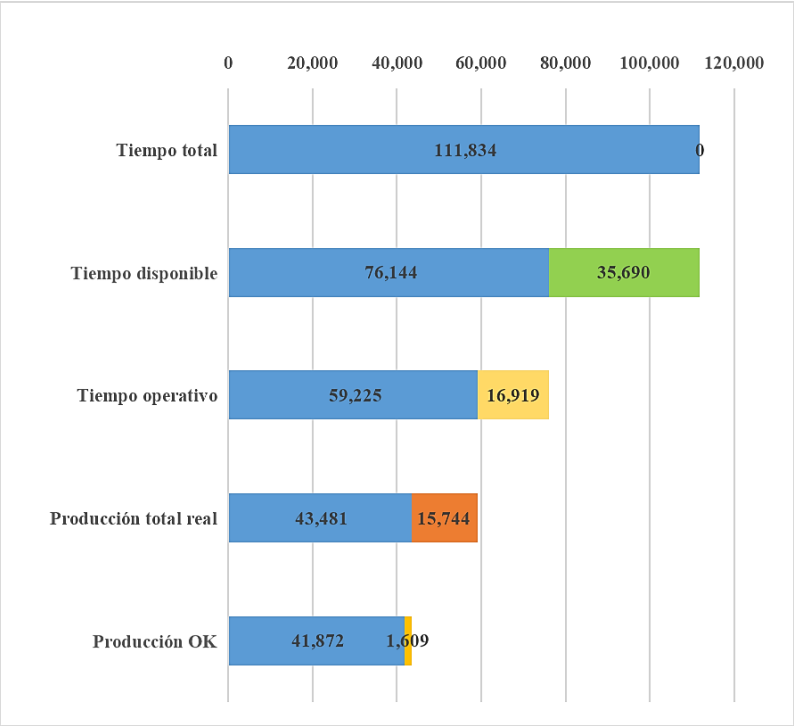


Figura 14. **Tiempos para el cálculo OEE para el calibrador.**

Fuente: Elaboración propia

Según lo expuesto con anterioridad, se deduce que:

- Se cuenta con una disponibilidad del 83,59% en el caso de la máquina volcador de bins, es decir, la máquina es operada 63 652,15 min/año del tiempo disponible. Mientras que, la máquina Tina de lavado tiene una disponibilidad del 84% equivalente a un tiempo operativo de 63 964 min/año del total disponible. Por otro lado, la máquina faja transportadora tiene una disponibilidad de 98,89% equivalente a un tiempo operativo de 63 964 min/año del total disponible 75 301,90 min/año. Finalmente, la máquina calibradora tiene una disponibilidad de 77,78% equivalente a 59 225,35.
- La eficiencia de la máquina volcador de bins es del 80,37%, es decir, se logra producir ese porcentaje respecto a la producción teórica. Mientras que, la máquina tina de lavado tiene

una eficiencia del 80,89 %. La máquina faja transportadora tiene una eficiencia de 98,67% y finalmente, la máquina calibradora tiene una eficiencia de 73,42%

- El indicador de calidad de lo que produce la máquina volcador de bins es de 85,80%, lo que equivale a 43 895,58 cajas/año de producción conforme. Por otro lado, la máquina tina de lavado obtuvo un 95% equivalente a 49 155,95 cajas/año de producción conforme. Mientras que la faja transportadora obtuvo un 87,97% equivalente a 65 364,8 cajas/año de producto conforme. Finalmente, la máquina calibradora obtuvo un 96,3% equivalente a 41 872,36 cajas/año de producto conforme.
- Se obtuvo que el porcentaje OEE de la volcadura de bins es de 57,65%; mientras que, el porcentaje OEE de la máquina tina de lavado es de 64,56%. Por otro lado, el porcentaje de OEE de la máquina faja transportadora es de 85,84% y de la máquina calibradora es de 54,99%.

4.12. Razones de paros en máquinas

HISTORIA DE FALLAS

A continuación, desde la Tabla 23 hasta la Tabla 50 se muestra el registro de fallas mensual en el proceso de empacado de palta, con su respectivo tiempo de parada. Donde:

- FP= Fractura de Perno.
- FC= Fractura de Cadena.
- BSV= Bloqueo de Sensor del Volcador.

Tabla 23. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	3/03/2023	04:27 p.m.	01:23	VB	FP
Marzo	6/03/2023	10:37 a.m.	01:05	VB	FC
Marzo	8/03/2023	02:29 p.m.	01:07	VB	FC
Marzo	9/03/2023	02:31 p.m.	00:57	VB	FC
Marzo	11/03/2023	02:14 p.m.	00:56	VB	FC
Marzo	14/03/2023	03:45 p.m.	01:03	VB	FC
Marzo	15/03/2023	12:17 p.m.	01:31	VB	FP
Marzo	20/03/2023	03:31 p.m.	01:09	VB	FP

Marzo	21/03/2023	09:22 a.m.	03:23	VB	BSV
Marzo	22/03/2023	04:47 p.m.	01:01	VB	FC
Marzo	25/03/2023	09:12 a.m.	01:26	VB	FP
Marzo	27/03/2023	10:10 a.m.	02:45	VB	BSV
Marzo	29/03/2023	09:34 a.m.	00:54	VB	FC
Marzo	29/03/2023	03:48 p.m.	01:10	VB	FP

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 24. Registro de Fallas en el mes de abril de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	3/03/2023	04:27 p.m.	01:23	VB	FP
Marzo	6/03/2023	10:37 a.m.	01:05	VB	FC
Marzo	8/03/2023	02:29 p.m.	01:07	VB	FC
Marzo	9/03/2023	02:31 p.m.	00:57	VB	FP
Marzo	11/03/2023	02:14 p.m.	00:56	VB	FC
Marzo	14/03/2023	03:45 p.m.	01:03	VB	FC
Marzo	15/03/2023	12:17 p.m.	01:31	VB	FP
Marzo	20/03/2023	03:31 p.m.	01:09	VB	FP
Marzo	21/03/2023	09:22 a.m.	03:23	VB	BSV
Marzo	22/03/2023	04:47 p.m.	01:01	VB	FC
Marzo	25/03/2023	09:12 a.m.	01:26	VB	FP
Marzo	27/03/2023	10:10 a.m.	02:45	VB	BSV
Marzo	29/03/2023	09:34 a.m.	00:54	VB	FC
Marzo	29/03/2023	03:48 p.m.	01:10	VB	FP
Abril	3/04/2023	04:05 p.m.	01:05	VB	FC
Abril	6/04/2023	10:10 a.m.	02:20	VB	BSV
Abril	7/04/2023	05:55 p.m.	01:38	VB	FP
Abril	8/04/2023	09:15 a.m.	01:08	VB	FC
Abril	11/04/2023	04:23 p.m.	01:25	VB	FP
Abril	14/04/2023	08:50 a.m.	01:34	VB	FP
Abril	14/04/2023	04:34 p.m.	01:04	VB	FC
Abril	17/04/2023	03:34 p.m.	01:35	VB	FP
Abril	18/04/2023	05:23 a.m.	01:09	VB	FC
Abril	20/04/2023	10:26 a.m.	01:06	VB	FC
Abril	22/04/2023	03:12 p.m.	02:33	VB	BSV
Abril	24/04/2023	04:28 p.m.	01:32	VB	FP
Abril	26/04/2023	10:23 a.m.	01:43	VB	FP
Abril	27/04/2023	08:40 a.m.	02:27	VB	BSV

Abril	27/04/2023	02:16 p.m.	01:05	VB	FC

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 25. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	2/05/2023	05:23 p.m.	01:54	VB	FC
Mayo	3/05/2023	10:27 a.m.	01:16	VB	FP
Mayo	5/05/2023	09:15 a.m.	01:21	VB	FP
Mayo	10/05/2023	03:30 p.m.	02:25	VB	BSV
Mayo	11/05/2023	07:40 a.m.	01:25	VB	FC
Mayo	15/05/2023	05:32 p.m.	01:11	VB	FP
Mayo	20/05/2023	02:34 p.m.	01:33	VB	FC
Mayo	22/05/2023	03:38 p.m.	01:16	VB	FP
Mayo	24/05/2023	09:37 a.m.	01:06	VB	FP
Mayo	26/05/2023	08:15 a.m.	01:45	VB	FC
Mayo	29/05/2023	02:18 p.m.	01:21	VB	FP
Mayo	30/05/2023	03:24 p.m.	01:30	VB	FC

Mayo	2/05/2023	05:23 p.m.	01:54	VB	FC
Mayo	4/05/2023	10:27 a.m.	01:16	VB	FP
Mayo	5/05/2023	09:15 a.m.	01:21	VB	FP
Mayo	7/05/2023	06:03 p.m.	01:55	VB	FP
Mayo	9/05/2023	03:30 p.m.	02:25	VB	BSV
Mayo	11/05/2023	07:40 a.m.	01:45	VB	FC
Mayo	11/05/2023	02:05 p.m.	01:50	VB	FP
Mayo	12/05/2023	05:32 p.m.	01:11	VB	FP
Mayo	18/05/2023	03:38 p.m.	01:16	VB	FP
Mayo	21/05/2023	07:37 a.m.	03:17	VB	BSV
Mayo	21/05/2023	02:34 p.m.	01:53	VB	FC
Mayo	24/05/2023	09:37 a.m.	01:06	VB	FP
Mayo	26/05/2023	08:15 a.m.	01:45	VB	FC
Mayo	28/05/2023	04:27 p.m.	03:25	VB	BSV
Mayo	29/05/2023	02:18 p.m.	01:21	VB	FP
Mayo	30/05/2023	04:34:00 p.m.	0,08	VB	FC

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 26. Registro de Fallas en el mes de junio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	1/06/2023	10:23 a.m.	01:12	VB	FC
Junio	3/06/2023	10:21 a.m.	01:24	VB	FP
Junio	5/06/2023	02:20 p.m.	02:10	VB	BSV
Junio	6/06/2023	07:35 a.m.	01:42	VB	FC
Junio	7/06/2023	10:21 a.m.	01:22	VB	FP
Junio	9/06/2023	05:28 p.m.	02:47	VB	BSV
Junio	12/06/2023	08:00 a.m.	01:43	VB	FC
Junio	13/06/2023	04:21 p.m.	01:53	VB	FP
Junio	15/06/2023	10:32 a.m.	01:51	VB	FP
Junio	16/06/2023	04:12 p.m.	01:25	VB	FC
Junio	19/06/2023	11:01 a.m.	01:52	VB	FP
Junio	20/06/2023	04:47 p.m.	01:11	VB	FC
Junio	22/06/2023	11:00 a.m.	01:35	VB	FC
Junio	24/06/2023	04:28 p.m.	01:15	VB	FP
Junio	27/06/2023	03:28 p.m.	01:07	VB	FC
Junio	29/06/2023	05:29 p.m.	01:18	VB	FP
Junio	30/06/2023	02:15 p.m.	01:50	VB	FC
Junio	1/06/2023	10:23 a.m.	01:12	VB	FC
Junio	4/06/2019	10:21 a.m.	01:24	VB	FP
Junio	5/06/2023	02:20 p.m.	02:10	VB	BSV
Junio	6/06/2023	07:35 a.m.	01:42	VB	FC
Junio	7/06/2023	10:21 a.m.	01:22	VB	FP
Junio	9/06/2023	05:28 p.m.	02:47	VB	BSV
Junio	12/06/2023	08:00 a.m.	01:43	VB	FC
Junio	13/06/2023	04:21 p.m.	01:53	VB	FP
Junio	15/06/2023	10:32 a.m.	01:51	VB	FP
Junio	16/06/2023	04:12 p.m.	01:25	VB	FC
Junio	19/06/2023	11:01 a.m.	01:52	VB	FP

Junio	20/06/2023	04:47 p.m.	01:11	VB	FC
Junio	22/06/2023	11:00 a.m.	01:35	VB	FC
Junio	25/06/2023	04:28 p.m.	01:15	VB	FP
Junio	26/06/2023	09:34 a.m.	01:31	VB	FC
Junio	27/06/2023	03:28 p.m.	01:07	VB	FC
Junio	29/06/2023	05:29 p.m.	01:18	VB	FP
Junio	30/06/2023	02:15 p.m.	01:50	VB	FC

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 27. Registro de Fallas en el mes de julio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Julio	1/07/2023	03:22 p.m.	01:23	VB	FC
Julio	4/07/2023	04:21 p.m.	01:32	VB	FP
Julio	6/07/2023	10:00 a.m.	01:55	VB	FC
Julio	8/07/2023	09:21 a.m.	01:14	VB	FC
Julio	11/07/2023	04:18 p.m.	01:12	VB	FP
Julio	2/07/2023	03:22 p.m.	01:23	VB	FC
Julio	4/07/2023	04:21 p.m.	01:32	VB	FP
Julio	7/07/2023	04:17 p.m.	02:42	VB	BSV
Julio	9/07/2023	09:21 a.m.	01:14	VB	FC
Julio	11/07/2023	04:18 p.m.	01:12	VB	FP
Julio	12/07/2023	03:12 p.m.	02:33	VB	BSV

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

MAQUINA: TINA DE LAVADO

DONDE:

- AR= Atascamiento de Rodillos.
- RB: Recalentamiento de Bombas.
- DP= Desgaste de Polín.
- DS= Desalineación.

Tabla 28. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	7/03/2023	10:30 a.m.	95,00	TL	AR
Marzo	10/03/2023	03:45 p.m.	236,00	TL	RB
Marzo	13/03/2023	03:32 p.m.	280,00	TL	RB
Marzo	15/03/2023	03:20 p.m.	276,00	TL	AR
Marzo	16/03/2023	11:12 a.m.	24,00	TL	RB
Marzo	21/03/2023	02:42 p.m.	284,00	TL	RB
Marzo	22/03/2023	10:45 a.m.	100,00	TL	AR
Marzo	27/03/2023	03:58 p.m.	222,00	TL	RB
Marzo	5/03/2023	08:32 a.m.	0,00	TL	RB
Marzo	7/03/2023	11:19 a.m.	0,00	TL	DP
Marzo	9/03/2023	02:31 p.m.	0,00	TL	RB
Marzo	13/03/2023	10:28 a.m.	0,00	TL	DP
Marzo	15/03/2023	09:45 a.m.	0,00	TL	AR
Marzo	19/03/2023	10:00 a.m.	0,00	TL	AR
Marzo	20/03/2023	09:32 a.m.	0,00	TL	RB
Marzo	21/03/2023	03:39 p.m.	0,00	TL	DP
Marzo	22/03/2023	09:18 a.m.	0,00	TL	AR
Marzo	24/03/2019	08:23 a.m.	0,00	TL	RB
Marzo	27/03/2019	11:13 a.m.	0,00	TL	DP
Marzo	28/03/2019	04:32 p.m.	0,00	TL	AR
Marzo	29/03/2019	08:40 a.m.	0,00	TL	RB

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 29. Registro de Fallas en el mes de abril de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Abril	3/04/2023	09:17 a.m.	212,00	TL	RB
Abril	5/04/2023	10:24 a.m.	43,00	TL	AR
Abril	5/04/2023	04:28 p.m.	165,00	TL	DP
Abril	6/04/2023	01:10 p.m.	91,00	TL	RB
Abril	7/04/2023	03:10 p.m.	32,00	TL	AR
Abril	11/04/2023	10:23 a.m.	190,00	TL	DS
Abril	12/04/2023	09:26 a.m.	29,00	TL	RB
Abril	13/04/2023	03:39 p.m.	208,00	TL	DP
Abril	15/04/2023	02:40 p.m.	221,00	TL	RB
Abril	17/04/2023	09:32 a.m.	161,00	TL	AR
Abril	18/04/2023	10:10 a.m.	182,00	TL	AR
Abril	19/04/2023	03:38 p.m.	85,00	TL	RB
Abril	21/04/2023	10:12 a.m.	85,00	TL	DP
Abril	25/04/2023	03:21 a.m.	222,00	TL	RB
Abril	29/04/2023	10:32 a.m.	81,00	TL	AR
Abril	31/04/2023	11:02 a.m.	22,00	TL	RB
Abril	4/04/2023	08:20 a.m.	0,00	TL	RB
Abril	5/04/2023	09:32 a.m.	0,00	TL	AR
Abril	9/04/2023	03:12 p.m.	0,00	TL	RB
Abril	10/04/2023	11:04 a.m.	0,00	TL	DP
Abril	13/04/2023	02:00 p.m.	0,00	TL	AR
Abril	16/04/2023	11:21 a.m.	0,00	TL	DP
Abril	17/04/2023	08:37 a.m.	0,00	TL	RB
Abril	19/04/2023	10:05 a.m.	0,00	TL	DP
Abril	21/04/2023	04:32 p.m.	0,00	TL	RB
Abril	25/04/2023	09:37 a.m.	0,00	TL	AR
Abril	27/04/2023	02:33 p.m.	0,00	TL	AR

Abril	28/04/2023	08:23 a.m.	0,00	TL	DP
Abril	30/04/2023	10:15 a.m.	0,00	TL	RB

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 30. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	4/05/2023	03:28 p.m.	102,00	TL	RB
Mayo	5/05/2023	04:25 p.m.	202,00	TL	DP
Mayo	6/05/2023	04:29 p.m.	167,00	TL	RB
Mayo	8/05/2023	06:13 p.m.	56,00	TL	AR
Mayo	12/05/2023	09:12 a.m.	208,00	TL	AR
Mayo	13/05/2023	10:23 a.m.	93,00	TL	RB
Mayo	15/05/2023	08:00 a.m.	149,00	TL	RB
Mayo	16/05/2023	10:17 a.m.	24,00	TL	DP
Mayo	16/05/2023	02:05 p.m.	85,00	TL	AR
Mayo	17/05/2023	04:18 p.m.	97,00	TL	RB
Mayo	18/05/2023	04:27 p.m.	163,00	TL	RB
Mayo	23/05/2023	11:03 a.m.	15652,00	TL	DP
Mayo	24/05/2023	05:04 p.m.	0,00	TL	AR
Mayo	25/05/2023	08:20 a.m.	0,00	TL	RB
Mayo	27/05/2023	09:15 a.m.	0,00	TL	DP
Mayo	3/05/2023	03:28 p.m.	0,00	TL	RB
Mayo	5/05/2023	04:29 p.m.	0,00	TL	RB
Mayo	8/05/2023	04:25 p.m.	0,00	TL	DP
Mayo	10/05/2023	04:53 p.m.	0,00	TL	RB
Mayo	12/05/2023	09:12 a.m.	0,00	TL	AR
Mayo	14/05/2023	10:23 a.m.	0,00	TL	RB

