

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Sistema de Gestión de Mantenimiento en la línea de producción de maíz
amarillo partido para disminuir pérdidas económicas en la empresa**

Molino's Aldur S. A. C.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Monica Magdalena Acha Elias

ASESOR

Joselito Sanchez Perez

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2022

**Sistema de Gestión de Mantenimiento en la línea de producción de maíz
amarillo partido para disminuir pérdidas económicas en la empresa**

Molino's Aldur S. A. C.

PRESENTADA POR

Monica Magdalena Acha Elias

A la Facultad de Ingeniería de
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
Ingeniero Industrial

APROBADA POR

Annie Mariela Vidarte Llaja
PRESIDENTE

Sonia Salazar Zegarra
SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres.

Especialmente a mi difunto padre Santos Félix que desde el cielo me brinda luz y fuerzas de seguir adelante, su mayor deseo era tener una hija profesional y a mi madre Yolanda Eliza que fueron el motor que impulsó mi vida, tanto personal como académica; pues su apoyo, sacrificio y constante aliento, lograron el desarrollo de este trabajo.

A los docentes y compañeros.

Que acompañaron mi vida académica, pues su apoyo fue importante en mi desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre a mi lado. Por brindarme, fortaleza y salud para cumplir mis objetivos.

A mis padres y a mi hermano por la paciencia, comprensión y sobre todo por su apoyo incondicional, brindándome consejos y ejemplos de vida y de trabajo.

Agradezco a mi asesor Ing. Joselito Sanchez Perez y al Mgtr. Ing. Amado Aguinaga Paz por su apoyo y continua guía durante el desarrollo de la investigación.

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	13%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
9	pdfcookie.com Fuente de Internet	

Índice

Resumen	18
Abstract	19
I. Introducción	20
II. Marco teórico	22
2.1. Antecedentes	22
2.2. Bases Teórico Científicas.....	25
2.2.1. Sistema de Gestión.....	25
2.2.2. Mantenimiento	25
2.2.3. Funciones	26
2.2.4. Tipos de mantenimiento.....	26
2.2.5. Fallo	27
2.2.6. Avería.....	27
2.2.7. Costos de mantenimiento.....	27
2.2.8. Pérdida económica	27
2.2.9. Indicadores de Mantenimiento.....	27
2.2.9.1. Disponibilidad	27
2.2.9.2. Tiempo promedio operativo hasta el fallo - Confiabilidad (MTBF).....	28
2.2.9.3. Tiempo promedio fuera de servicio – Mantenibilidad (MTTR)	28
2.2.10. Indicadores económicos.....	28
2.2.10.1. Eficiencia económica.....	28
2.2.11. Análisis de criticidad.....	29
2.2.12. Matriz de criticidad	30
2.2.13. Diagrama de Pareto.....	31
2.2.14. Análisis del árbol de falla (FTA)	31
2.2.15. Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	33
2.2.15.1. Fases de implementación.....	33
2.2.16. Análisis de los modos y efecto de fallos (AMEF)	34
2.2.16.1. Criterios de valoración de prioridad de riesgo (NPR)	34
2.2.17. Hoja de decisión R.C.M.....	36
2.2.18. Flujo de caja.....	37
2.2.18.1. Flujo de caja económico	37
2.2.19. Descripción del SOFTWARE MP10	37
2.2.19.1. Definición del Software.....	37
2.2.19.2. Ventajas del software MP10.....	38
2.2.19.3. Composición de módulos del software MP10.....	38
2.2.20. Indicadores para evaluación de proyectos	38
2.2.20.1. Valor actual neto (VAN)	38
2.2.20.2. El valor actual neto económico (VANE).....	39

2.2.20.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	39
2.2.20.4.	Coeficiente costo/beneficio (B/C)	40
2.2.20.5.	Período de recuperación de la inversión (PRI)	40
III.	Resultados y Discusión	41
3.1.	Diagnóstico de situación actual de la empresa	41
3.1.1.	La empresa	41
3.1.2.	Organigrama de la empresa.....	41
3.1.3.	Productos.....	42
3.1.4.	Proceso de producción	42
3.1.4.1.	Recepción de la materia prima	44
3.1.4.2.	Pre-limpia	44
3.1.4.3.	Molienda 1.....	44
3.1.4.4.	Separación	44
3.1.4.5.	Clasificación 1.....	44
3.1.4.6.	Molienda 2.....	44
3.1.4.7.	Clasificación 2.....	44
3.1.4.8.	Envasado	44
3.1.4.9.	Almacenado.....	45
3.1.5.	Diagnóstico del proceso actual de mantenimiento.....	45
3.1.6.	Análisis de las máquinas	45
3.1.6.1.	Etapas de pre-limpieza	46
3.1.6.2.	Etapas de molienda	46
3.1.6.3.	Etapas de separación	47
3.1.6.4.	Etapas de Clasificación 2	48
3.1.6.5.	Etapas de Sellado	50
3.1.7.	Análisis de averías ocurridas.....	50
3.1.7.1.	Análisis de averías en la etapa de pre-limpieza.....	50
3.1.7.2.	Análisis de averías en la Etapa de molienda	52
3.1.7.3.	Análisis de averías en la Etapa de Separación	52
3.1.7.4.	Análisis de averías en la Etapa de clasificación 1	53
3.1.7.5.	Análisis de averías en la Etapa de Molienda 2.....	54
3.1.7.6.	Análisis de averías en la Etapa de Clasificación 2	56
3.1.8.	Costos de mantenimiento	57
3.1.8.1.	Costos de reparación y repuestos empleados en el mantenimiento de averías ..	57
3.1.9.	Análisis de los indicadores de gestión de mantenimiento.....	60
3.1.9.1.	Tiempo promedio operativo hasta el fallo-MTTF (Confiabilidad).....	61
3.1.9.2.	Tiempo promedio fuera de servicio-MDT (Mantenibilidad)	62
3.1.9.3.	Disponibilidad	62
3.1.10.	Análisis de la implicancia económica actual	63
3.1.10.1.	Precio de venta del producto maíz amarillo partido	63
3.1.10.2.	Producción diaria	63
3.1.10.3.	Costo de producción	63
3.1.10.4.	Costo de producción	64
3.1.10.5.	Utilidad percibida por unidad	65
3.1.10.6.	Producción de la empresa	65

3.1.10.7.	Eficiencia de la materia prima	67
3.1.10.8.	Costos de mano de obra inoperativa.....	69
3.1.10.9.	Sacos no procesados	70
3.1.11.	Porcentaje de Costo del Mantenimiento Correctivo con respecto a las pérdidas económicas	71
3.1.12.	Evaluación de la eficiencia económica actual.....	72
3.1.13.	Resumen de indicadores.....	73
3.2.	PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	74
3.2.1.	Estructura de la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento	74
3.2.2.	Diseño del sistema de gestión	75
3.2.2.1.	Política de mantenimiento	75
3.2.2.2.	Objetivos de mantenimiento.....	75
3.2.3.	Planificación del programa del sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM	75
3.2.4.	Desarrollo del programa planificado en el sistema de Gestión de Mantenimiento	76
3.2.4.1.	Elaboración del inventario y codificación de las máquinas operativas.....	76
3.2.4.2.	Determinación del nivel de criticidad de las máquinas operativas	77
3.2.5.	Diagrama de Pareto	80
3.2.6.	Árbol de falla	81
3.2.7.	Análisis de modo efecto y falla (AMEF)	86
3.2.8.	Hoja de decisión de R.C.M.	99
3.3.	Planes y Cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas:	112
3.3.1.	Tiempo total de mantenimiento preventivo programado	125
3.3.2.	Evaluación de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo.....	126
3.3.2.1.	Tiempo promedio operativo hasta el fallo - MTTF (Confiabilidad).....	126
3.3.2.2.	Tiempo promedio fuera de servicio – MDT (Mantenibilidad).....	128
3.3.2.3.	Disponibilidad	128
3.3.2.4.	Evaluación de la implicancia económica con el mantenimiento preventivo....	129
3.3.2.5.	Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas después de la mejora	129
3.3.3.	Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas por pérdida de M.P..	129
3.3.4.	Pérdidas económicas por costo de Mano de Obra en inactividad después de la mejora	129
3.3.5.	Evaluación de la eficiencia económica después de la mejora.....	130
3.3.6.	Elaboración en la documentación del sistema gestión de mantenimiento	131
3.4.	Análisis costo/beneficio	133
3.4.1.	Determinación de costos de Materiales y herramientas	133
3.4.2.	Determinación de la gestión del sistema de mantenimiento	135
3.4.3.	Costos de mano de obra para el personal de mantenimiento	136
3.4.4.	Inversión total de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento	137
3.4.5.	Porcentaje de Costo del Mantenimiento Preventivo con respecto a las pérdidas económicas	137
3.4.6.	Beneficio o ingresos monetarios después de la mejora	137
3.4.6.1.	Beneficios monetarios en utilidades a percibir después de la mejora	138

3.4.6.2. Beneficios monetarios con la reducción de materia prima pérdida.....	139
3.4.6.3. Beneficios monetarios con la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa 140	
3.4.6.4. Beneficio monetario anual después de la mejora	141
3.4.7. Flujo de caja económico	142
3.4.7.1. Período de recuperación de la inversión (PRI).....	144
3.5. Discusión	145
IV. Conclusiones	146
V. Recomendaciones.....	147
VI. Referencias	148
VII. Anexos.....	150

Lista de tablas

Tabla 1.	Tipos de mantenimiento.....	26
Tabla 2.	Calificación de los valores de la disponibilidad según el tipo de proceso.....	28
Tabla 3.	Criterios de evaluación de análisis de criticidad.....	30
Tabla 4.	Símbolos empleados en la representación del FTA.....	32
Tabla 5.	Fases de implementación.....	33
Tabla 6.	Análisis de modos y efectos falla (AMEF).....	34
Tabla 7.	Criterios para valoración del riesgo: Gravedad.....	35
Tabla 8.	Criterios para valoración del riesgo: Ocurrencia.....	35
Tabla 9.	Criterios para valoración del riesgo: Detección.....	36
Tabla 10.	Hoja de decisiones RCM.....	36
Tabla 11.	Interpretación del VAN.....	39
Tabla 12.	Interpretación del resultado del TIR.....	39
Tabla 13.	Interpretación del resultado del coeficiente costo-beneficio.....	40
Tabla 14.	Presentación de maíz amarillo partido.....	42
Tabla 15.	Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones.....	46
Tabla 16.	Contexto operacional de zaranda pre-limpia.....	46
Tabla 17.	Contexto operacional de la máquina de molino de martillos 1.....	47
Tabla 18.	Contexto operacional de la máquina vibradora.....	47
Tabla 19.	Contexto operacional de la máquina de Zaranda Vaivén.....	47
Tabla 20.	Contexto operacional de la máquina de Gravimétrica.....	48
Tabla 21.	Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 2.....	48
Tabla 22.	Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 3.....	49
Tabla 23.	Contexto operacional de la máquina de Molino de Martillos 2.....	49
Tabla 24.	Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 4.....	49
Tabla 25.	Contexto operacional de la máquina de clasificadora.....	50