Mayo	15/05/2023	08:00 a.m.	0,00	TL	RB
Mayo	16/05/2023	10:07 a.m.	0,00	TL	DP
Mayo	19/05/2023	04:18 p.m.	0,00	TL	RB
Mayo	22/05/2023	04:27 p.m.	0,00	TL	RB
Mayo	23/05/2023	11:03 a.m.	0,00	TL	DP
Mayo	23/05/2023	05:04 p.m.	0,00	TL	AR
Mayo	25/05/2023	08:20 a.m.	0,00	TL	RB
Mayo	28/05/2023	09:07 a.m.	0,00	TL	DP

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 31. Registro de Fallas en el mes de junio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	2/06/2023	09:37 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	3/06/2023	05:11 p.m.	0,00	TL	DP
Junio	5/06/2023	11:20 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	7/06/2023	04:28 p.m.	0,00	TL	AR
Junio	10/06/2023	10:56 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	13/06/2023	08:40 a.m.	0,00	TL	DP
Junio	14/06/2023	03:25 p.m.	0,00	TL	AR
Junio	16/06/2023	10:10 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	19/06/2023	04:04 p.m.	0,00	TL	RB
Junio	21/06/2023	10:45 a.m.	0,00	TL	AR
Junio	24/06/2023	09:17 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	27/06/2023	10:28 a.m.	0,00	TL	AR
Junio	28/06/2023	06:18 p.m.	0,00	TL	DP
Junio	29/06/2023	11:51 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	2/06/2023	09:37 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	4/06/2023	05:11 p.m.	0,00	TL	DP
Junio	7/06/2023	04:28 p.m.	0,00	TL	AR
Junio	11/06/2023	10:56 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	13/06/2023	08:40 a.m.	0,00	TL	DP
Junio	14/06/2023	03:25 p.m.	0,00	TL	AR
Junio	16/06/2023	10:10 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	19/06/2023	04:04 p.m.	0,00	TL	RB
Junio	21/06/2023	10:45 a.m.	0,00	TL	AR
Junio	22/06/2023	03:39 p.m.	0,00	TL	DP
Junio	22/06/2023	05:00 p.m.	0,00	TL	AR
Junio	25/06/2023	09:17 a.m.	0,00	TL	RB
Junio	27/06/2023	10:28 a.m.	0,00	TL	AR

Junio	28/06/2023	06:18 p.m.	0,00	TL	DP
Junio	29/06/2023	11:51 a.m.	0,00	TL	RB

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 32. Registro de Fallas en el mes de julio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Julio	4/07/2023	10:04 a.m.	0,00	TL	RB
Julio	5/07/2023	02:05 p.m.	0,00	TL	AR
Julio	6/07/2023	04:26 p.m.	0,00	TL	DP
Julio	8/07/2023	02:35 p.m.	0,00	TL	DP
Julio	10/07/2023	02:13 p.m.	0,00	TL	RB
Julio	4/07/2023	10:04 a.m.	0,00	TL	RB
Julio	5/07/2023	02:05 p.m.	0,00	TL	AR
Julio	6/07/2023	04:26 p.m.	0,00	TL	DP
Julio	9/07/2023	02:35 p.m.	0,00	TL	DP
Julio	10/07/2023	02:03 p.m.	0,00	TL	RB

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

MAQUINA: FAJA

Donde:

- AF= Atascamiento de Fruta.
- Sb= Sobreesfuerzo.
- DF= Desalineación de faja.

Tabla 33. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	4/03/2023	01:13 p.m.	42,00	BT	AF
Marzo	18/03/2023	11:34 a.m.	44,00	BT	Sb
Marzo	31/03/2023	10:40 a.m.	80,00	BT	DF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 34. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	7/03/2024	04:27 p.m.	22,00	BT	AF
Marzo	15/03/2024	04:16 p.m.	32,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 35. Registro de Fallas en el mes de abril de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Abril	8/04/2023	02:17 p.m.	21,00	BT	AF
Abril	22/04/2023	10:00 a.m.	15,00	BT	Sb
Abril	28/04/2023	02:30 p.m.	20,00	BT	DF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 36. Registro de Fallas en el mes de abril de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Abril	9/04/2024	08:21 a.m.	55,00	BT	AF
Abril	25/04/2024	03:14 p.m.	42,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 37. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	9/05/2023	10:37 a.m.	28,00	BT	AF
Mayo	19/05/2023	05:17 p.m.	37,00	BT	AF
Mayo	27/05/2023	04:38 p.m.	21,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 38. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2020

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	9/05/2024	10:37 a.m.	48,00	BT	AF
Mayo	17/05/2024	05:07 p.m.	47,00	BT	AF
Mayo	28/05/2024	08:00 a.m.	48,00	BT	AF
Mayo	31/05/2024	04:18 p.m.	40,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 39. Registro de Fallas en el mes de junio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	8/06/2023	03:54 p.m.	39,00	BT	AF
Junio	17/06/2023	09:22 a.m.	26,00	BT	AF
Junio	23/06/2023	11:34 a.m.	24,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 40. Registro de Fallas en el mes de junio de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	8/06/2024	03:54 p.m.	39,00	BT	AF
Junio	17/06/2024	09:22 a.m.	26,00	BT	AF
Junio	23/06/2024	11:34 a.m.	24,00	BT	AF
Junio	8/06/2024	03:54 p.m.	39,00	BT	AF
Junio	18/06/2024	09:22 a.m.	26,00	BT	AF
Junio	23/06/2024	11:34 a.m.	24,00	BT	AF
Junio	26/06/2024	08:27 a.m.	43,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 41. Registro de Fallas en el mes de julio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Julio	12/07/2023	10:00 a.m.	15,00	BT	AF

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

MAQUINA: CALIBRADORA

Donde:

- FCa= Fractura de Carrier
- Sb= Sobreesfuerzo

Tabla 42. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	3/03/2023	12:13 p.m.	160,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	4/03/2023	05:13 p.m.	223,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	7/03/2023	03:18 p.m.	97,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	10/03/2023	10:14 a.m.	219,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	13/03/2023	09:27 a.m.	99,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	14/03/2023	10:10 a.m.	75,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	15/03/2023	09:12 a.m.	143,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	16/03/2023	09:12 a.m.	142,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	17/03/2023	11:35 a.m.	100,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	18/03/2023	02:22 p.m.	64,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	23/03/2023	02:50 p.m.	168,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	24/03/2023	04:08 p.m.	167,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	25/03/2023	02:39 p.m.	167,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	28/03/2023	02:24 p.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	30/03/2023	08:40 a.m.	227,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	31/03/2023	03:43 p.m.	75,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 43. Registro de Fallas en el mes de marzo de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Marzo	6/03/2024	02:38 p.m.	187,00	CALIBRADORA	FCa

Marzo	8/03/2024	09:23 a.m.	200,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	10/03/2024	03:32 p.m.	150,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	12/03/2024	10:17 a.m.	145,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	14/03/2024	11:02 a.m.	176,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	14/03/2024	02:22 p.m.	192,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	17/03/2024	09:43 a.m.	135,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	21/03/2024	09:23 a.m.	215,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	24/03/2024	04:12 p.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Marzo	30/03/2024	09:10 a.m.	135,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 44. Registro de Fallas en el mes de abril de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Abril	1/04/2023	10:23 a.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	4/04/2023	09:00 a.m.	220,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	10/04/2023	06:00 p.m.	162,00	CALIBRADORA	Sb
Abril	12/04/2023	02:56 p.m.	111,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	15/04/2023	09:23 a.m.	115,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	19/04/2023	09:23 a.m.	172,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	20/04/2023	03:21 a.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	21/04/2023	04:12 p.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	24/04/2023	10:18 a.m.	166,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	25/04/2023	09:28 a.m.	177,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	26/04/2023	05:27 p.m.	16,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	27/04/2023	05:35 p.m.	167,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	29/04/2023	05:02 p.m.	177,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 45. Registro de Fallas en el mes de abril de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Abril	4/04/2024	03:37 p.m.	196,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	5/04/2024	05:21 p.m.	142,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	7/04/2024	02:40 p.m.	195,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	11/04/2024	07:25 a.m.	195,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	17/04/2024	05:09 p.m.	156,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	18/04/2024	09:09 a.m.	220,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	20/04/2024	05:35 p.m.	185,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	21/04/2024	09:51 a.m.	126,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	23/04/2024	02:33 p.m.	276,92	CALIBRADORA	FCa
Abril	24/04/2024	04:32 p.m.	193,00	CALIBRADORA	FCa
Abril	26/04/2024	09:41 a.m.	128,00	CALIBRADORA	FCa

Abril	28/04/2024	03:43 p.m.	191,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 46. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	2/05/2023	09:18 a.m.	164,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	3/05/2023	04:24 p.m.	165,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	4/05/2023	10:05 a.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	6/05/2023	07:09 a.m.	222,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	8/05/2023	08:27 a.m.	162,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	9/05/2023	04:53 p.m.	153,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	10/05/2023	09:28 a.m.	165,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	11/05/2023	05:37 p.m.	88,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	12/05/2023	03:18 p.m.	79,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	13/05/2023	05:09 p.m.	152,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	17/05/2023	09:37 a.m.	77,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	18/05/2023	10:29 a.m.	76,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	19/05/2023	10:29 a.m.	84,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	22/05/2023	10:01 a.m.	103,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	23/05/2023	05:18 p.m.	76,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	25/05/2023	03:48 p.m.	79,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	26/05/2023	04:28 p.m.	105,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	30/05/2023	08:00 a.m.	99,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	31/05/2023	09:09 a.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 47. Registro de Fallas en el mes de mayo de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Mayo	2/05/2024	09:18 a.m.	164,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	3/05/2024	10:05 a.m.	172,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	4/05/2024	04:24 p.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	7/05/2024	07:09 a.m.	122,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	8/05/2024	08:27 a.m.	162,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	10/05/2024	09:28 a.m.	165,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	14/05/2024	05:09 p.m.	152,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	15/05/2024	03:18 p.m.	79,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	16/05/2024	05:37 p.m.	88,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	17/05/2024	09:37 a.m.	77,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	18/05/2024	10:29 a.m.	76,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	19/05/2024	10:29 a.m.	84,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	22/05/2024	10:01 a.m.	103,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	24/05/2024	05:18 p.m.	76,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	25/05/2024	03:48 p.m.	79,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	26/05/2024	04:28 p.m.	105,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	29/05/2024	09:09 a.m.	175,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	30/05/2024	08:00 a.m.	169,00	CALIBRADORA	FCa
Mayo	31/05/2024	08:37 a.m.	186,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 48. Registro de Fallas en el mes de junio de 2023

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	1/06/2023	04:18 p.m.	157,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	2/06/2023	02:34 p.m.	185,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	6/06/2023	04:13 p.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	8/06/2023	09:51 a.m.	145,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	9/06/2023	08:27 a.m.	167,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	10/06/2023	03:43 p.m.	135,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	12/06/2023	02:42 p.m.	132,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	13/06/2023	10:40 a.m.	126,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	14/06/2023	08:00 p.m.	132,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	15/06/2023	04:45 p.m.	108,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	17/06/2023	05:37 p.m.	148,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	20/06/2023	09:27 a.m.	159,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	21/06/2023	02:56 p.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	23/06/2023	02:22 p.m.	124,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	26/06/2023	04:17 p.m.	130,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	28/06/2023	09:41 a.m.	159,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	30/06/2023	09:15 a.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 49. Registro de Fallas en el mes de junio de 2024

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Junio	1/06/2024	04:18 p.m.	157,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	2/06/2024	02:34 p.m.	185,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	5/06/2024	11:20 a.m.	165,00	CALIBRADORA	FCa

Junio	6/06/2024	04:13 p.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	8/06/2024	09:51 a.m.	145,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	9/06/2024	08:27 a.m.	167,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	11/06/2024	03:43 p.m.	135,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	12/06/2024	02:42 p.m.	132,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	13/06/2024	10:40 a.m.	126,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	14/06/2024	08:00 p.m.	132,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	15/06/2024	04:45 p.m.	168,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	18/06/2024	05:37 p.m.	148,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	20/06/2024	09:27 a.m.	159,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	21/06/2024	02:56 p.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	23/06/2024	02:22 p.m.	124,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	26/06/2024	04:17 p.m.	130,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	28/06/2024	09:41 a.m.	159,00	CALIBRADORA	FCa
Junio	30/06/2024	09:15 a.m.	141,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

Tabla 50. Registro de Fallas en el mes de julio de 2019

Mes	Fecha	Hora inicio	Tiempo de paro (min)	Máquina	Problema
Julio	1/07/2023	08:41 a.m.	215,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	2/07/2023	09:37 a.m.	162,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	7/07/2023	04:17 p.m.	162,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	11/07/2023	09:41 a.m.	150,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	2/07/2023	08:41 a.m.	215,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	3/07/2023	09:37 a.m.	162,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	6/07/2023	10:00 a.m.	115,00	CALIBRADORA	FCa
Julio	11/07/2023	09:41 a.m.	150,00	CALIBRADORA	FCa

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

4.13. Análisis estadístico según total de paros

En la tabla 51 se presenta un resumen de la frecuencia de los paros provocados por fallas en la maquinaria de la planta, lo cual tiene como consecuencia una baja disponibilidad de los equipos y por tanto que la utilización de la capacidad disminuya. Se ha realizado un análisis con los datos mencionados mediante un diagrama de Pareto (Figura 15) y se encontró como fallas más frecuentes: la fractura de carrier, fractura de la cadena, fractura del perno y recalentamiento de bombas. Los mismos que son los causantes del 73% de las paradas. Esto da pase a la posibilidad de que, si se reducen estas fallas, se reducirán las paradas y su tiempo relacionado.

Tabla 51. Razones de fallos causantes de paradas en la empresa Agrícola Cerro Prieto

Razones de paradas	Frecuencia de parada	Frecuencia %	Frecuencia acumulada %	CLASE
Fractura de carrier	131	32%	32%	A
Fractura de cadena	55	14%	46%	A
Fractura de perno	55	14%	60%	A
Recalentamiento de bombas	54	13%	73%	A
Atascamiento de rodillos	33	8%	81%	B
Desgaste de polin	30	7%	88%	B
Atascamiento de fruta	21	5%	93%	C
Bloqueo de sensor del volcador	21	5%	99%	C
Desalineación de faja	3	1%	99%	C
Sobreesfuerzo	3	1%	100%	C
TOTAL	**406**	**100%**		

Fuente: Elaboración Propia.

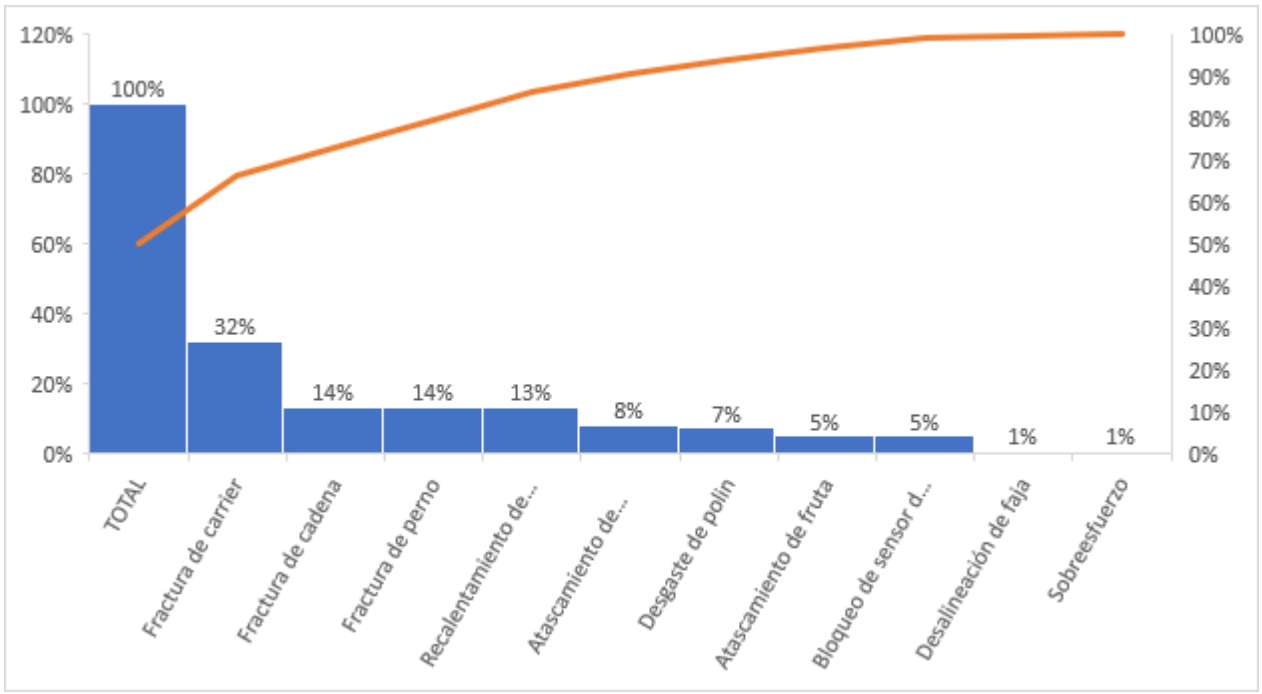


Figura 15. **Diagrama de Pareto para las principales fallas causantes de paradas.**

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tabla 52. Descripción del volcador de bins

NOMBRE: VOLCADOR DE BINS			
FUNCIÓN	**IMAGEN**	**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**	
Equipo diseñado para vaciado de bines llenos de fruta. Funciona con un cilindro hidráulico que puede conectarse al sistema hidráulico del tractor o montacargas.		Largo/Ancho/Alto (mm)	6 977/2 100/5 435
		Aire (l/h)	60
		Presión (Bar)	7
		Energía (Kw)	8

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

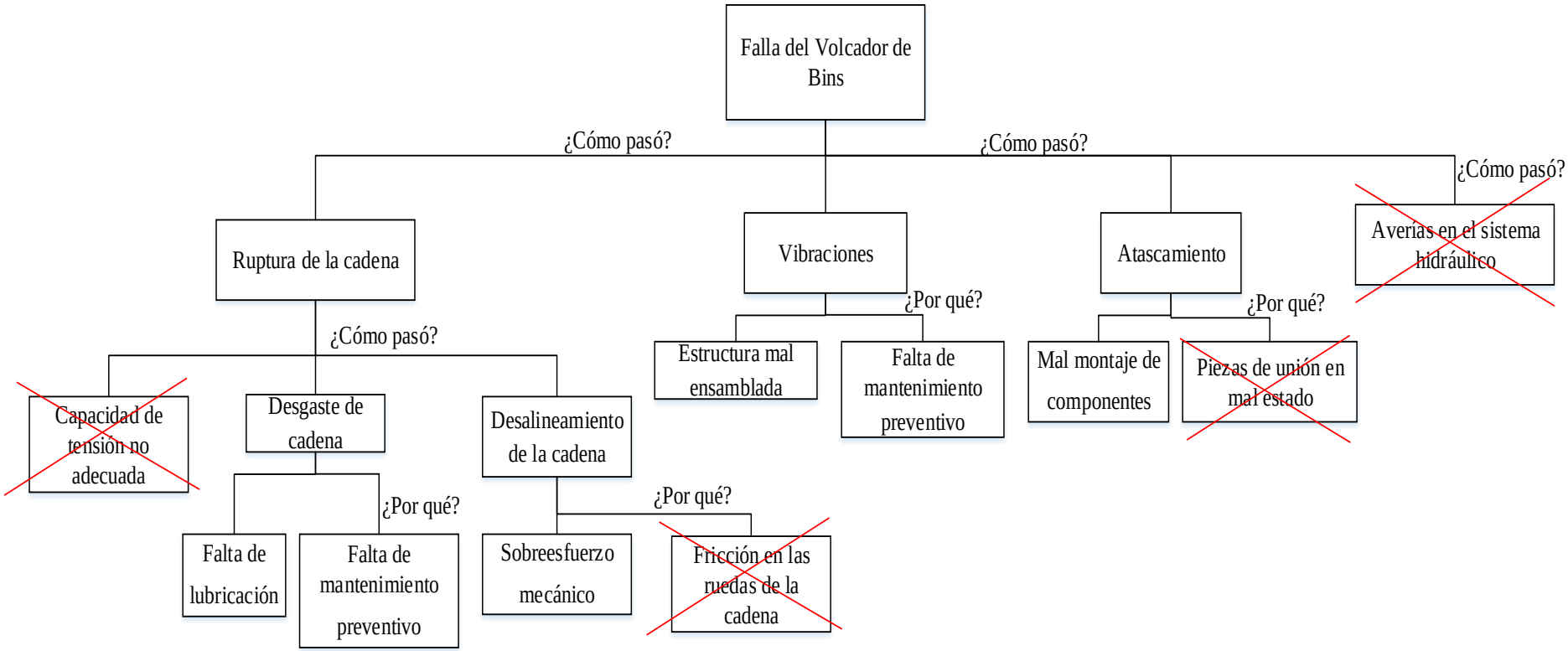


Figura 16. **Árbol lógico del Volcador de Bins**

Fuente: Elaboración Propia

— Su producción es de 732 horas/año.

Tabla 53. Número de averías del volcador de bins

MAQUINA: VOLCADOR DE BINS					
Proceso	**Función**	**Avería**		**N° de averías/Año**	**Tiempo de Parada (h)**
Abastecimiento	Se ubica en el área de recepción de materia prima, con una capacidad de 100 bines por hora. Esta máquina desempeña las actividades de vaciado y agrupar de los bines vacíos. Al final de este proceso la fruta cae en perfecto estado.	Fractura	Fractura de la cadena	55	77,41
		Bloqueo	Mala regulación	21	58,51
		Fractura	Fractura del perno	55	79,21

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— El total de averías al año es 131, mientras que los tiempos de parada son 215,13 horas. Por lo que para el cálculo de la tabla 54 se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año) = \frac{N°\ averías/año}{Producción}$$

$$Tiempo\ medio\ de\ fallas\ (TPEF) = \frac{1}{Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año)}$$

Tabla 54. Tiempo medio de fallas del volcador de bins.

Razón de falla (N° de fallas por año)	0,178961749
Tiempo medio de fallas (TPEF)	5,58778626

Fuente: Elaboración propia

— Seguidamente, en la tabla 55 se detallan las consecuencias, mientras que a partir del anexo 1 las categorías para la puntuación:

Tabla 55. Consecuencias del volcador de bins

Consecuencias	
Impacto en el personal	Pueden haber daños reportables debido a atascamientos
Impacto en el ambiente	Los cambios dados en la máquinas generan una contaminación mínima debido a las frutas derramadas
Impacto en la población	No existe
Impacto en la producción	Las fallas generan una pérdida del 26,5 % de la producción anual. Equivale a 99 622,39 soles anuales por pérdida de producción.
Impacto en las instalaciones	No existe

Fuente: Elaboración propia

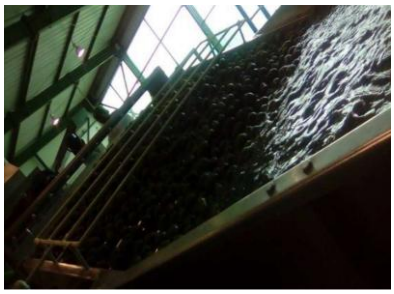
Tabla 56. Resumen de las consecuencias

Máquina	**Puntuación**
Frecuencia	4
Daños al personal	3
Impacto a la población	1
Impacto ambiental	3
Pérdidas de producción	4
Daños de instalación	2
Impacto	13
Nivel de criticidad	52

Fuente: Elaboración propia

— Con los datos mostrados y el anexo 11.1 se evidencia una criticidad alta.

Tabla 57. Descripción de la tina de lavado

<table>
<tr><th colspan="4">NOMBRE: Tina de lavado</th></tr>
<tr><th>FUNCIÓN</th><th>IMAGEN</th><th colspan="2">ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Se ubica en el área de lavado y secado, con aproximadamente 10 m3. Su función es limpiar la fruta y retirar cualquier cuerpo extraño que este en la cáscara.</td><td rowspan="4">  </td><td>Largo/Ancho/Alto (mm)</td><td>3 000/900/1 500</td></tr>
<tr><td>Potencia</td><td>440 v / 60 Hz</td></tr>
<tr><td>Peso</td><td>220 kg</td></tr>
<tr><td>Antigüedad</td><td>6 años</td></tr>
</table>

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Su producción es de 819 horas/año.

Tabla 58. Número de averías de la tina de lavado

MAQUINA: TINA DE LAVADO						
Proceso	**Capacidad**	**Avería**		**N° de averías/Año**	**Tiempo de Parada (min)**	**Tiempo de Parada (h)**
Lavado y cepillado	10 metros cúbicos	Rodillos atascados	Atascamiento de rodillos	33	3 164	52,73
		Bombas recalentadas	Recalentamiento de bombas	54	11 113	185,22
		Desalineamiento	Desalineamiento	1	276	4,60
		Polín desgastado	Desgaste de polín	30	1 099	18,32

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— El total de averías al año es 118, mientras que los tiempos de parada son 15 652 minutos, es decir 260,87 horas. Por lo que para el cálculo de la tabla 59 se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año) = \frac{N°\ averías/año}{Producción}$$

$$Tiempo\ medio\ de\ fallas\ (TPEF) = \frac{1}{Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año)}$$

Tabla 59. Tiempo medio de fallas de la tina de lavado

Razón de falla (N° de fallas por año)	0,14
Tiempo medio de fallas (TPEF)	6,94

Fuente: Elaboración propia

— Seguidamente, en la tabla 60 se detallan las consecuencias, mientras que a partir del anexo 1 las categorías para la puntuación:

Tabla 60. Consecuencias de la tina de lavado

Consecuencias	
Impacto en el personal	El personal de planta necesitar tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.
Impacto en el ambiente	Sin impacto al ambiente
Impacto en la población	Sin impacto a la población
Impacto en la producción	El paro de la maquina tina de lavado alcanza una suma de 27 294,53 soles
Impacto en las instalaciones	Los costos de reparación alcanzan una suma de 62 mil soles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Resumen de las consecuencias de la tina de lavado

Máquina	Puntuación
Frecuencia	4
Daños al personal	2
Impacto a la población	1
Impacto ambiental	1
Pérdidas de producción	4
Daños de instalación	4
Criticidad	12
Nivel de criticidad	48

Fuente: Elaboración propia

— Con los datos mostrados y el anexo 11.2 se evidencia una criticidad media.

Tabla 62. Descripción de la faja transportadora

NOMBRE: FAJAS TRANSPORTADORAS			
FUNCIÓN	**IMAGEN**	**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**	
La faja transportadora se encarga de trasladar el material lentamente mientras operarios eligen la fruta de acuerdo a su categoría.		Largo (mm)	2014
		Ancho (mm)	620
		Altura (mm)	1500
		Peso (kg)	90
		Alimentación (kW)	0,25
		Producción	1089,41

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— Su producción es de 1 089,41 horas/año.

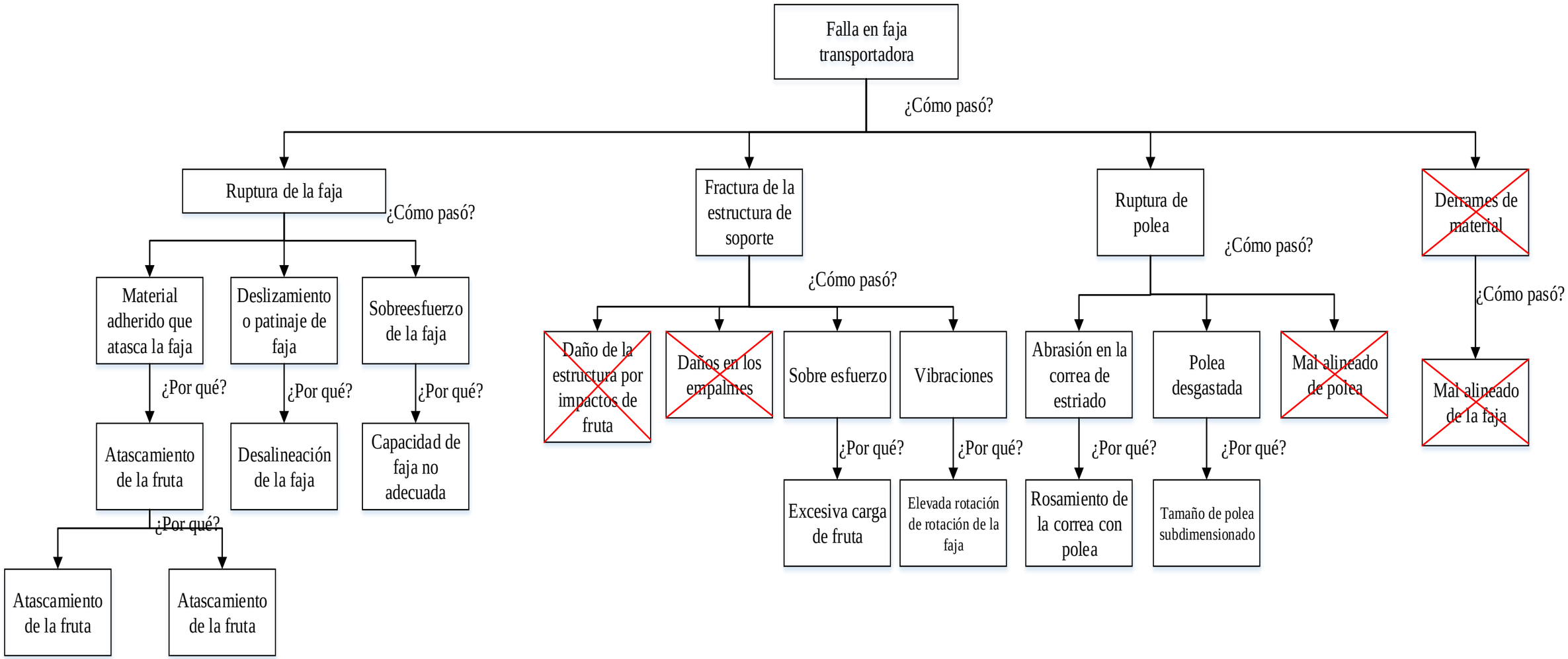


Figura 17. **Árbol lógico de la banda transportadora**

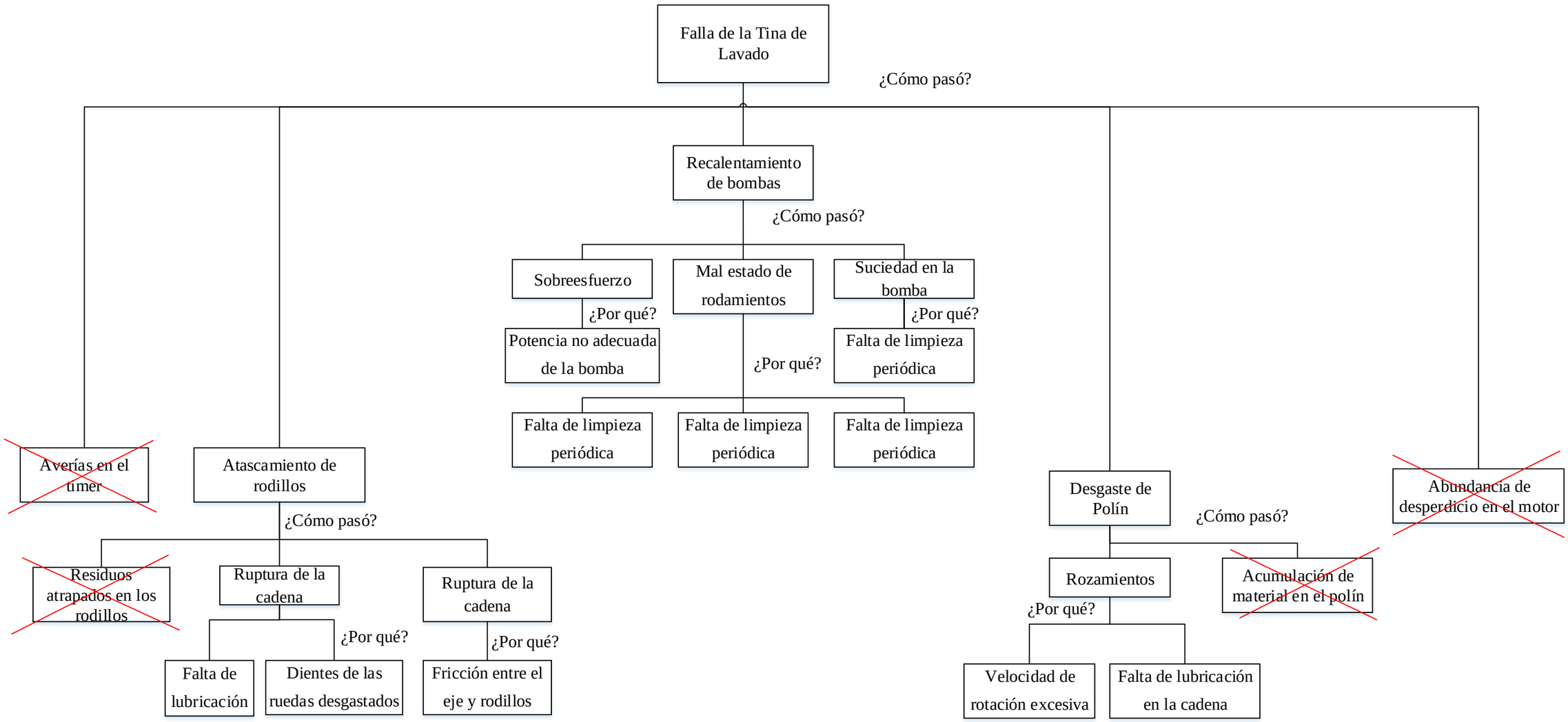


Figura 18. **Árbol lógico de la tina de lavado**

Tabla 63. Número de averías de la faja transportadora

NOMBRE: FAJAS TRANSPORTADORAS					
PROCESO	**Función**	**Avería**	**Motivos**	**N° de averías/Año**	**Tiempo de Parada (h)**
SELECCIÓN	La faja transportadora se encarga de trasladar el material lentamente mientras operarios escoger la fruta de acuerdo a su categoría.	Ruptura y fractura	Atascamiento de fruta	21	11,98
			Desalineación	2	1,67
			Sobreesfuerzo	2	0,98

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

— El total de averías al año es 25, mientras que los tiempos de parada son 14,63 horas. Por lo que para el cálculo de la tabla 64 se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año) = \frac{N°\ averías/año}{Producción}$$

$$Tiempo\ medio\ de\ fallas\ (TPEF) = \frac{1}{Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año)}$$

Tabla 64. Tiempo medio de fallas de la faja transportadora

Razón de falla (N° de fallas por año)	**0,023**
Tiempo medio de fallas (TPEF)	**43,58**

Fuente: Elaboración propia

— Seguidamente, en la tabla 65 se detallan las consecuencias, mientras que a partir del anexo 1 las categorías para la puntuación:

Tabla 65. Consecuencias de fallos en la faja transportadora

Consecuencias

Impacto en el personal	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.
Impacto en el ambiente	No existe
Impacto en la población	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves
Impacto en la producción	Las pérdidas por averías representa el 1,8% de las pérdidas totales, esto expresado en soles es de 6774,86
Impacto en las instalaciones	Impactos menores a 500 mil soles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Resumen de las consecuencias de fallas en la faja transportadora

Máquina	**Puntuación**
Frecuencia	4
Daños al personal	2
Impacto a la población	2
Impacto ambiental	1
Pérdidas de producción	2
Daños de instalación	3
Criticidad	**10**
Nivel de criticidad	**40**

Fuente: Elaboración propia

— Con los datos mostrados y el anexo 11.3 se evidencia una criticidad media.

Tabla 67. Descripción del calibrador.

NOMBRE: CALIBRADOR

FUNCIÓN	IMAGEN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Su finalidad es detectar el peso correcto de la fruta para que después sean empecadas		Largo (mm)	13300
		Ancho (mm)	2500
		Altura (mm)	3000
		Alimentación (kW)	3
		Producción	697

— Su producción es de 697 horas/año.