Tabla 26.	Contexto operacional de la máquina de cosedora.....	50
Tabla 27.	Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 1	51
Tabla 28.	Averías identificadas en los componentes de la Zaranda pre-limpia.....	51
Tabla 29.	Averías identificadas en los componentes del Molino de Martillos 1	52
Tabla 30.	Averías identificadas en los componentes de la Vibradora	52
Tabla 31.	Averías identificadas en los componentes de la Zaranda Vaivén	53
Tabla 32.	Averías identificadas en los componentes de la Gravimétrica 1	53
Tabla 33.	Averías identificadas en los componentes de la Gravimétrica 2	54
Tabla 34.	Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 2	54
Tabla 35.	Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 3	55
Tabla 36.	Averías identificadas en los componentes del Molino de Martillos 2	55
Tabla 37.	Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 4	56
Tabla 38.	Averías identificadas en los componentes de la Clasificadora	56
Tabla 39.	Tiempo programo de producción en la temporada 2018	57
Tabla 40.	Costo de mano de obra externa y repuestos de mantenimiento en el 2018	57
Tabla 41.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 1	58
Tabla 42.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la zaranda pre-limpia.....	58
Tabla 43.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la Vibradora.....	58
Tabla 44.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la zaranda vaivén.....	58
Tabla 45.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la gravimétrica 1.....	59
Tabla 46.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la gravimétrica 2.....	59
Tabla 47.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 2.....	59
Tabla 48.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 3.....	59
Tabla 49.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del molino de martillos 2	60
Tabla 50.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 4.....	60
Tabla 51.	Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la Clasificadora	60

Tabla 52. Tiempo programado de producción en la temporada 2018	61
Tabla 53. Fiabilidad de cada temporada de abril-diciembre 2018.....	61
Tabla 54. MDT – Mantenibilidad de cada máquina en la temporada 2018.....	62
Tabla 55. Valor comercial para una unidad de producto terminado en el año 2018.....	63
Tabla 56. Costo variable unitario de producto terminado en el año 2018	64
Tabla 57. Costo de mano de obra por unidad en el año 2018	64
Tabla 58. Costo de producción por unidad en el 2018.....	64
Tabla 59. Utilidad percibida por unidad producida de maíz amarillo partido	65
Tabla 60. Total de sacos producidos en los periodos de Enero-Diciembre 2018	66
Tabla 61. Eficiencia y utilidad no percibida de Materia Prima en temporada 2018.....	68
Tabla 62. Costo total de mano de obra inoperativa.....	69
Tabla 63. Sacos no procesados por horas paradas en los meses enero-diciembre 2018.....	70
Tabla 64. Resultado de las pérdidas económicas de enero-diciembre del 2018	70
Tabla 65. Resumen de pérdidas económicas por máquina en el periodo 2018	71
Tabla 66. Incremento del costo de producción unitario.....	72
Tabla 67. Resumen de indicadores.....	73
Tabla 68. Sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Molino´s Aldur S.A.C	74
Tabla 69. Código para máquinas.....	76
Tabla 70. Codificación de máquinas de la empresa.....	76
Tabla 71. Hoja de valoración de parámetros de criticidad de equipos en la empresa.....	79
Tabla 72. Diagrama de Pareto de las máquinas de la línea de producción de maíz amarillo.....	80
Tabla 73. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Molinos de Martillo 1.....	87
Tabla 74. AMEF correctiva de la máquina Molino Martillo 1	88
Tabla 75. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Molinos de Martillo 2.....	89

Tabla 76. AMEF correctiva de la máquina Molino Martillo 2	90
Tabla 77. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Zaranda Pre-limpia.....	91
Tabla 78. AMEF correctiva de la máquina Zaranda Pre-limpia	92
Tabla 79. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Vibradora.....	93
Tabla 80. AMEF correctiva de la máquina Vibradora.....	94
Tabla 81. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Gravimétrica 1.....	95
Tabla 82. . AMEF correctiva de la máquina Gravimétrica 1	96
Tabla 83. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Gravimétrica 2.....	97
Tabla 84. AMEF correctiva de la máquina Gravimétrica 2.....	98
Tabla 85. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Molino martillo 1	104
Tabla 86. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina molino martillo 1.....	105
Tabla 87. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Molino martillo 2.....	106
Tabla 88. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina molino martillo 2.....	107
Tabla 89. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Zaranda Pre-limpia.....	108
Tabla 90. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Zaranda pre-limpia.....	108
Tabla 91. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Vibradora	109
Tabla 92. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Vibradora	109
Tabla 93. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Gravimétrica 1	110
Tabla 94. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 1.....	110
Tabla 95. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Gravimétrica 2	111
Tabla 96. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 2.....	111

Tabla 97. Plan de mantenimiento para la máquina Molino de Martillo 1	113
Tabla 98. Cronograma de Mantenimiento – Molino de Martillo 1	114
Tabla 99. Plan de mantenimiento para la máquina Molino de Martillo 2	115
Tabla 100. Cronograma de Mantenimiento – Molino de Martillo 2.....	116
Tabla 101. Plan de mantenimiento para la máquina Zaranda pre-limpia	117
Tabla 102. Cronograma de Mantenimiento – Zaranda pre-limpia.....	118
Tabla 103. Plan de mantenimiento para la máquina Vibradora	119
Tabla 104. Cronograma de Mantenimiento - Vibradora.....	120
Tabla 105. Plan de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 1	121
Tabla 106. Cronograma de Mantenimiento – Gravimétrica 1	122
Tabla 107. Plan de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 2	123
Tabla 108. Cronograma de Mantenimiento – Gravimétrica 2	124
Tabla 109. Determinación del tiempo total de mantenimiento preventivo	125
Tabla 110. Reducción del tiempo de parada con el mantenimiento preventivo	126
Tabla 111. Averías más frecuentes de las máquinas con mantenimiento correctivo programado.....	127
Tabla 112. Reducción de la pérdida económica a utilidades no percibidas después de la mejora.....	129
Tabla 113. Reducción de la pérdida económica de M.O inactiva después de la mejora.	130
Tabla 114. Resultado de las pérdidas económicas de enero-diciembre del 2018	130
Tabla 115. Incremento del costo de producción unitario	130
Tabla 116. Resumen de indicadores antes y después de la mejora.....	132
Tabla 117. Costo anual de materiales para el mantenimiento.....	133
Tabla 118. Costo anual de herramientas para el mantenimiento	134
Tabla 119. Sesiones, temas del programa de capacitación RCM.	135
Tabla 120. Costos de gestión del sistema de mantenimiento propuesto	136
Tabla 121. Costo de mano de obra del personal de mantenimiento	136

Tabla 122. Costo total para el sistema de gestión de mantenimiento propuesto	137
Tabla 123. Producción mensual después de la mejora.....	138
Tabla 124. Beneficios monetarios de las utilidades percibidas después de la mejora	139
Tabla 125. Beneficios monetarios de la reducción de materia prima pérdida	140
Tabla 126. Beneficios monetarios de la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa.....	141
Tabla 127. Beneficios monetarios anuales después de la mejora	141
Tabla 128. Cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento Global.....	142

Lista de figuras

Figura 1.	Matriz de criticidad	31
Figura 2.	Estructura del árbol de fallos	32
Figura 3.	Flujograma de implantación del RCM.....	33
Figura 4.	Ubicación geográfica de la empresa Molino´s Aldur S.A.C.....	41
Figura 5.	Organigrama de la empresa.....	41
Figura 6.	Las tres presentaciones del maíz amarillo duro	42
Figura 7.	Diagrama de bloques del proceso de maíz amarillo partido	43
Figura 8.	Análisis de Criticidad – Pareto, planta Molino´s Aldur S.A.C.	80
Figura 9.	Árbol de fallas de la máquina de Molino de martillos 1	81
Figura 10.	Árbol de fallas de la máquina de Molino de Martillos 2	82
Figura 11.	Árbol de fallas de la máquina de Zaranda Pre-limpia.....	83
Figura 12.	Árbol de fallas de la máquina de Vibradora	84
Figura 13.	Árbol de fallas de la máquina de Gravimétrica 1.....	85
Figura 14.	Árbol de fallas de la máquina de Gravimétrica 2.....	86

Lista de anexos

Anexo 1. Registro de fallas y averías durante el periodo 2018	150
Anexo 2. Pérdidas monetarias mensuales en la empresa de alimentos balanceados Granel S.A.....	162
Anexo 3. Fuerza de control de longitud de las cadenas de rodillos según la Norma ISO 606.....	163
Anexo 4. Dimensiones de las cadenas de rodillos según la Norma ISO 606	163
Anexo 5. Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	164
Anexo 6. Manual de operaciones y Funciones del Mantenimiento Preventivo	177
Anexo 7. Procedimiento de cambio de faja, lubricación y limpieza	184
Anexo 8. Costo de Capacitación de RCM.....	189
Anexo 9. Cotización de la compra y capacitación del software MP10	189
Anexo 10. Cuestionario de Auditoria de Gestión de Mantenimiento.....	190
Anexo 11. Constancia de Autorización	194