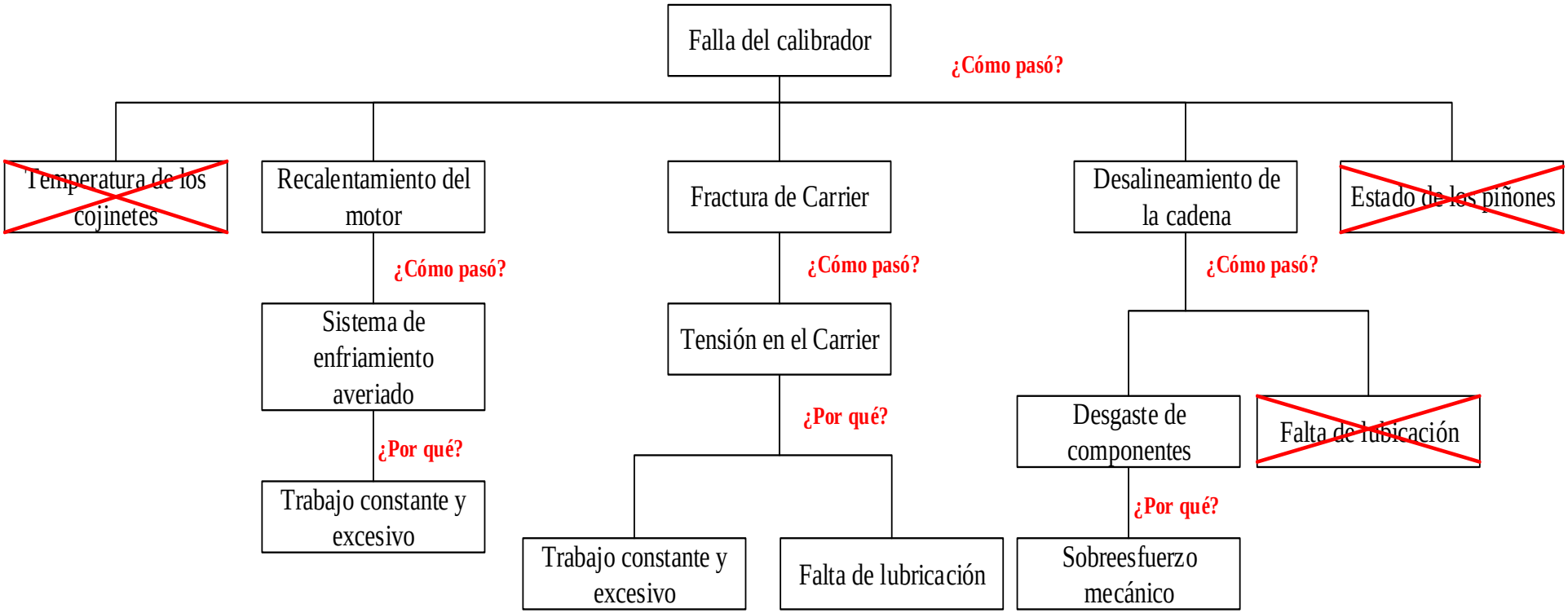


Figura 19. **Árbol de lógico del calibrador**

Tabla 68. Número de averías de calibrador

NOMBRE: CALIBRADOR					
PROCESO	**Función**	**Avería**	**Motivos**	**N° de averías/Año**	**Tiempo de Parada (h)**
CALIBRACIÓN	Su finalidad es detectar el peso correcto de la fruta para que después sean empacadas.	Fractura	Fractura del carrier	131	323,60
			Sobreesfuerzo	2	2,70

— El total de averías al año es 133, mientras que los tiempos de parada son 326,30 horas. Por lo que para el cálculo de la tabla 69 se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año) = \frac{N°\ averías/año}{Producción}$$

$$Tiempo\ medio\ de\ fallas\ (TPEF) = \frac{1}{Razon\ de\ falla\ (N°\ de\ fallas\ por\ año)}$$

Tabla 69. Tiempo medio de fallas de calibrador

Razón de falla (N° de fallas por año)	**0,191**
Tiempo medio de fallas (TPEF)	**5,24**

Fuente: Elaboración propia

— Seguidamente, en la tabla 70 se detallan las consecuencias, mientras que a partir del anexo 1 las categorías para la puntuación:

Tabla 70. Consecuencias de fallas en calibrador

Consecuencias	
Impacto en el personal	El personal de planta necesita tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.
Impacto en el ambiente	No existe

Impacto en la población	Inhabilitar permanente, daños o enfermedades en aunque sea un miembro de la población.
Impacto en la producción	La pérdida por averías representa el 39,67% de las pérdidas totales, esto expresado en soles es de 149 138,14
Impacto en las instalaciones	De 50 mil a 500 mil

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Resumen de las consecuencias de fallas en calibrador

Maquina	**Puntuación**
Frecuencia	4
Daños al personal	2
Impacto a la población	3
Impacto ambiental	1
Pérdidas de producción	4
Daños de instalación	3
Criticidad	**13**
Nivel de criticidad	**52**

Fuente: Elaboración propia

— Con los datos mostrados y el anexo 11.4 se evidencia una criticidad alta.

ÁRBOL DE FALLAS

Debido al alcance de la investigación, solo se clasificaron los datos de acuerdo al tipo de máquina. Sin embargo, para el árbol de fallas se consideraron por número de máquinas tomando fallas y causas de investigaciones de [2] y [3].

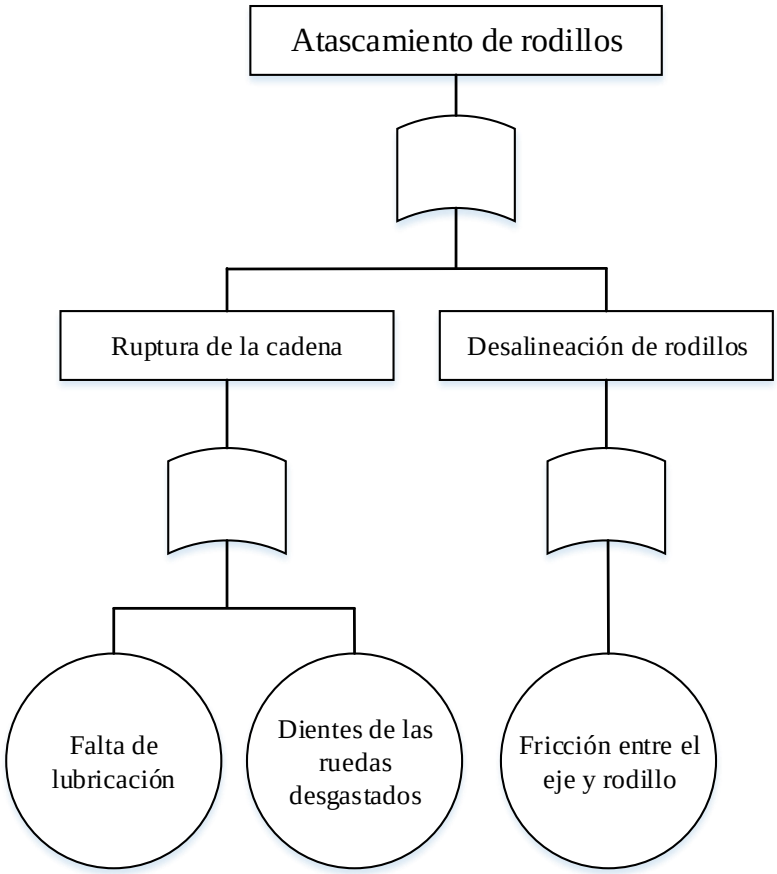


Figura 20. **Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

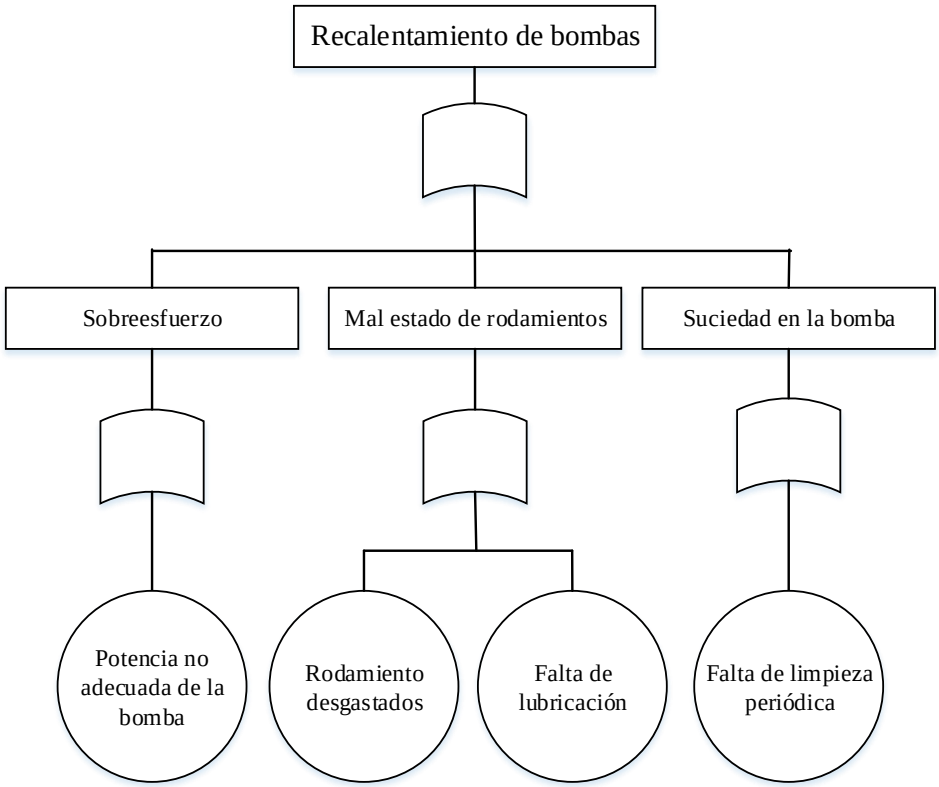


Figura 21. **Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

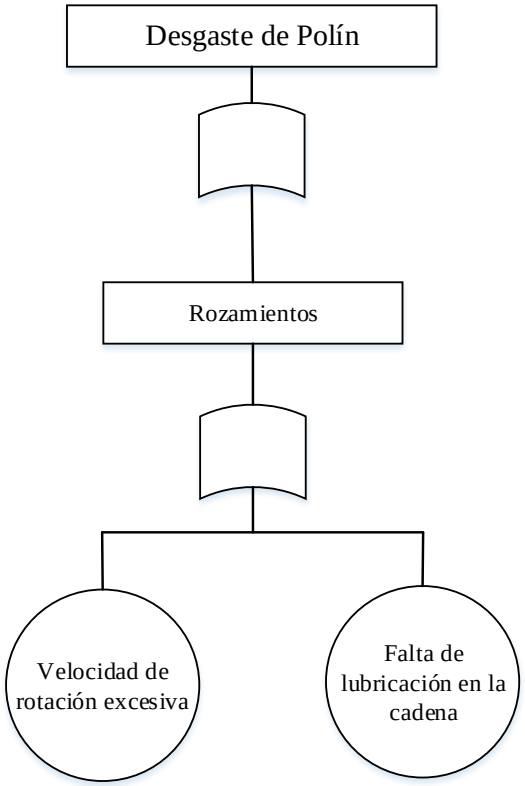


Figura 22. **Árbol de fallas para la máquina Tina de lavado TL1 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

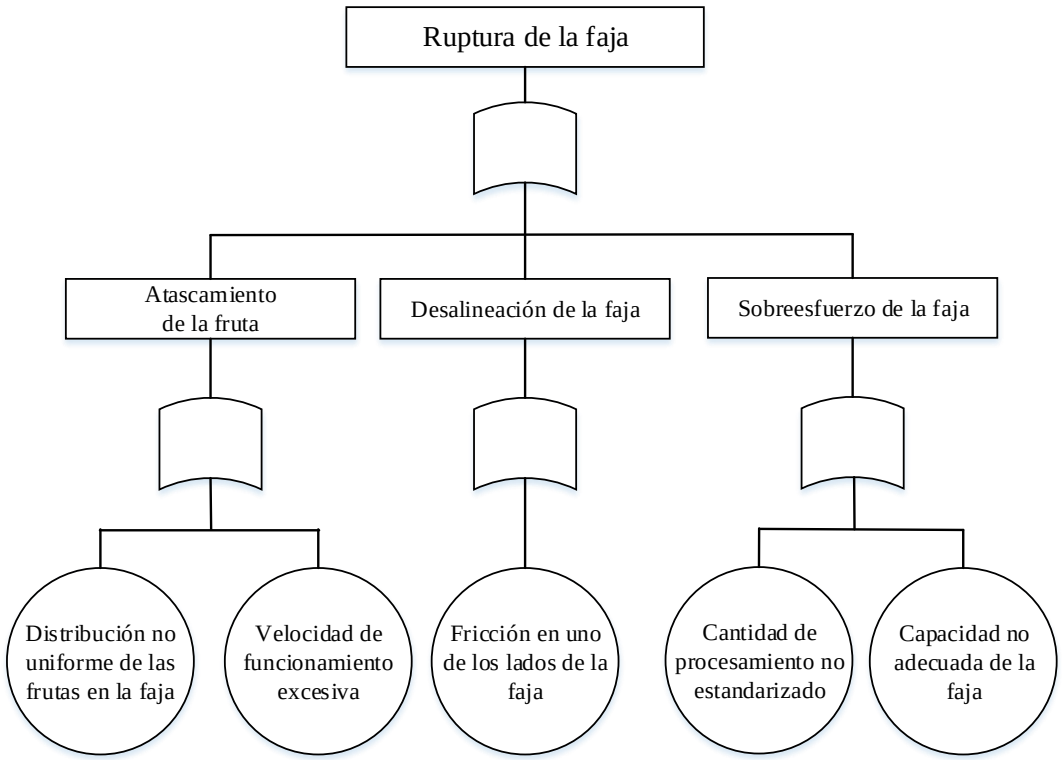


Figura 23. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

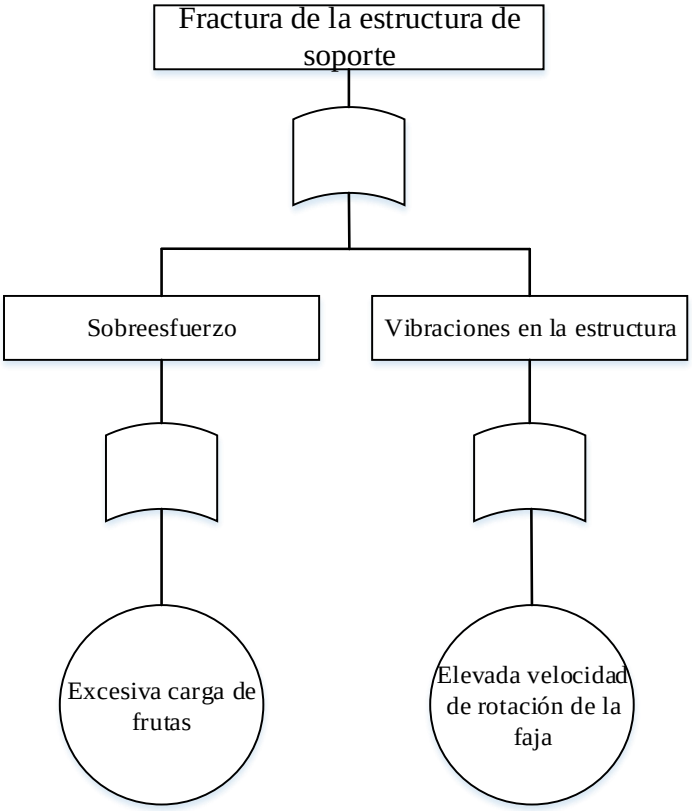


Figura 24. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

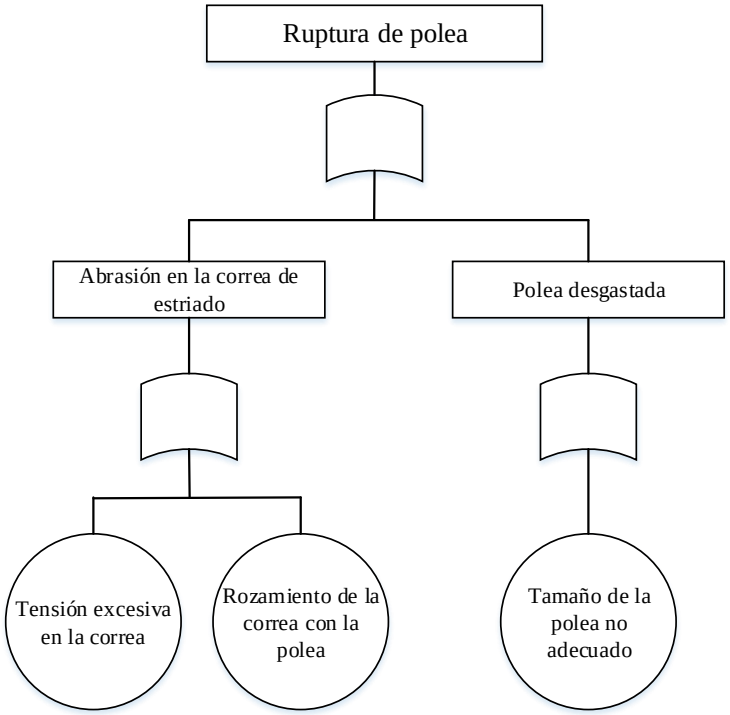


Figura 25. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT1 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

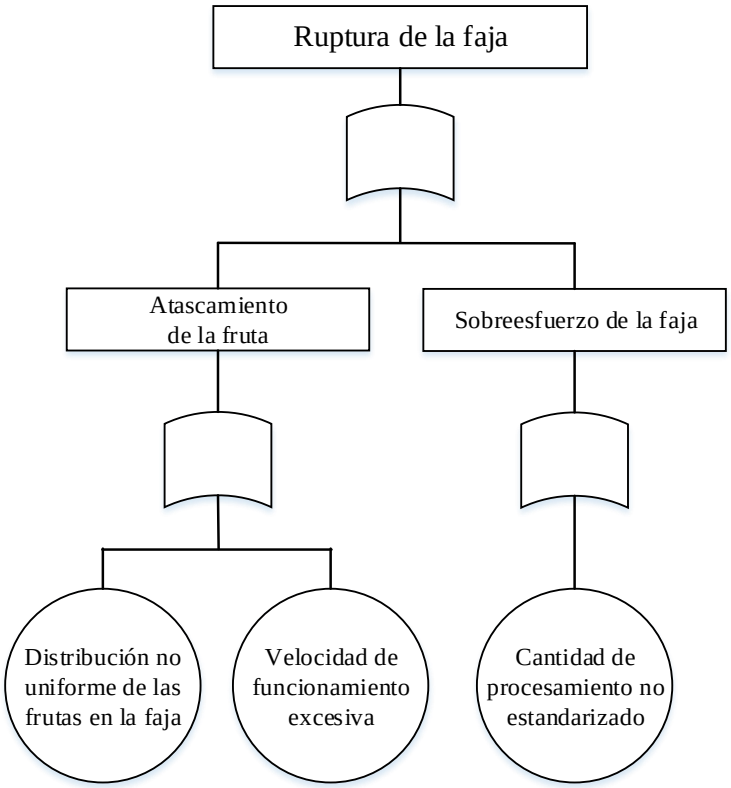


Figura 26. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

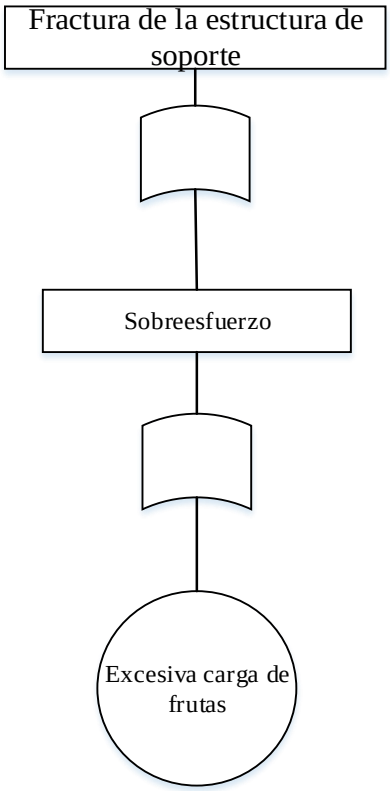


Figura 27. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

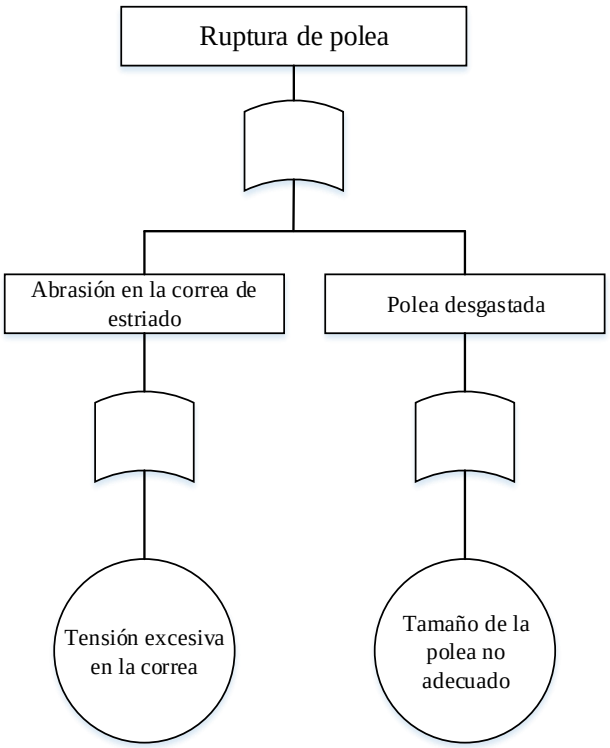


Figura 28. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT2 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