Resumen

Esta investigación se basa en la empresa Molino's Aldur S.A.C. dedicada a la producción de maíz amarillo partido; que para su procesamiento cuenta con máquinas como los Molinos de Martillos 1 y 2, Zaranda Pre-limpia, Vibradora, Gravimétricas 1 y 2, elevado de cangilones entre otras. Actualmente la empresa no cuenta con un área de mantenimiento, por ello aplica un mantenimiento correctivo con personal externo que consiste en corregir la falla en el momento, causando paradas imprevistas durante la producción, es así que se registraron 160 averías que equivale a 356,8 horas de parada durante el periodo de enero a diciembre del 2018, generando pérdidas económicas de S/ 172 408,38. Por ello la presente investigación tiene como objetivo proponer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para disminuir las pérdidas económicas que tiene la empresa. La propuesta del sistema de gestión de mantenimiento preventivo utiliza la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), metodología que utiliza herramientas como el Análisis de criticidad; la cual permitió mostrar que los Molinos de Martillos 1 y 2, Zaranda Pre-limpia, Vibradora, Gravimétricas 1 y 2 son las máquinas de mayor criticidad y necesitan atención inmediata; otras herramientas son el diagrama de Pareto, el Árbol de fallas, el Análisis Modo Efecto y Fallas (AMEF) y la Hoja de decisión RCM estas son muy importante para la elaboración y desarrollo de los planes de mantenimiento. En este sistema se incluye el uso del SOFTWARE MP9 y se comprobó su facilidad de uso y también propone la elaboración de los procedimientos de Mantenimiento Preventivo y Manuales de operaciones y funciones (MOF). Después de la mejora el tiempo de parada disminuye en 156,06 horas, la Disponibilidad global aumento a un 93,49 %; aumentando en un 14,49% con respecto a la disponibilidad antes de la mejora, y la sumatoria total de las pérdidas económicas disminuyeron en S/ 105 173,58. Finalmente se calculó el valor actual neto (VAN) de S/.82 295,35 más de lo que actualmente tiene la empresa Molino's Aldur S.A.C; así mismo se halló la Tasa Interna, obteniendo un valor de 61% de rentabilidad promedio mensual, mayor al valor del TMAR GLOBAL(8,9%); por último se determinó el coeficiente de costo beneficio de S/. 3.00; superior a la unidad, es decir, el beneficio es mayor al costo de inversión, teniendo un periodo de recuperación de 70 días; lo que significa que el proyecto es viable para la empresa.

Palabras clave: Sistema de Gestión; Mantenimiento, Pérdida económica.

Abstract

This research is based on the company Molino's Aldur S.A.C. made to the production of broken yellow corn; that for its processing it has machines such as Hammer Mills 1 and 2, Pre-clean Screen, Vibrating Machine, Gravimetric 1 and 2, bucket elevators among others. Currently the company does not have a maintenance area, therefore it applies corrective maintenance with external personnel that consists of correcting the fault at the moment, causing unforeseen stops during production, so 160 faults were registered, equivalent to 356.8 hours stoppage during the period from January to December 2018, generating economic losses of S / 172 408.38. Therefore, this research aims to propose a preventive maintenance management system to reduce the economic losses that the company has. The preventive maintenance management system proposal uses the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology, the methodology that uses tools such as Critical Analysis; which automatically shows that Hammer Mills 1 and 2, Pre-clean Screen, Vibrating, Gravimetric 1 and 2 are the most critical machines and need immediate attention; other tools are the Pareto diagram, the Fault Tree, the Failure and Effect Mode Analysis (FMEA) and the RCM Decision Sheet are very important for the preparation and development of maintenance plans. This system includes the use of the MP9 SOFTWARE and its ease of use was verified, and we also propose the preparation of the Preventive Maintenance procedures and Operations and Functions Manuals (MOF). After upgrade, downtime reduced by 156.06 hours, Global Availability increased to 93.49%; it increased by 14.49% with respect to availability before improvement, and the total sum of economic losses decreased by S / 105 173.58. Finally, the net present value (NPV) of S / .82 295.35 was calculated more than what the company Molino's Aldur S.A.C currently has; Likewise, the Internal Rate was found, obtaining a value of 61% of monthly average profitability, higher than the value of the GLOBAL TMAR (8.9%); Lastly, the cost benefit coefficient of S /. 3.00; higher than unity, that is, the benefit is greater than the investment cost, having a recovery period of 70 days; which means that the project is viable for the company.

Keywords: Redesign, Maintenance, economic loss.

I. Introducción

El proceso del sistema de gestión de mantenimiento ha evolucionado con el pasar de los años, mejorando los esquemas del pasado, es por ello que gran parte de las empresas vinculan la definición de mantenimiento con inversión mas no, como gasto; y esto a su vez abarca la potencialidad y las normas de calidad que tienen actualmente las empresas.

Las agroindustrias invierten en su gran mayoría en presupuesto para sus equipos y/o maquinarias; esto representa un gran suma de dinero, acorde a la función que realice y el tipo de tecnología que usen, por lo general las empresas buscan aumentar la eficiencia y extender la vida útil de sus maquinarias; en el área de mantenimiento existen problemas con el personal, repuestos, herramientas, etc., por ello realizar mantenimiento en las agroindustrias requiere de una gran financiación, “Los Estados Unidos, es el único país de acuerdo a estudios oficiales y privados realizados, supera los 17 mil millones de dólares anuales (0.05 del dólar de venta)” [1].

Actualmente en nuestro país las agroindustrias presentan problemas de gestión de mantenimiento en sus equipos y/o máquinas, la falta de un mantenimiento planificado trae como consecuencia paradas durante el proceso cada cierto periodo de tiempo, buscando como solución instantánea un mantenimiento correctivo.