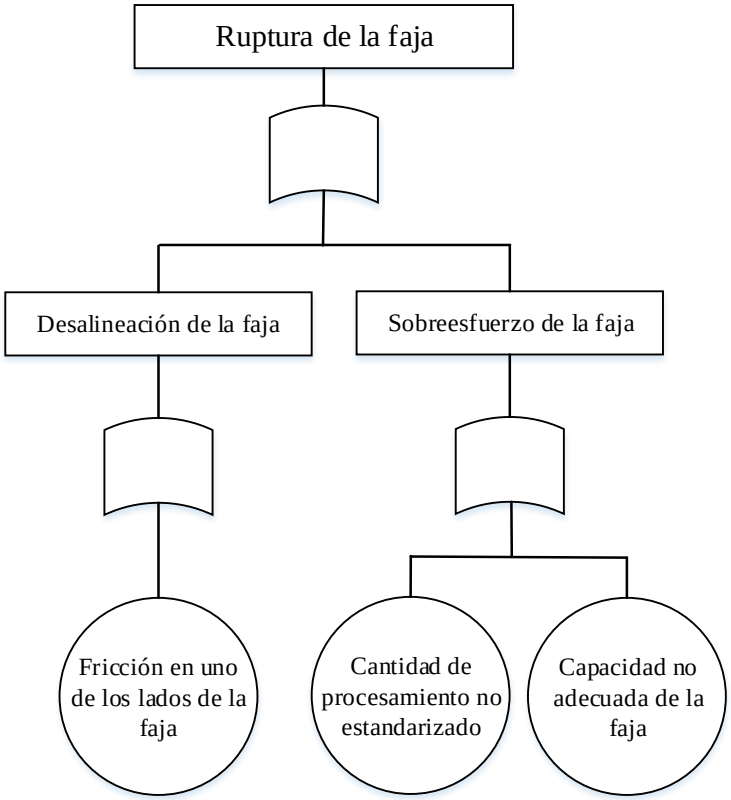


Figura 29. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

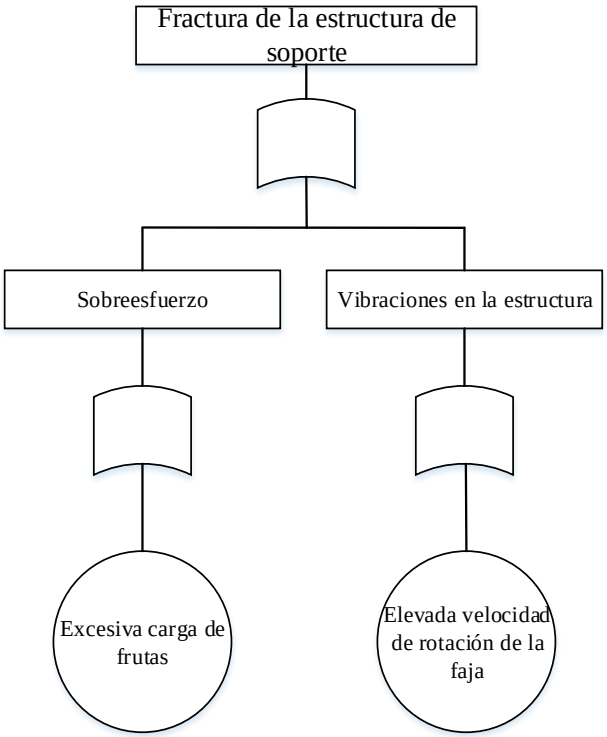


Figura 30. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

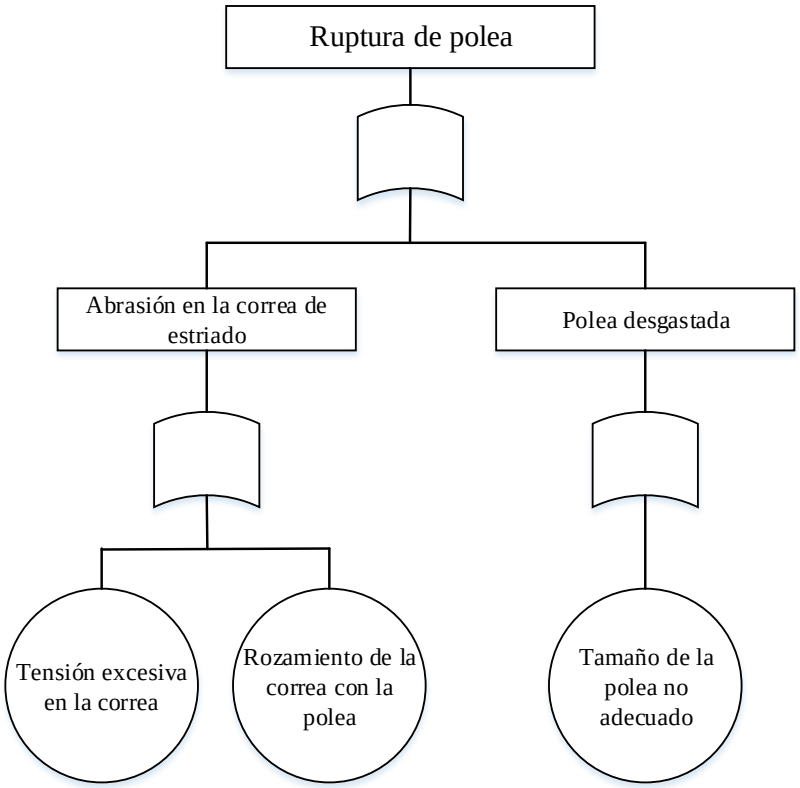


Figura 31. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT3 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

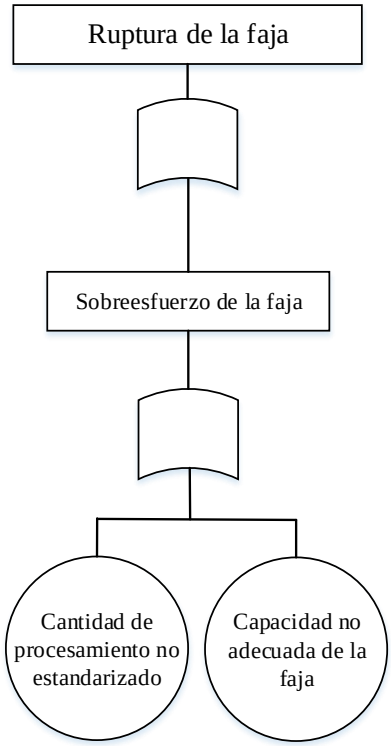


Figura 32. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT4 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

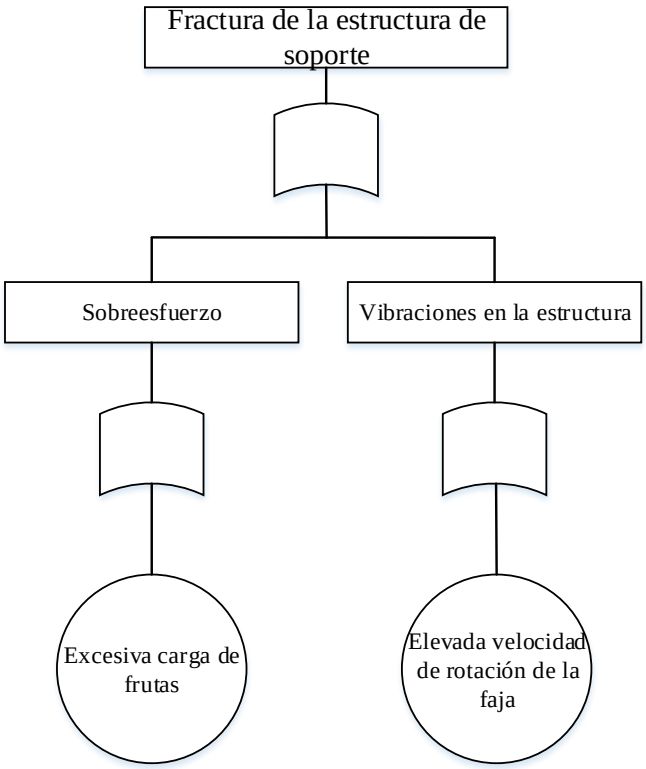


Figura 33. **Árbol de fallas para la máquina Faja Transportadora FT4 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

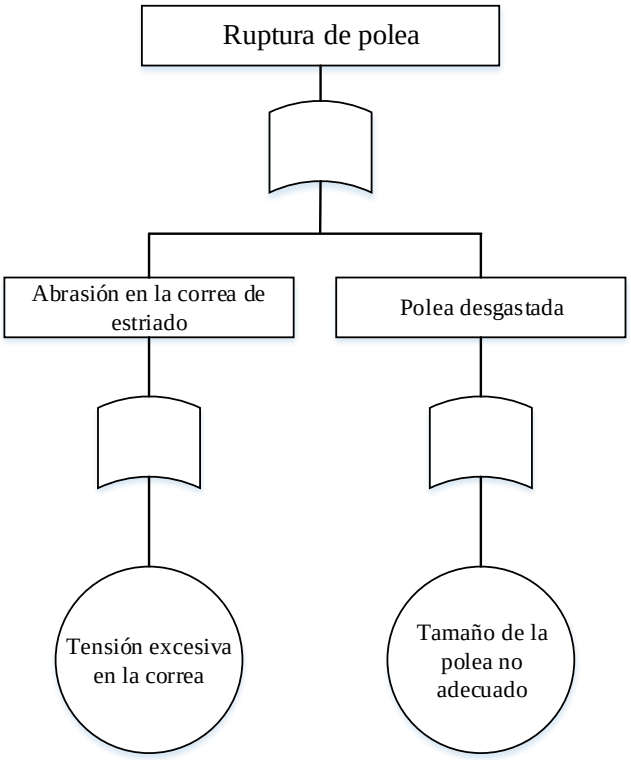


Figura 34. **Árbol de fallas para la máquina FT4 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

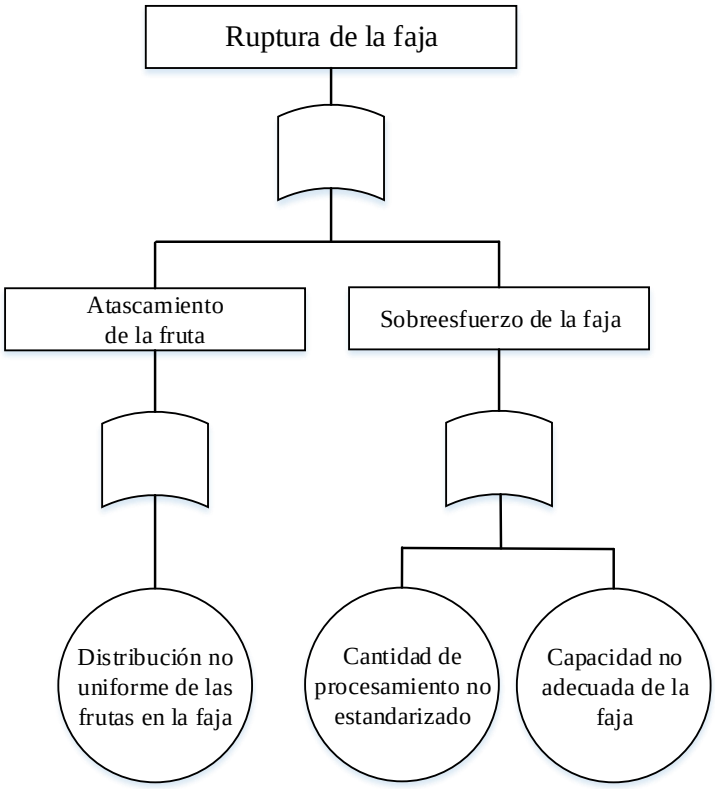


Figura 35. **Árbol de fallas para la máquina FT5 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

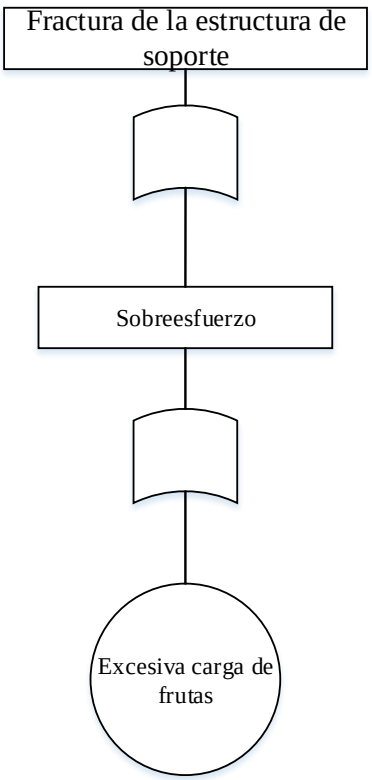


Figura 36. **Árbol de fallas para la máquina FT5 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

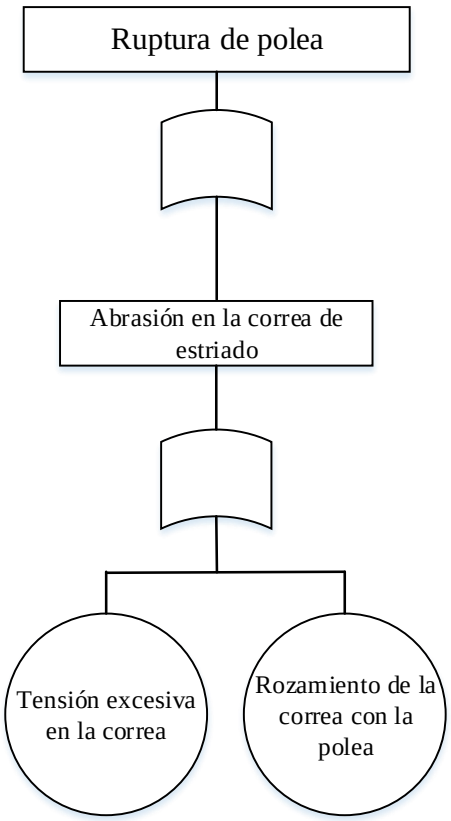


Figura 37. **Árbol de fallas para la máquina FT5 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

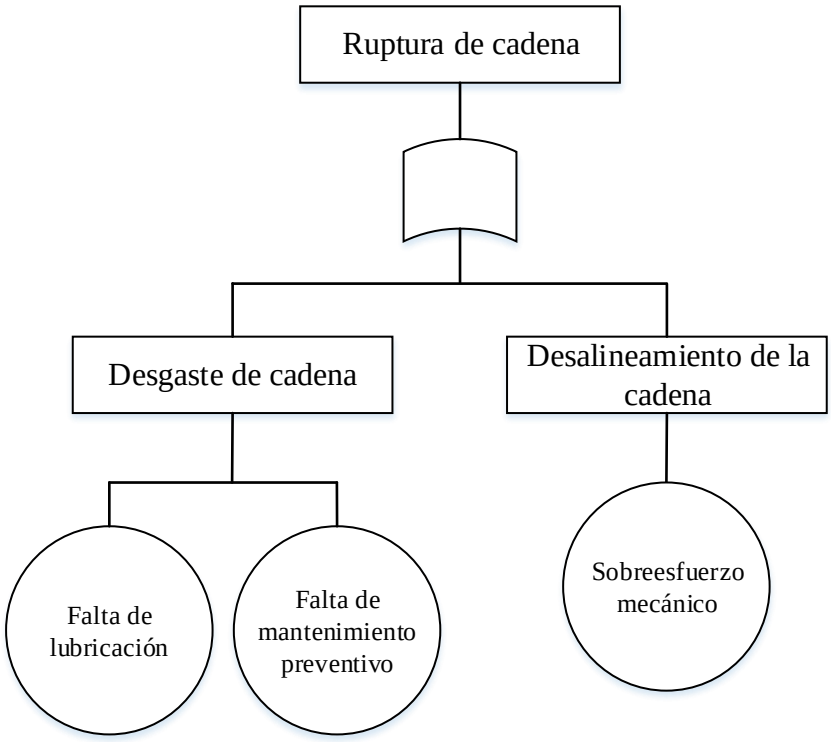


Figura 38. **Árbol de fallas para la máquina VB1 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

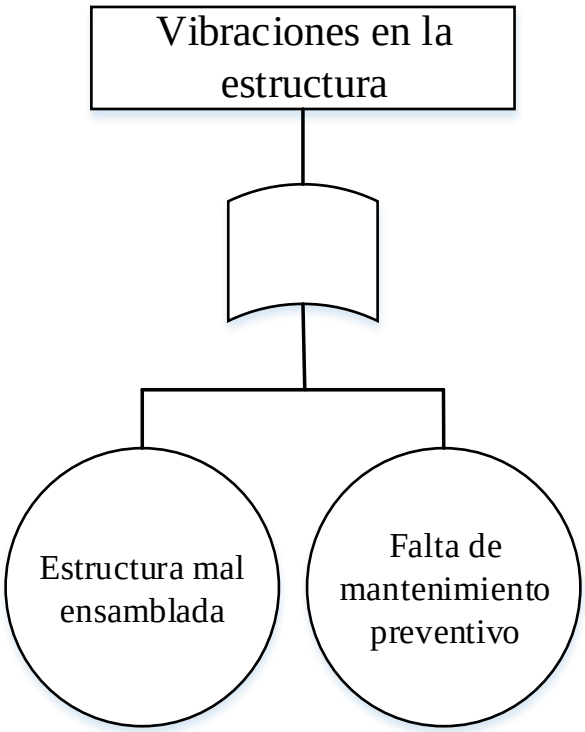


Figura 39. **Árbol de fallas para la máquina VB1 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