El estándar SAE JA1011 [2] se encarga de regular el proceso de implementación del RCM, señala que esta metodología mejora la confiabilidad de los equipos de tal manera que estos se vuelvan más seguros, y reduce los costos directos e indirectos, con el objetivo de elaborar un producto que cumpla con las normas de seguridad, calidad y medio ambiente.

Molino's Aldur S.A.C, empresa en la que se lleva a cabo dicha investigación con RUC 20488050274, tiene como rubro agroindustrial, se dedica a la producción, empaque y comercialización de maíz amarillo partido. En su proceso productivo la empresa posee una serie de máquinas, que de manera repetitiva ocasionan averías; aquellas que generan paradas en el proceso, horas hombre inactivas, pérdidas de productos, generando fuertes pérdidas económicas para la empresa. Debido a que la empresa utiliza un mantenimiento correctivo como una solución inmediata, ya que no cuenta con área de mantenimiento establecida.

De acuerdo a esto, se formula la siguiente interrogante ¿En qué medida una propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en la línea de producción de maíz amarillo partido podrá disminuir las pérdidas económicas en la empresa Molino's Aldur S. A.C?

La presente investigación, se realiza una elaboración de una propuesta de sistema de gestión de mantenimiento preventivo para las máquinas que pertenecen a la línea de producción de maíz amarillo partido, utilizando como herramienta el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) teniendo como objetivos específicos: Diagnosticar el proceso productivo, elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, y realizar un análisis de costo-beneficio.

Asimismo, esta propuesta aumentara la disponibilidad de las máquinas de la empresa, logrando disminuir las paradas que generan costos suplementarios, con la finalidad de reducir el porcentaje de pérdidas económicas producidas por las mismas.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

En el 2016, Vishnu et al. [3], en su investigación “Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study”, tiene como objetivo implementar Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en plantas de proceso, ya que selecciona un plan de mantenimiento pertinente para todas las máquinas que trabajan durante el proceso de producción de acuerdo al puntaje obtenido en el análisis de criticidad y los parámetros hallados de confiabilidad. El plan de mantenimiento sigue una serie de pasos de acuerdo a la Jerarquía Analítica (AHP), metodología basada en los criterios de especialistas en el campo de mantenimiento y producción. Se analizaron de acuerdo a un registro de mantenimiento de las máquinas utilizadas en el proceso de elaboración de dióxido de titanio con una producción anual de 20 mil toneladas métricas. El resultado nos señala un adecuado e ideal plan de mantenimiento para cada máquina de acuerdo al Análisis de modo y efecto de fallos – AMEF y el análisis de criticidad, lo que permitió reconocer los equipos que presentan criticidad de clase Alta. El costo generado para la inversión de un mantenimiento preventivo se equilibraría reduciendo los costos de mantenimiento correctivo y horas paradas no programadas generados por los equipos.

En el 2016 Sánchez [4] en su investigación “Programa de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en la nave n° 1 de la empresa Agroexportadora GANDULES INC.SAC – Lambayeque en el año 2016”, tiene como objetivo elaborar una propuesta de mantenimiento preventivo, con el fin de aumentar la productividad en la nave n°1 de la Agroexportadora Gandules, teniendo como referencia el periodo 2014- 2015, mostrando una reducción en su productividad, debido a las horas de paradas generadas por averías, por ellos se propuso utilizar herramientas de análisis de criticidad. De acuerdo a esto, se tuvo como resultado de mayor criticidad a la máquina cerradora (311 puntos) y la máquina cortadora (304 puntos), por ello se estableció un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de dicha nave 1, utilizando la planificación por semana de actividades, OTM - Órdenes de Trabajo de Mantenimiento, las coordinaciones con la nave n° 1 de manera anticipada y el seguimiento a las actividades que no se llegaron a realizar.

En el 2016 Cheliyan et. al [5] en su investigación “Fuzzy fault tree analysis of oil and gas leakage in subsea production systems”, presenta un análisis de fallas de fugas de petróleo y gas en un sistema de producción submarino utilizando un análisis de árbol de fallas (FTA). Se hizo un árbol de fallas tomando en cuenta cuatro áreas principales donde se pueden iniciar las fugas (pozos de gas y petróleo, Tuberías, instalaciones claves y daños a terceros). El FTA necesita de valores exactos para la probabilidad de falla de los eventos básicos. Sin embargo, dado que los datos de falla son inexactos, se toma un enfoque difuso de estos datos que lleva al llamado análisis de árbol de fallas difusas. (FFTA), este método ayudó a identificar la naturaleza de la dependencia del evento superior en los eventos básicos y, por lo tanto, identificar los enlaces más débiles que pueden causar fugas en el sistema de producción submarino. Se encontró que los sucesos más débiles causan las fugas en el sistema de producción. El análisis se extiende para evaluar la incertidumbre involucrada en la probabilidad de fallo de la parte superior, así como eventos intermedios debido a los niveles de incertidumbre asumidos de los eventos básicos. La aplicación del FTA a grandes sistemas de producción submarina que incluye plataformas de producción y oleoductos de exportación a la infraestructura en tierra en un complejo campo de petróleo y gas puede intentarse ampliando la metodología presentada en la presente investigación