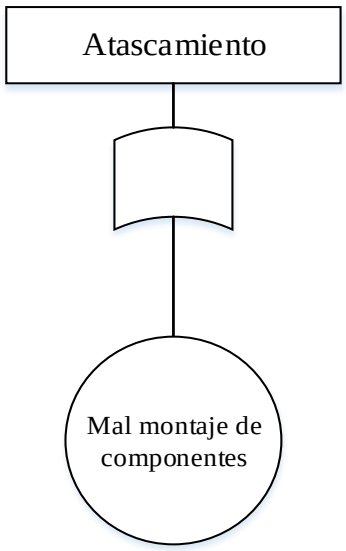


Figura 40. **Árbol de fallas para la máquina VB1 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

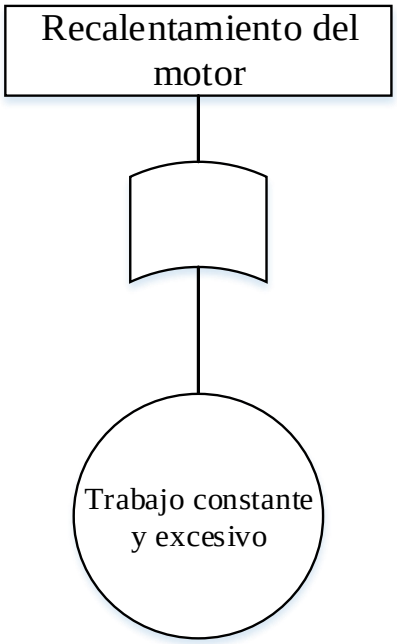


Figura 41. **Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte I)**

Fuente: Elaboración Propia

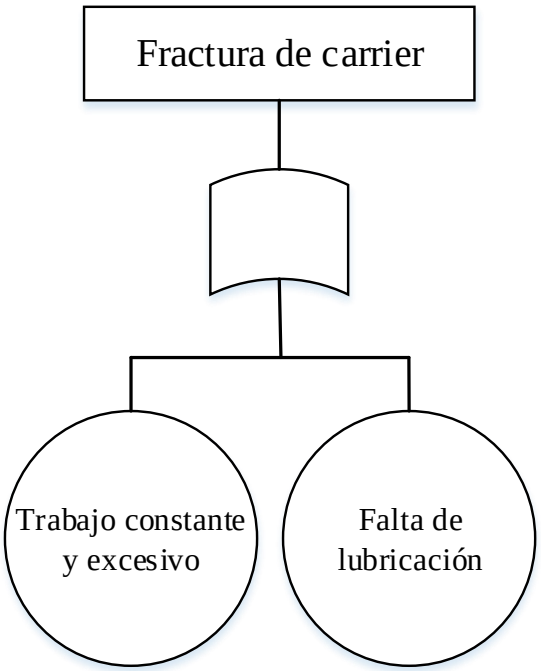


Figura 42. **Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte II)**

Fuente: Elaboración Propia

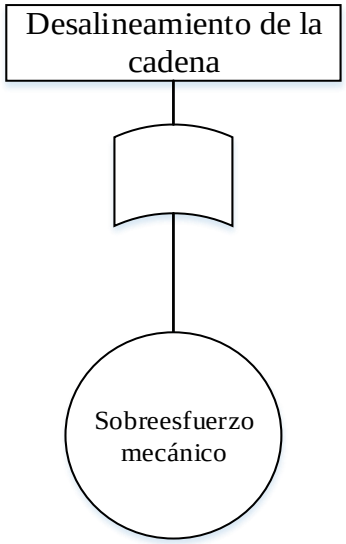


Figura 43. **Árbol de fallas para la máquina Calibrador CL1 (parte III)**

Fuente: Elaboración Propia

4.14. Análisis Modal y Efecto de Fallos (Amef)

4.15. Análisis modal de fallos del volcador de bins

Componente del servicio	Modo de fallo	Efecto	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones recomendadas	Responsable	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR
Cadena	Fractura de cadena	Paros en la máquina	Revisión visual	7	8	5	280	Revisar y lubricar la maquinaria	Jefe de mantenimiento	4	3	6	72
Estructura	Vibraciones	Paros en la máquina	Revisión visual	8	8	4	256	Revisar y ajustar el sensor y la estructura	Jefe de mantenimiento	3	4	7	84

Fuente: Elaboración Propia

4.16. Análisis modal de fallos de la tina de lavado

Componente del servicio	Modo de fallo	Efecto	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones recomendadas	Responsable	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR
Bombas	Recalentamiento	Paros en la máquina	Revisión visual	8	9	5	360	Cambiar de bomba	Jefe de mantenimiento	3	4	8	96
Rodillos	Atascamiento	Paros en la máquina	Revisión visual	8	7	4	224	Revisar, ajustar y lubricar la maquinaria	Jefe de mantenimiento	4	4	7	112
Polín	Desgaste de polín	Paros en la máquina	Revisión visual	6	7	4	168	Revisar y lubricar la maquinaria	Jefe de mantenimiento	2	3	8	48

Fuente: Elaboración Propia

4.17. Análisis modal de fallos de la faja transportadora

Componente del servicio	Modo de fallo	Efecto	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones recomendadas	Responsable	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR
Faja	Ruptura de la faja	Paros en la máquina	Revisión visual	6	7	3	126	Limpieza y revisión periódica	Jefe de mantenimiento	2	2	7	28

Estructura	Fractura de la estructura	Paros en la máquina	Revisión visual	7	8	3	168	Capacitación al personal y revisión periódica	Jefe de mantenimiento	3	3	6	54

Fuente: Elaboración Propia

4.18. Análisis modal de fallos de la calibradora

Componente del servicio	**Modo de fallo**	**Efecto**	**Método de detección**	**Gravedad**	**Ocurrencia**	**Detección**	**IPR**	**Acciones recomendadas**	**Responsable**	**Gravedad**	**Ocurrencia**	**Detección**	**IPR**
Motor	Recalentamiento del motor	Paros en la máquina	Revisión visual	7	5	6	210	Cambiar de motor	Jefe de mantenimiento	3	2	7	42
Carrier	Fractura del carrier	Paros en la máquina	Revisión visual	8	8	5	320	Revisar y lubricar la maquinaria	Jefe de mantenimiento	3	2	8	48

Fuente: Elaboración Propia

4.19. Diseño y Desarrollo de la Gestión de Mantenimientos Basados en el Riesgo

El diseño y desarrollo de la gestión de mantenimientos consiste en recopilar información del tipo de mantenimiento que se está llevando actualmente en la empresa a través de criterios que permitan valorar esta gestión de mantenimiento y así clasificar el nivel de riesgo instalado en cada máquina, esta herramienta busca ayudar al personal de servicio técnico, en el desarrollo, control y dirección de una planificación adecuada para la maquinaria que avale su operación máximas prestaciones y a costo efectivo.

Con esta herramienta se busca proporcionar un entorno seguro y funcional, mediante el mantenimiento adecuado a la realidad actual de funcionamiento de los equipos.

4.20. Criterios de Riesgos Definidos

4.20.1. Nivel de riesgo

Se encuentra descrito por el nivel de impacto que tiene la no operatividad de un equipo en cumplimiento del trabajo normal del cliente por fallas o averías ocurridas en el equipo.

4.20.2. Grado de obsolescencia

Es la curva normal de caída en desuso de los equipos y tecnologías, reflejado en su insuficiente desempeño en comparación con los nuevos equipos, y por el paso del tiempo en relación al uso y carga de trabajo que haya tenido el equipo.

4.20.3. Carga de trabajo

Está dada por la cantidad proporcionada de trabajo al equipo instalado en el cliente, esta carga puede crecer o decrecer en función del número de operaciones alcanzado por el cliente, o por otro tipo de factores que deben ser analizados.

4.20.4. Estado de conservación

Se define en el desgaste natural del equipo por su trabajo, este desgaste tiene una influencia directa en la conservación de partes y piezas del equipo.

4.20.5. Tipo de cliente

El tipo de cliente se consigue de la información en la segmentación de clientes, de acuerdo a los datos adquirir de la empresa, se aplica a clientes mayoristas y minoristas.

4.21. Cálculo Del Nivel De Prioridad

El punto de partida para priorizar el mantenimiento de los equipos de diagnóstico médico son

los niveles de prioridad obtenidos mediante el cálculo del nivel de prioridad (Pi). Los dispositivos con Pi de 15 o superior son de alta prioridad, los dispositivos con un Pi 5 y 15 son de prioridad media y los dispositivos de valor Pi inferior a 5 son de prioridad baja, en base a estos índices se puede elaborar un plan de mantenimiento adecuado y realista para cada dispositivo instalado.

El nivel de prioridad se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Pi = NR + GO + CT + EC$$

El resultado obtenido debe ser clasificado según la siguiente tabla:

Tabla 72. Priorización de equipos (IMP)

Rango Pi	Condición para PM
Pi > 15	Prioridad Alta
5 < Pi < 15	Prioridad Media
Pi < 7	Prioridad Baja

4.21.1. Nivel de riesgo (NR)

Al evaluar el nivel de riesgo, se evalúan tres niveles, alto, medio y bajo, cada uno de estos niveles se califica en una escala de 1 a 5.

Tabla 73**. Valoración del nivel de riesgo**

Nivel de riesgo (NR)	Observaciones
Alto: 5	Alto grado de repercusión si se detiene el equipo.
Mediano: 3	Mediano grado de i repercusión si se detiene el equipo
Bajo: 1	Bajo grado de repercusión

4.21.2. Grado de obsolescencia (GO)

Al cuantificar el grado de obsolescencia se da en base al tiempo de instalación de los equipos y trabajo en el lugar del cliente, si se considera que la vida útil de las máquinas es mayor a 7 se realiza esta valoración.

Tabla 74. Valoración del grado de obsolencia

Grado de obsolescencia (GO)	Observaciones
Más de 7 año: 5	Equipos con bastante tiempo de funcionamiento (desde que fue instalado)
De 5 a 7 años: 3	Equipos con tiempo intermedio de funcionamiento
Actual: 1	Equipos con poco tiempo de funcionamiento

4.21.3. Carga de trabajo (CT)

La determinación de los valores de carga está determinada por la cantidad de trabajo que realiza el equipo, en base a su capacidad y trabajo normal, existen equipos con una alta carga de trabajo, lo que conlleva a una sobrecarga de gran cantidad de trabajo, así como en trabajo normal e ideal y en grupos de trabajo con poca carga, la calificación se da en una escala de 1-5 a carga ancha, límite y normal.

Tabla 75. Valoración de la carga de trabajo

Carga de trabajo (CT)	Observaciones
Extensivo: 5	Equipos trabajando 24 horas sin apagar
Límite: 3	Equipo con tiempo de trabajo de 12 horas
Normal: 1	Equipo con tiempo de trabajo menor a las 8 horas

4.21.4. Estado de conservación (EC)

La cuantificación de la vida útil de los equipos, la condición y el desgaste de los equipos naturales reflejados a simple vista se pueden atribuir a algunos factores que influyen directamente, una escala de 1 a 5 se reconoce como áreas malas, regulares y buenas.

Tabla 76. Valoración de estado de conservación

Estado de conservación (EC)
Malo: 5
Regular: 3
Bueno: 1

4.21.5. Tipo de cliente (C)

El tipo de cliente se obtiene de la información en la segmentación de clientes, de acuerdo a los datos obtenidos de la empresa, se atiende a clientes mayoristas y minoristas. Aquellos que son mayoristas piden mayores cantidades y minoristas son clientes que vienen únicamente por un pedido con características en sus productos más únicas.

Tabla 77. Valoración según el tipo de cliente

Estado de conservación (EC)
Mayorista: 3
Minorista: 1

4.22. Cálculo del Nivel de Prioridad en la Empresa Agrícola Cerro Prieto.

4.22.1. Volcador de Bins

Esta maquinaria recibe las pilas de bins llenos (3 o 4 bins, según la altura del bin); la pila pasa a la sección media, donde se produce el desapilado individual de los bins. La fruta cae cuidadosamente, evitándose cualquier tipo de daños.

Tabla 78. Parámetros técnicos del Volcador de Bins.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	2 100
Alto (mm)	5 435
Largo (mm)	6 977
Aire (l/h)	60
Presión (Bar)	7
Energía (kW)	8

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Nivel de riesgo**

Nivel de riesgo (NR)	Observaciones
Medio: 3	Medio grado de incidencia si se detiene el equipo

- **Grado de obsolescencia**

Grado de obsolescencia (GO)	Observaciones
5 a 7 años= 3	Equipos con tiempo intermedio de funcionamiento

- **Carga de trabajo**

Cargo de trabajo (CT)	Observaciones
Límite = 3	Equipo con tiempo de trabajo de 12 horas

- **Estado de conservación**

Estado de conservación (EC)
Regular: 3

- **Tipo de cliente**

Tipo de cliente
Mayorista: 3

- **Nivel de prioridad**

$$Pi = 3 + 3 + 3 + 3 + 3$$

$$Pi = 15$$

Rango Pi	Status para PM
Pi > 15	Prioridad Alta

4.22.2. Tina de lavado

La tina de lavado está ubicada en el área de lavado y secado, con unas medidas de 10 m3. Se utiliza para quitar las partículas extrañas de la cáscara de la palta y secarlas.

Tabla 79. Parámetros técnicos de la Tina de lavado.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	900
Alto (mm)	1 500
Largo (mm)	3 000
Potencia	440 v / 60 Hz

Peso (Kg)	220

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Nivel de riesgo**

Nivel de riesgo (NR)	**Observaciones**
Medio: 3	Medio grado de incidencia si se detiene el equipo

- **Grado de obsolescencia**

Grado de obsolescencia (GO)	**Observaciones**
5 a 7 años= 3	Equipos con tiempo intermedio de funcionamiento

- **Carga de trabajo**

Cargo de trabajo (CT)	**Observaciones**
Normal= 1	Equipo con tiempo de trabajo menor a las 8 horas

- **Estado de conservación**

Estado de conservación (EC)
Bueno: 1

- **Tipo de cliente**

Tipo de cliente
Mayorista: 3

- **Nivel de prioridad**

$$Pi = 3 + 3 + 1 + 1 + 3$$

$$Pi = 11$$

Rango Pi	**Status para PM**
5 < Pi < 15	Prioridad Media

4.22.3. Fajas transportadoras

Tiene la función de transportar la fruta donde mediante estas fajas tendrán una selección, donde se realizará una selección manual de frutas de mala calidad.

Tabla 80. Parámetros técnicos de la Faja transportadora.

Características	Unidades
Antigüedad (años)	6
Ancho (mm)	620
Alto (mm)	1 500
Largo (mm)	3 000
Energía (kW)	0,25
Peso (Kg)	90

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Nivel de riesgo**

Nivel de riesgo (NR)	Observaciones
Medio: 3	Medio grado de incidencia si se detiene el equipo

- **Grado de obsolescencia**

Grado de obsolescencia (GO)	Observaciones
5 a 7 años= 3	Equipos con tiempo intermedio de funcionamiento

- **Carga de trabajo**

Cargo de trabajo (CT)	Observaciones
Normal= 1	Equipo con tiempo de trabajo menor a las 8 horas

- **Estado de conservación**

Estado de conservación (EC)
Regular: 3

- **Tipo de cliente**

Tipo de cliente
Mayorista: 3

- **Nivel de prioridad**

$$Pi = 3 + 3 + 1 + 3 + 3$$

$$Pi = 13$$

Rango Pi	Status para PM
5 < Pi < 15	Prioridad Media

4.22.4. Calibrador

Está comprendido por 8 vías, ubicado en el área de selección y empaque. Tiene la función de detectar el peso adecuado de la fruta para posteriormente sean empacadas.

Tabla 81. Parámetros técnicos del Calibrador.

Características	Unidades
Ancho (mm)	2 500
Alto (mm)	3 000
Largo (mm)	13 300
Energía (kW)	3
Antigüedad	6

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

- **Nivel de riesgo**

Nivel de riesgo (NR)	Observaciones
Alto: 5	Alto grado de incidencia si se detiene el equipo

- **Grado de obsolescencia**

Grado de obsolescencia (GO)	Observaciones
5 a 7 años= 3	Equipos con tiempo intermedio de funcionamiento

- **Carga de trabajo**

Cargo de trabajo (CT)	Observaciones

Normal= 1	Equipo con tiempo de trabajo menor a las 8 horas

- **Estado de conservación**

Estado de conservación (EC)
Regular: 3

- **Tipo de cliente**

Tipo de cliente
Mayorista: 3

- **Nivel de prioridad**

$$Pi = 5 + 3 + 1 + 3 + 3$$

$$Pi = 15$$

Rango Pi	**Status para PM**
Pi > 15	Prioridad Alta

Tabla 82. Resultados y análisis de las maquinarias de Agrícola Cerro Prieto.

Volcador de bins						
Nivel de riesgo (NR)	**Grado de obsolescencia (GO)**	**Cargo de trabajo (CT)**	**Estado de conservación (EC)**	**Tipo de cliente (C)**	**Nivel de prioridad**	**Status para PM**
3	3	3	3	3	15	Prioridad Alta
Tina de lavado						
Nivel de riesgo (NR)	**Grado de obsolescencia (GO)**	**Cargo de trabajo (CT)**	**Estado de conservación (EC)**	**Tipo de cliente (C)**	**Nivel de prioridad**	**Status para PM**
3	3	1	1	3	11	Prioridad Media

Faja transportadora						
Nivel de riesgo (NR)	**Grado de obsolescencia (GO)**	**Cargo de trabajo (CT)**	**Estado de conservación (EC)**	**Tipo de cliente (C)**	**Nivel de prioridad**	**Status para PM**
3	3	1	3	3	13	Prioridad Media
Calibradora						
Nivel de riesgo (NR)	**Grado de obsolescencia (GO)**	**Cargo de trabajo (CT)**	**Estado de conservación (EC)**	**Tipo de cliente (C)**	**Nivel de prioridad**	**Status para PM**
5	3	1	3	3	15	Prioridad Alta

Fuente: Elaboración propia

4.23. Planteamiento de Mejoras

Para las averías se debe manejar el principio de cero (0) Fallas ya que si se desarrolla un programa de mantenimiento bien estructurado puede llegar a ser posible, para ello es recomendable implementar Indicadores básicos típicos de desempeño con el fin de medir y generar trazabilidad a los problemas existen para aprovechar las oportunidades de mejora en esta área.

$$Tiempo\ Medio\ Entre\ Fallas = TMEF = \frac{Tiempo\ Programado}{No.Fallas}$$

$$Tiempo\ Medio\ Para\ Reparar = TMPR = \frac{Tiempo\ Mantenimiento}{No.Fallas}$$

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ del\ periodo - Horas\ de\ mantenimiento}{No.FallaHoras\ del\ periodos}$$

$$Tasa\ de\ Fallas = \frac{\mathbf{1}}{TMEF} = \delta$$

$$Confiabilidad = e^{-\delta t}\ \ Probabilidad\ de\ supervivenci\ en\ un\ perido\ t$$

Figura 44. **Indicadores de mantenimiento.**

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis OEE se recomienda realizar cronogramas de mantenimiento periódico y registrar las fallas de la línea de proceso para mayor ayuda y claridad. Es decir que se deben realizar los registros de fallas ocurridas en el turno determinando una hora de inicio y una hora de término en la línea y no por día de producción, pues cada máquina presenta diferentes porcentajes de pérdidas debido a que permitirá obtener cuáles son los equipos que realmente están ocasionando problemas.

Por otro lado, se propone usar manuales de procedimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas y diferenciarlos por toma de decisión. El manual de procedimientos de mantenimiento debe contar con un cronograma para el mantenimiento de toda la maquinaria que cuenta la empresa Agrícola Cerro Prieto, además, contar con un plan de mantenimiento en el que se incluye toda la información pertinente a la realización del mantenimiento por máquina, esta información incluye herramientas a utilizar, el tipo de actividad a realizar, la periodicidad de la misma, los materiales a utilizar, etc. Con el fin de planificar con tiempo las actividades y que estas sean ejecutadas en el tiempo establecido.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS AGRÍCOLA CERRO PRIETO	CÓDIGO: PT-P-MT-001
		VERSIÓN:001
		FECHA DE REVISIÓN: 24/10/20

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

	ENCARGADO	CARGO	FECHA:
Elaborado por:		ASISTENTE DE MANTENIMIENTO	
Revisado por :		JEFE DE MANTENIMIENTO	

Aprobado por:		GERENTE GENERAL	

Agrícola Cerro Prieto	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

OBJETIVO

Planificar y determinar las fechas, disposición de tiempo y permisos para la ejecución de los diferentes tipos de mantenimiento que se realizan en la empresa; y de esta manera asegurar la calidad y eficiencia de los procesos productivos.

ALCANCE

Este procedimiento abarca esencialmente todas las áreas de la empresa Agrícola Cerro Prieto

DEFINICIONES

MANTENIMIENTO: Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. El mantenimiento es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

EFICIENCIA: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado (RAE). No debe confundirse con eficacia, que se define como ‘la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera’.

ORDEN DE TRABAJO (OT): Requerimiento de mantenimiento, también conocida como faena. Es programada por el supervisor de mantenimiento y dirigida al maquinista

y operarios de producción.

FALLA: Situación que se presenta en una máquina o equipo, sin interrumpir su operación o afectar la calidad del producto en proceso.

Agrícola Cerro Prieto	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

AVERÍA: Situación que se presenta en una máquina o equipo, interrumpiendo su normal funcionamiento.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor al establecimiento. Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada.

RESPONSABLIDADES

El cumplimiento, control y seguimiento de este procedimiento es Jefe del área de Mantenimiento.

Agrícola Cerro Prieto	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

PROCEDIMIENTO

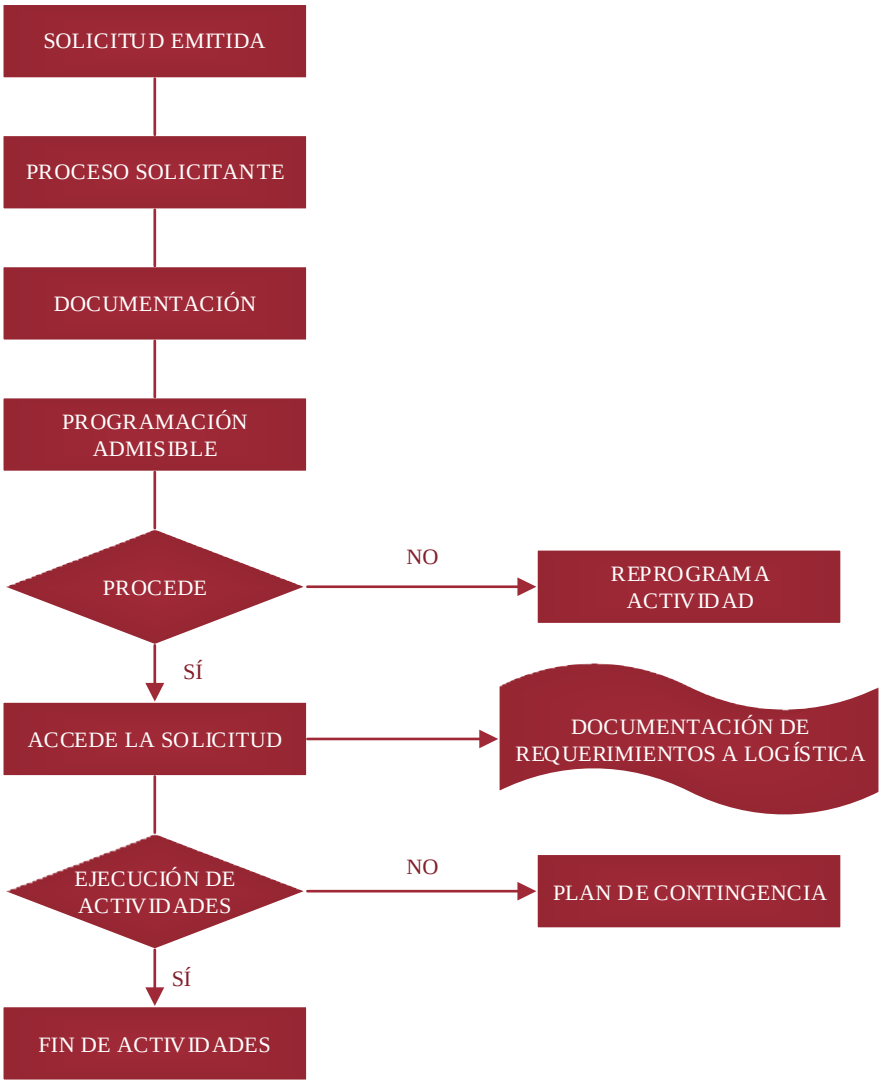


Figura 45. **Procedimiento**

Fuente: Elaboración propia

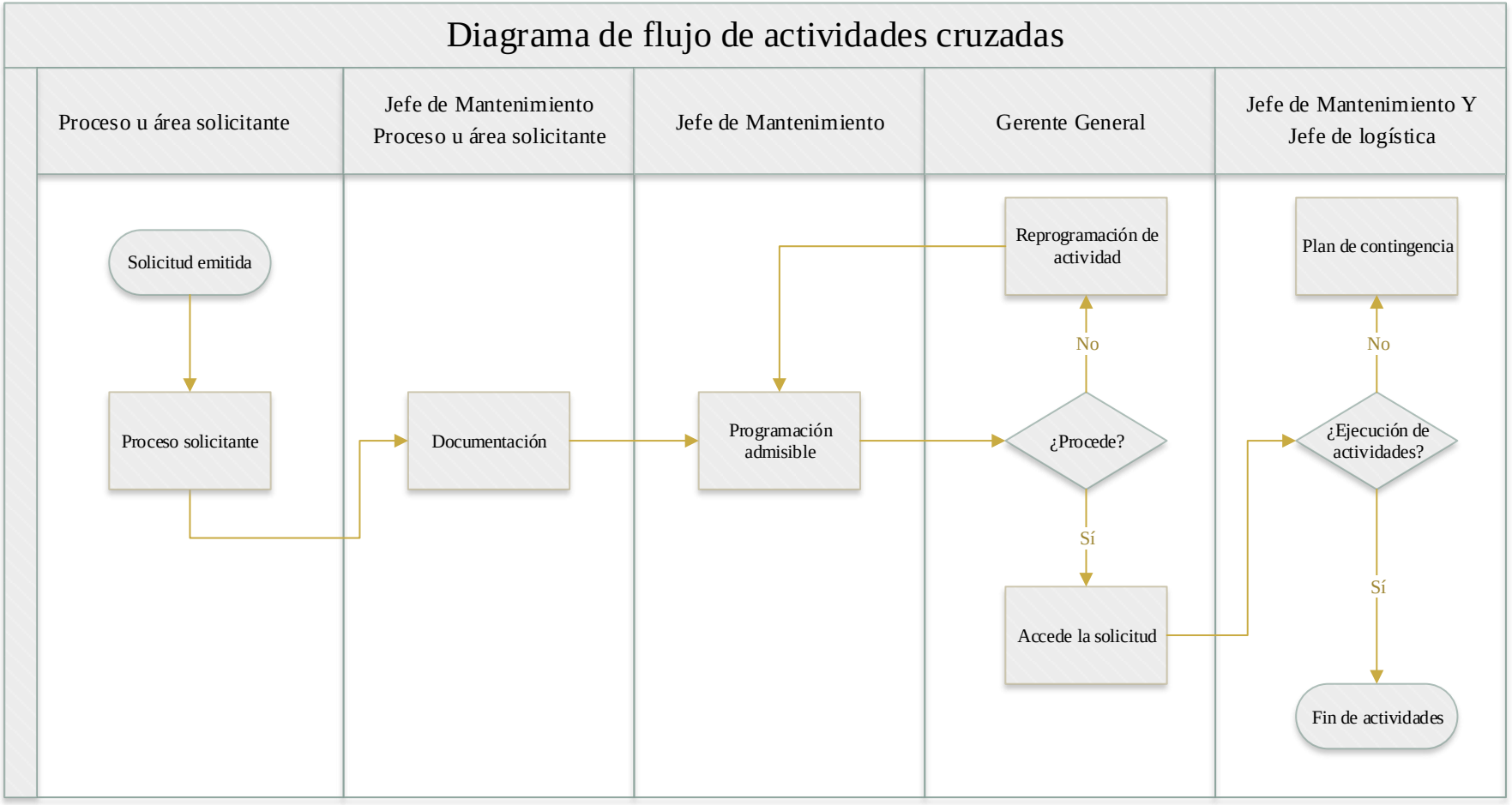


Figura 46. **Procedimiento de funciones cruzadas**

Fuente: Elaboración propia

Agrícola Cerro Prieto	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

Tabla 83. Registro de Fallas en el mes de julio de 2020

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Proceso Solicitante	Es el proceso que requiere el servicio del equipo de mantenimiento, entre ellos como el proceso productivo, de calidad y logístico; los cuales requieren más preparación debido a la instrumentación y material utilizado, además de su programación; así como también el proceso administrativo.	Proceso u área solicitante
Entrega de documentación	Los procesos solicitantes además del documento necesario para el servicio deben presentar registros, controles u otros documentos anexados que especifiquen la intervención del equipo de mantenimiento y los problemas posteriores que debe solucionar.	Jefe de Mantenimiento Proceso u área solicitante
Programación admisible	La programación para el servicio de mantenimiento es aceptaba de acuerdo a la periodicidad, disponibilidad y tiempo de ejecución programado con anterioridad por el área de mantenimiento.	Jefe de Mantenimiento

Procede la manutención	Aquí depende de la disponibilidad del área como se mencionó anteriormente; al ser la respuesta negativa, se podrá reprogramarla actividad de acuerdo a la gravedad u criterios del ejecutor, sin embargo en el caso de las áreas administrativas la limpieza será diaria y programada previos trabajos necesarios para el funcionamiento y producción de la empresa; en el caso de ser la respuesta positiva respecto a la solicitud, se procede a presentar la documentación de requerimiento al área de logística para la adquisición de materiales, equipos, instrumentos e indumentaria necesaria.	Jefe de Mantenimiento Gerente General Asistente de Gerencia Jefe de Logística
Ejecución de actividades	Las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo en el caso de maquinarias y equipos involucrados dentro de los procesos solicitantes, variarán de acuerdo a los cuerpos a examinar y el problema que podría presentar; en caso de que ocurra alguna falla de gravedad o accidente previo o posterior al mantenimiento efectuado se procederá a ejecutar un plan de contingencia para su pronta solución.	Jefe de mantenimiento Jefe de Logística

Fuente: Elaboración propia

FORMATOS

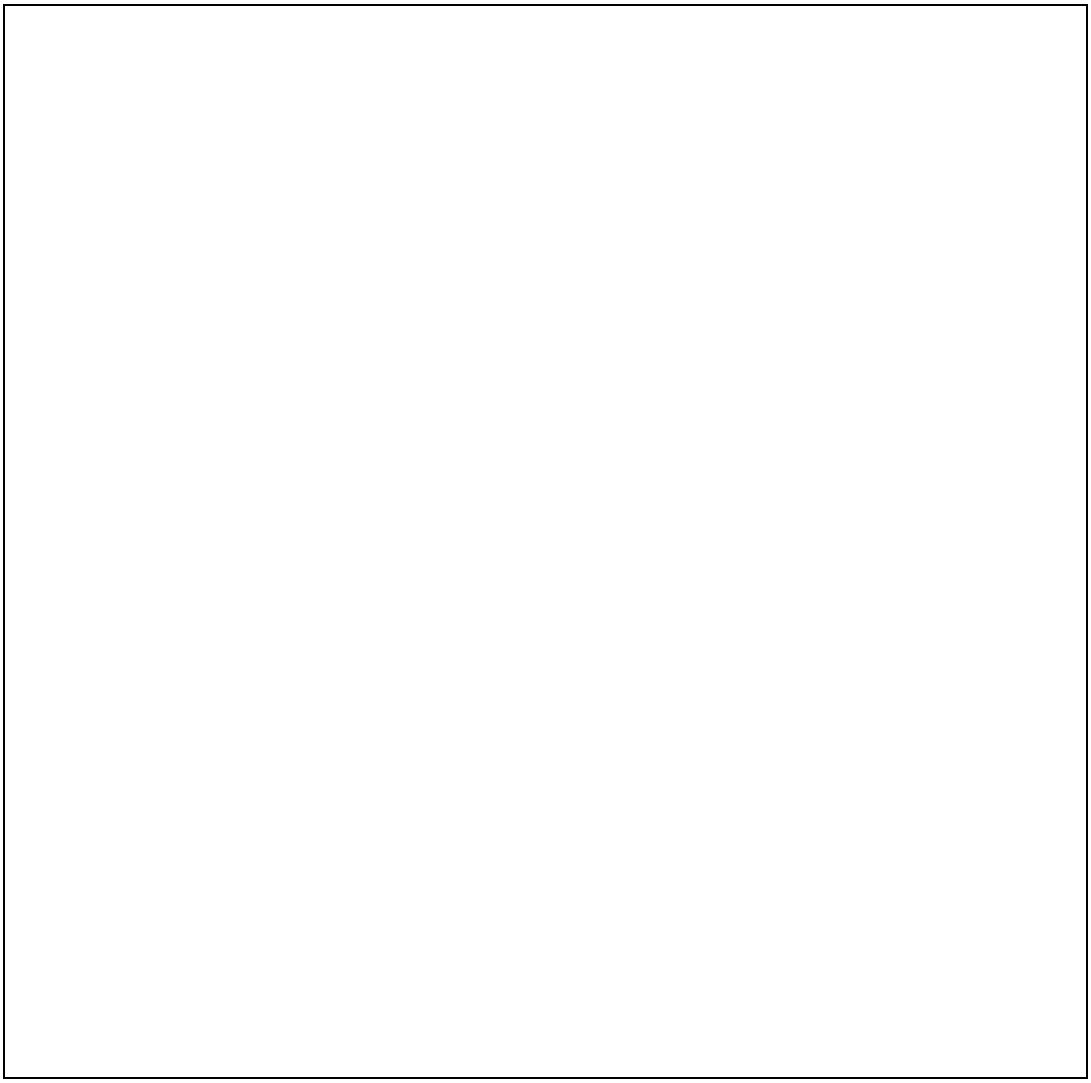
4.24. FORMATO SOLICITUD MANTENIMIENTO

Tabla 84. Formato de solicitud de mantenimiento

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.		**Código**: PT – P- M – 001
Solicitud mantenimiento		
Mantenimiento de Equipo		

Área Solicitante:

Nombre y Firma del Solicitante:
Fecha de Elaboración:
Descripción del servicio solicitado o falla a reparar:



AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

4.25. FORMATO PARA ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Tabla 85. Formato para orden de trabajo de mantenimiento

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.		**Código:**

		PT – P- M - 002
Orden de trabajo de mantenimiento		

N°_____

FECHA_____

OBJETO SOLICITADO		DESCRIPCION DEL TRABAJO		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MANTENIMIENTO CORRECTIVO	☐ ☐			
JUSTIFICACIÓN				
PRIORIDAD	APROBADO	PRORROGADO	FECHA	FIRMA
CONCEPTO	MATERIALES	TIEMPO DE MANTENIMIENTO		COSTO ESTIMADO
Verificado y Liberado por:		**Fecha y Firma:**		
Aprobado por:		**Fecha y Firma:**		

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

4.26. FORMATO PARA EL DETALLE O REGISTRO DE LOS MANTENIMIENTOS POR MAQUINARIAS Y EQUIPOS.

Tabla 86. Formato para registro de los mantenimientos por maquinarias y equipos

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.					**Código:** PT – P- M - 003
Detalle o registro de los mantenimientos por máquinas y equipos					
N° INFORME	**FEHA DE MANTENIMIENTO**	**NOMBRE DEL EQUIPO**	**RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO**	**RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO**	**PROXIMO MANTENIMIENTO**

Elaborado por:	Aprobado por:	Fecha
Jefe de mantenimiento	Gerente General	

4.27. FORMATO PARA REGISTRO DE FALLAS

Tabla 87. Formato para registro de fallas

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.		**FORMATO MANTENIMIENTO CORRECTIVO**					**CÓDIGO:** PT – P- M - 004
							VERSIÓN: 001
		PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN CONTROLADOS					**FECHA: 24/10/2020**
			EQUIPOS			**REPUESTOS UTILIZADOS**	**EL EQUIPO DEBE SER TRASLADADO**

FECHA DE FALLO	OPERARIO QUE REALIZÓ LA REPARACIÓN	FIRMA																			DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	FECHA	CANTIDAD

Elaborado por:	*Revisado por:*	*Aprobado por:*
Técnico de mantenimiento	Jefe de mantenimiento:	Gerente general:

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS** **PROCEMIDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**	CÓDIGO: **PT-P-MT-001** VERSIÓN: 001 FECHA DE REVISIÓN: 24/10/2020

4.28. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL

Tabla 88. Cronograma de mantenimiento anual

AGRÍCOLA CIERRO PRIETO S.A.C.	CRONOGRAMA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**Código:** PT – P- M - 005
		Versión: 001
		Fecha aprobación:24/10/2020
	FECHA DE EJECUCIÓN	**Página 1**

MÁQUINA	TAREA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Volcador de bins	Inspección de la estructura																																														
	Lubricación de la cadena																																														
Tina de lavado	Inspección de bombas																																														
	Inspección de rodillos																																														
	Inspección de polín																																														
	Lubricación de rodillos																																														
Faja transportadora	Inspeccionar la faja																																														
	Limpiar la faja																																														
	Inspeccionar la estructura																																														
Calibradora	Inspeccionar el motor																																														
	Inspeccionar el carrier																																														
	Lubricar el carrier																																														

Fuente: Elaboración propia.