En el 2018 Cossios y Arévalo [6] en su investigación “Gestión del mantenimiento para aumentar la confiabilidad de las máquinas de un hospital”, tiene como objetivo incrementar la confiabilidad en los equipos aplicando herramientas como el análisis de criticidad y utilizando el software MP9, que organiza y planifica la información del plan de mantenimiento de forma eficiente para incrementar la productividad de dicho plan. Asimismo, se calculan los principales indicadores de mantenimiento por cada equipo de dicha área. Finalmente se obtuvieron como resultados que la Caldera Atsu en la actualidad tiene porcentaje de confiabilidad del 94.92% y después de aplicar el plan de mantenimiento incremento a 97,15%, así mismo el Grupo Electrógeno Siemens tiene como porcentaje de confiabilidad un 94,31% y después de aplicar el plan de mantenimiento incremento en 96.96%, esto se debe al utilizar el Software MP9 que se encarga de programar un plan de mantenimiento, identificar y calificar una frecuencia de falla por máquina incrementando su porcentaje de confiabilidad en el caldero Atsu en un 2,13% y en el Grupo Electrógeno Siemens en un 2,65%.

En el 2015 Berger et al. [7] en su investigación “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera”, aplica la herramienta de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), con el fin de mejorar el porcentaje de disponibilidad de las máquinas, para incrementar sus ventas a un costo reducido. Por ello se realizó la identificación de las averías a través del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), donde se obtuvo las máquinas con mayor criticidad y a su vez analizando el impacto que tienen en la operación, mantenimiento, salud y medio ambiente., se obtuvieron 73 modos de falla analizados, la cuales 13,7 % son inaceptables, 17,8% son de reducción deseable y 68,5% son aceptables. La disponibilidad de las máquinas es mayor al 90 % de todos los motores de combustión.

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1. Sistema de Gestión

La Norma ISO 9000-2015 [8], determina a un sistema de gestión como una agrupación de componentes relacionados entre sí de una empresa para implementar políticas, objetivos y procesos con el fin de alcanzar objetivos. Los compromisos, las planificaciones, la política los recursos, los procesos y la metodología, todos estos elementos forman una estructura muy importante para la empresa.

Del mismo modo la Norma ISO 9000-2015, indica que se debe implementar una política de gestión, que debe incluir lo siguiente:

- Ser adecuada a la finalidad y de acuerdo al entorno de la empresa.
- Proporcionar un antecedente que establezca objetivos.
- Incorporar deberes de cumplir las disposiciones.
- Incluya un deber de mejorar continuamente.

Así también la Norma ISO 9000-2015, indica que los objetivos a establecer deben:

- Ser conforme a la política establecida.
- Ser medibles.
- Considerar las disposiciones.
- Ser objeto de seguimiento.
- Ser transmitidos al personal de la empresa.
- Ser actualizado, según el tiempo que corresponda.

2.2.2. Mantenimiento

Según García [9], son aquellas actividades que mantienen a los equipos y/o máquinas operativas durante su proceso productivo, se requieren que tenga un alto porcentaje de disponibilidad y de confiabilidad que les permita trabajar durante un lapso de tiempo necesario para elaborar un producto; a una mayor productividad y un costo reducido

Según García [9], el mantenimiento necesita cumplir con dos objetivos esenciales: Asegurar la disponibilidad y disminuir el costo de producción, para ello se toma en cuenta:

- Mejorar la disponibilidad de las máquinas y sus instalaciones para una buena producción.
- Disminuir el costo de horas de parada durante la producción a través del mantenimiento preventivo de los equipos y/o máquinas.

2.2.3. Funciones

Para Gómez [10], la función principal del mantenimiento es el cumplimiento de todas las actividades obligatorias para determinar y mantener el equipo y/o máquina de producción con la finalidad de que cumpla con los requisitos importantes del proceso. Las funciones específicas del mantenimiento son las siguientes:

- Mantener los equipos y/o máquinas e instalaciones en operatividad de manera eficaz y segura.
- Llevar un registro del estado actual de los equipos, así como de su disponibilidad.
- Llevar a cabo los estudios necesarios para reducir el porcentaje de averías y/o fallas.
- De acuerdo a la data histórica, efectuar un pronóstico de los repuestos necesarios en almacén.
- Ejecutar actividades que incluyan la reparación de los equipos y/o máquinas e instalaciones.
- Realizar el debido seguimiento de los costos de mantenimiento.

2.2.4. Tipos de mantenimiento

Según Integramarkets [11], se tiene tres tipos de mantenimiento como se muestra a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de mantenimiento

Tipos de Mantenimiento	
Mantenimiento Correctivo	Es un conjunto de actividades con la finalidad de corregir defectos y solucionar de manera correcta las fallas de manera inmediata.
Mantenimiento Preventivo	Es el conjunto de actividades que tiene como finalidad prevenir el acontecimiento de una falla y/o avería., por ello las actividades se deben programar con anticipación y espacio para reforzar los puntos críticos, identificando las debilidades y reemplazando repuestos desgastados.
Mantenimiento Predictivo	Es un conjunto de actividades, tiene por finalidad reunir y analizar la información para identificar el momento y lugar exacto que se deban realizar las tareas.

Fuente: Gestión y planificación de mantenimiento industrial 2018: 25

2.2.5. Fallo

Según Moreno [12], es la causa que genera una pérdida en la capacidad de la máquina para desempeñar una actividad determinada. Cuando un equipo y/o máquina y una instalación fallan, es por los siguientes motivos:

- Por un error por parte del operario de producción
- Por un error por parte del operario de mantenimiento
- Por un fallo en los recursos
- Por condiciones externas anormales.