	Diario
	Semanal
	Mensual
	Trimestre
	Semestre
	Anual

Fuente: Elaboración propia.

4.29. PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL

Tabla 89. Plan de mantenimiento anual

Máquina	Componente	Trabajos a realizar	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Periodicidad	Responsable
Tina de lavado	Rodillos	Lubricación	Aplicar lubricante ante la desalineación y desgaste.	Aceite lubricante	-	Interdiario	Técnico en mantenimiento
	Bombas	Inspección y lubricación	Lubricar los rodamientos y limpiar la bomba.	Aceite lubricante	Aspiradora	Interdiario	Técnico en mantenimiento
	Polín	Inspección y lubricación	Verificar la velocidad de rotación y lubricar la cadena.	Aceite lubricante	-	Diario	Técnico en mantenimiento
Faja transportadora	Faja	Inspección	Verificar y regular la velocidad de la faja.	-	-	Diario	Técnico en mantenimiento
	Estructura de soporte	Distribución	Distribuir uniformemente la carga de frutas.	-	-	Diario	Técnico en mantenimiento
		Regulación	Regular la velocidad de rotación de la faja.	-	-	Diario	Técnico en mantenimiento
	Polea	Inspección	Verificar que no exista fricción entre la polea y la correa. Además de	-	-	Diario	Técnico en mantenimiento

			inspeccionar el nivel de desgaste para un posible cambio de poleas.				
Volcador de bins	Cadena	Lubricación y escuadro	Aplicar aceite lubricante a la cadena y escuadrarla con los demás componentes.	Aceite lubricante	Llave	Interdiario	Técnico en mantenimiento
	Estructura	Inspección y escuadro	Verificar el correcto ensamble de la estructura con los demás componentes y escuadrarlos de ser necesario.		Llave	Interdiario	Técnico en mantenimiento
Calibrador	Motor	Inspección	Verificar el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento.	-	-	Diario	Técnico en mantenimiento
	Carrier	Lubricación	Aplicación de lubricante en el carrier.	Aceite lubricante	-	Interdiario	Técnico en mantenimiento
	Cadena	Escuadro	Escuadrar la cadena con los demás componentes.	-	Llave	Semanal	Técnico en mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

4.30. PLANTEAMIENTO DE NUEVO ORGANIGRAMA

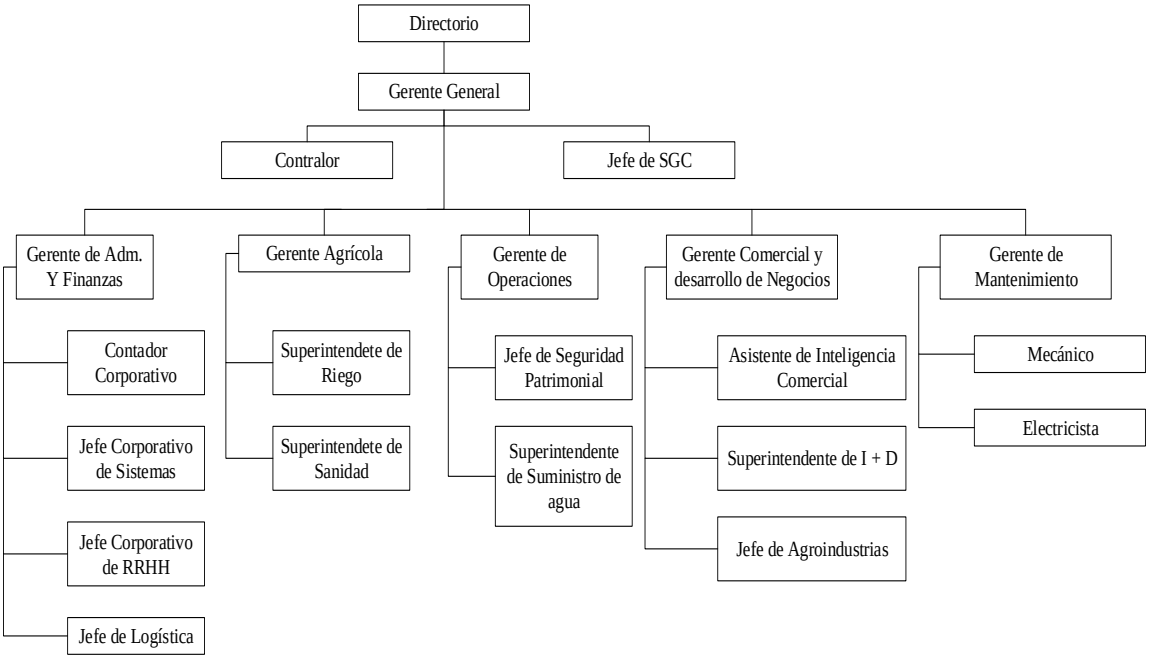


Figura 47. **Organigrama propuesto de la empresa agrícola Cerro Prieto S. A. C.**

Fuente: Cerro Prieto S.A.C.

4.31. OBJETIVO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.31.1. Costo total de Mantenimiento Correctivo de la empresa Agrícola Cerro Prieto S.A.C.

Costos totales de Mantenimiento Correctivo años (2019-2020)

Tabla 90. Costo de M.C. 2019-2020

COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA EMPRESA					
AÑO	SERVICIO TERCEROS	MANO DE OBRA TECNICA	COSTO DE REPUESTOS	COSTO LUCRO CESANTE	COSTO ANUAL DE M.C.
2019	15,520.00	19,450.00	36,720.00	100,960.00	172,650.00
2020	16,850.00	30,250.00	40,560.00	95,680.00	183,340.00

Fuente: Agrícola Cerro Prieto

4.31.2. Costo de herramientas y materiales

La inversión total de herramientas y materiales tiene un costo de S/ 4,558.00 anuales.

Tabla 91. Inversión total de herramientas

EQUIPO	HERRAMIENTA Y/O MATERIAL	CANTIDAD ANUAL	PRECIO S/.	TOTAL (S/.)
Tina de lavado	Trapo Industrial	20	S/. 4.00	S/. 80.00
	Grasa Industrial	18	S/. 15.00	S/. 270.00
	Escobilla Industrial	4	S/. 7.00	S/. 28.00
Faja Transportadora	Trapo Industrial	3	S/. 4.00	S/. 12.00
	Escobilla Industrial	3	S/. 7.00	S/. 21.00
	Faja SKF	4	S/. 30.00	S/. 120.00
	Grasa Industrial	12	S/. 15.00	S/. 180.00
Volcador de Bins	Trapo Industrial	18	S/. 4.00	S/. 72.00
	Grasa Industrial	8	S/. 15.00	S/. 120.00
	Lubricante 3M	35	S/. 50.00	S/. 1,750.00
Calibrador	Grasa Industrial	20	S/. 15.00	S/. 300.00
	Lubricante 3M	30	S/. 50.00	S/. 1,500.00
	Trapo Industrial	5	S/. 4.00	S/. 20.00
	Multitester	2	S/. 25.00	S/. 50.00
	Escobilla Industrial	5	S/. 7.00	S/. 35.00

TOTAL	S/. 4,558.00

Fuente: Elaboración Propia

4.31.3. Costo de inversión total del Mantenimiento Preventivo

La inversión total del plan de Mantenimiento Preventivo tendrá un valor de S/ 91,818.00.

Tabla 92. Inversión total de la propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

COSTO DE INVERSIÓN DE LA PROPUESTA						
Descripción	Indicador	Recurso	Tiempo ejecución	Costo (mensual)	Costo inversión	
Propuesta del plan de mantenimiento	Contratación	Ing. Mecánico Eléctrico y su equipo especializado	5 meses	S/. 5,200.00	S/. 26,000.00	S/.26,000.00
Capacitaciones	Nuevas técticas y aplicación de formatos		4 meses	S/. 2,500.00	S/. 10,000.00	S/.36,000.00
	Supervisores de mantenimiento		4 meses	S/. 3,000.00	S/. 12,000.00	
	Mantenimiento Preventivo Total		4 meses	S/. 3,500.00	S/. 14,000.00	
Impresión de formatos	Formatos	Administración	2 meses	S/. 280.00	S/. 560.00	S/. 560.00
Implementación de oficina	Computadoras	4 unidades	Compra anual	S/. 3,000.00	S/. 12,000.00	S/.24,700.00
	Escritorios	4 unidades		S/. 800.00	S/. 3,200.00	
	Sillas	4 unidades		S/. 150.00	S/. 600.00	
	Impresoras	4 unidades		S/. 800.00	S/. 3,200.00	
	Utiles de escritorio	3 unidades		S/. 500.00	S/. 1,500.00	
	Estantes	3 unidades		S/. 1,400.00	S/. 4,200.00	
Herramientas y materiales de mantenimiento			Compra anual	S/. 379.83	S/. 4,558.00	S/. 4,558.00
TOTAL						S/.91,818.00

Según lo expuesto con anterioridad nos dice que:

- La aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo tendrá una inversión de S/ 91,818.00. La cual nos hace dar cuenta que es mucho menor a los costos de Mantenimiento Correctivo de los años 2019 y 2020, con inversiones de S/ 172,650.00 y S/ 183,340.00 respectivamente, y es viable aplicar este tipo de mantenimiento.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis, las máquinas con mayor OEE son la máquina faja transportadora y la tina de lavado (85,84% y 64,56% respectivamente) y las máquinas con menor OEE son la máquina calibradora y volcador de bins (54,99% y 57,65% respectivamente).
- En el análisis de criticidad realizado en las máquinas, se concluye que el volcador de bins y el calibrador tienes una criticidad alta de 52, mientras que la tina de lavado y la banda transportadora tienen un nivel de criticidad media de 32 y 40 respectivamente.
- Se analizó la maquinaria de la empresa utilizando el árbol de fallas para así conocer el comportamiento de las máquinas y las principales fallas que presentan, conociendo así el origen de estas. Según el análisis modal de fallos, la tina de lavado tiene un IPR (índice de prioridad de riesgo) mucho mayor con respecto al resto, así como su detección (360 y 5, respectivamente); por lo que se pasó a mejora quedando con 96 de IPR y 8 de detección.
- En el análisis de riesgos se obtuvo como resultado que el volcador de bins y la calibradora tienen una prioridad elevada. Mientras que las demás máquinas tienen una prioridad media.
- El plan de mantenimiento preventivo permitió obtener una inversión total de S/ 91,818.00, siendo un costo mucho menor al de los años 2019 y 2020, esto indica que tiene un mejor y mayor beneficio a un costo mucho más bajo. Con esto se concluye que el proyecto es viable y rentable.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un seguimiento, control y monitoreo constante de los indicadores de mantenimiento para lograr los objetivos trazados.
- Toda la empresa debe involucrarse en la propuesta para tener mejores resultados. De esta manera se evidenciaría el compromiso de todo el personal.
- Se recomienda hacer un buen uso de todos los formatos propuestos con el fin de tener una base de datos más confiable y eficaz.

VII. BIBLIOGRAFÍA

[1] K.A. Guevara Mondragon, «Prpuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la línea de producción en la empresa Gemar Group E.I.R.L. Para disminuir sus utilidades no percibidas» Uviversidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.

[2] D.R. Timoteo LLuen, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molinera para reducir pérdidas» Uviversidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2022.

[3] C.J. Monsalve Ramos, «Prpuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el Molino El Chamesino S.A.C. Para incrementar su productividad» Uviversidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.

[4] D. Merla, «Mantenimiento preventivo: concepto e implementación a la vez, fabricante de herramientas de precisión» Tesis de licenciatura, Alemania, 2017.

[5] E. Gutierrez Lagoueyte, «Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de bombeo del Grupo Gemi basado en el análisis FMECA y en mediciones CMD» Uviversidad Eafit, Medellín, 2006.

[6] J.C. Ticlavilca Rauz, «Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del equipo ALPHA20 de la empresa Robocon SAC» Uviversidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2016.

VIII. ANEXOS

8.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL VOLCADOR DE BINS

Tabla 93. Matriz de Criticidad-PEP del VB.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA CIERRO PRIETO			
VOLCADOR DE BINS			
Probabilidad según criterio de frecuencia	**Frecuencia**	**Interpretación de probabilidad**	
	4	Es probable que ocurra varias veces en 10 años, pero poco probable que ocurra este año.	
	3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años.	
	2	Es poco probable que ocurra en 100 años.	
	1	Es poco probable que ocurra en 1000 años.	
Daños al personal	**Categoría**	**Daños al personal**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	
	3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	**3**
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	

	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto a la población	**Categoría**	**Impacto a la población**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	
	3	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves	
	1	Sin efecto a la población.	**1**
Impacto al ambiente	**Categoría**	**Impacto al ambiente**	**Valor**
	4	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	**3**
	2	Mínimos daños ambientales ni violación de leyes ambientales	

	1	Sin daños	
Daños a Instalaciones	**Categoría**	**Impacto as las instalaciones**	**Valor**
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles o más.	
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.	
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.	**2**
	1	Sin daños en las instalaciones.	
Pérdidas de producción	**Categoría**	**Impacto a la producción**	**Valor**
	4	Mayor de 8000 soles.	**4**
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles	
Resultados			
Impacto Total		**Frecuencia de fallas**	**Nivel de criticidad**
13		**4**	**52**

Fuente: Elaboración Propia

Frecuencia																					
	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	152
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Impacto																				

Fuente: Elaboración Propia

8.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA TINA DE LAVADO

Tabla 94. Matriz de criticidad-PEP de la TL

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA CIERRO PRIETO			
TINA DE LAVADO			
Probabilidad según criterio de frecuencia	**Frecuencia**	**Interpretación de probabilidad**	
	4	Es probable que ocurra varias veces en 10 años, pero poco probable que ocurra este año.	
	3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años.	
	2	Es poco probable que ocurra en 100 años.	
	1	Es poco probable que ocurra en 1000 años.	
Daños al personal	**Categoría**	**Daños al personal**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	
	3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	**2**

	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto a la población	**Categoría**	**Impacto a la población**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	
	3	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves	
	1	Sin efecto a la población.	**1**
Impacto al ambiente	**Categoría**	**Impacto al ambiente**	**Valor**
	4	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	

	2	Mínimos daños ambientales ni violación de leyes ambientales	
	1	Sin daños	**1**
Daños a Instalaciones	**Categoría**	**Impacto as las instalaciones**	**Valor**
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles o más.	**4**
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.	
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.	
	1	Sin daños en las instalaciones.	
Pérdidas de producción	**Categoría**	**Impacto a la producción**	**Valor**
	4	Mayor de 8000 soles.	**4**
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles	

Resultados		
Impacto Total	**Frecuencia de fallas**	**Nivel de criticidad**
12	**4**	**48**

Fuente: Elaboración Propia

Frecuencia																					
5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	152
4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Impacto																				

Fuente: Elaboración Propia

8.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA B. TRANSPORTADOR

Tabla 95. Matriz de criticidad-PEP de la banda transportadora.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA CIERRO PRIETO			
BANDA TRANSPORTADORA			
Probabilidad según criterio de frecuencia	**Frecuencia**	**Interpretación de probabilidad**	
	4	Es probable que ocurra varias veces en 10 años, pero poco probable que ocurra este año.	
	3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años.	
	2	Es poco probable que ocurra en 100 años.	
	1	Es poco probable que ocurra en 1000 años.	
Daños al personal	**Categoría**	**Daños al personal**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	
	3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	

	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	**2**
	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto a la población	**Categoría**	**Impacto a la población**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	
	3	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves	**2**
	1	Sin efecto a la población.	
Impacto al ambiente	**Categoría**	**Impacto al ambiente**	**Valor**
	4	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	

	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	
	2	Mínimos daños ambientales ni violación de leyes ambientales	
	1	Sin daños	**1**
Daños a Instalaciones	**Categoría**	**Impacto as las instalaciones**	**Valor**
	4	Con daños que puedan ascender los 800 mil soles	
	3	Con daños de 500 mil a 800 mil soles	**3**
	2	Con daños de 100 mil a 500 mil soles	
	1	Sin daños en las instalaciones.	
Pérdidas de producción	**Categoría**	**Impacto a la producción**	**Valor**
	4	Mayor de 800 mil soles.	
	3	De 500 mil a 800 mil soles.	
	2	De 1 00 mil a 500 mil soles.	**2**
	1	Hasta 100 mil soles	
Resultados			
Impacto Total	**Frecuencia de fallas**	**Nivel de criticidad**	

10	**4**	**40**

Fuente: Elaboración Propia

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	152
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Impacto																				

Fuente: Elaboración Propia

8.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL CALIBRADOR

Tabla 96. Matriz de criticidad del calibrador.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA CIERRO PRIETO			
CALIBRADOR			
Probabilidad según criterio de frecuencia	**Frecuencia**	**Interpretación de probabilidad**	
	4	Es probable que ocurra varias veces en 10 años, pero poco probable que ocurra este año.	
	3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años.	
	2	Es poco probable que ocurra en 100 años.	
	1	Es poco probable que ocurra en 1000 años.	
Daños al personal	**Categoría**	**Daños al personal**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	

	3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	**2**
	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto a la población	**Categoría**	**Impacto a la población**	**Valor**
	4	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	
	3	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	**3**
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves	
	1	Sin efecto a la población.	
	Categoría	**Impacto al ambiente**	**Valor**

Impacto al ambiente	4	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	
	2	Mínimos daños ambientales ni violación de leyes ambientales	
	1	Sin daños	**1**
Daños a Instalaciones	**Categoría**	**Impacto as las instalaciones**	**Valor**
	4	Con daños que puedan ascender los 500 mil soles	
	3	Con daños de 200 mil a 500 mil soles	**3**
	2	Con daños que puedan llegar de 50 mil a 200 mil.	
	1	Sin daños en las instalaciones.	
Pérdidas de producción	**Categoría**	**Impacto a la producción**	**Valor**
	4	Mayor de 100 mil soles	**4**
	3	De 70 mil a 100 mil soles.	
	2	De 30 mil a 70 mil soles	

	1	De 10 mil a 30 mil soles
Resultados		
Impacto Total	**Frecuencia de fallas**	**Nivel de criticidad**
13	**4**	**52**

Fuente: Elaboración Propia

Frecuencia																					
	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	152
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Impacto																				

Fuente: Elaboración Propia