2.2.6. Avería

Según Moreno [12], es el estado en el que se encuentra la máquina tras la aparición de una falla, es decir es la pérdida total o parcial de la capacidad de la máquina, sea por una aparición de una falla en algún componente de la misma, causando que esta no pueda realizar de manera eficiente todas sus funciones.

2.2.7. Costos de mantenimiento

Según Espinosa [13], se agrupan de acuerdo a dos categorías, que son las siguientes:

- Costos por pérdida en la producción sean estas por las fallas y/o avería de las máquinas o por caída de la productividad.
- Costos por actividades de mantenimiento (mano de obra, herramientas y repuestos)

2.2.8. Pérdida económica

La Real Academia Española (RAE) [14] define a la pérdida económica como una falta o ausencia de aquello que pertenece a la empresa, se relaciona tanto a los costos como a las utilidades generadas, es decir es la privación de beneficios expresados por un incremento de costos.

2.2.9. Indicadores de Mantenimiento

2.2.9.1. Disponibilidad

Según García [8], es un indicador que mide el tiempo en porcentaje de una máquina que logra estar apta para realizar su función principal durante la jornada de trabajo para la cual fue creada. Los elementos que intervienen sobre esta misma son: el tiempo promedio por falla de la máquina (MTTF) y el tiempo promedio de reparación de la máquina (MTTR).

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

2.2.9.2. Tiempo promedio operativo hasta el fallo - Confiabilidad (MTBF)

Según Cuartecacas [15], la confiabilidad es un indicador que mide el tiempo promedio de una máquina, que esta pueda realizar su función principal sin ningún tipo de interrupciones por averías. Se obtiene dividiendo el número de horas totales de funcionamiento entre las fallas totales de producción.

$$MTBF = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales de funcionamiento}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

2.2.9.3. Tiempo promedio fuera de servicio – Mantenibilidad (MTTR)

Según Cuatercasas [15], la mantenibilidad es un indicador que mide el tiempo promedio que tarda en reparar o componer la función principal de una máquina debido a una falla funcional. La mantenibilidad es la relación del número de horas totales por reparaciones de las maquinas entre las fallas totales de las máquinas durante la producción.

$$MTTR = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales de las reparaciones}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

Así mismo Fluor Global Services [16], menciona valores típicos de disponibilidad, esto sirve para hacer un análisis comparando después de la mejora con el fin de evaluar a las maquinas que funcionan durante el proceso de producción:

Tabla 2. Calificación de los valores de la disponibilidad según el tipo de proceso

Tipo de proceso	Cuartil de calificación			
	Peor	3 ^{ero}	2 ^{do}	Mejor
Continuo	<78%	78%-84%	85%-91%	>91%
Bach	<72%	72%-80%	81%-90%	>90%
Químico, refinería, energía	<85%	85%-90%	91%-95%	>95%
Papel	<83%	83%-86%	87%-94%	>94%

Fuente: Emerson Process Management 2002:20

2.2.10. Indicadores económicos

2.2.10.1. Eficiencia económica

Según Vásquez [17], se obtiene dividiendo las entradas, esta se refiere a todos los ingresos que se realizan por las ventas, entre las salidas, esta esta se refiere a todos los egresos referidos de la inversión por la venta.

De acuerdo a ello la eficiencia económica necesita ser superior a la unidad con el fin de poder alcanzar beneficios por la inversión realizada ($E_s > 1$) se calcula de la forma:

$$E_s = \frac{\text{ventas (ingresos)}}{\text{costos (egresos)}}$$

2.2.11. Análisis de criticidad

PEMEX [18], el análisis de criticidad es una herramienta que utiliza como método una serie de jerarquías entre las instalaciones, sistemas, máquinas y componentes de las máquinas. Esto ayuda a facilitar la toma de decisiones y a su vez establecer como objetivo principal con el fin de centrarse con énfasis en la gestión de mantenimiento. Se evalúan las siguientes variables que forman parte de esta herramienta, de tal manera que puedan ser categorizadas las máquinas:

- Frecuencia de falla (FF): número de veces al año que se presenta la falla.
- Flexibilidad operacional (FO): es la rapidez con la que se pueda modificar la falla y poner en funcionamiento nuevamente la máquina o también denominado MTTR
- Impacto operacional o Pérdidas de producción (IO): se establece una puntuación de acuerdo al impacto que genera la falla sobre la máquina durante el proceso de producción.
- Costo de reparación (CR): se establece un valor económico de acuerdo al impacto que genera directamente sobre el costo para reparar la falla de la máquina.
- Impacto ambiental (IA): se establece una puntuación de acuerdo al impacto que ocasiona directamente al ambiente por la falla afectando a factores como la seguridad laboral, el impacto en el ambiente y la higiene durante el proceso de producción.
- Impacto en salud y seguridad de personal (IS)

De acuerdo a las variables mencionadas en PEMEX, es posible la elaboración de criterios de acorde a un valor dado, en donde el puntaje total determina el porcentaje de criticidad de las máquinas como se observa en la tabla 2. En consecuencia, los valores de número de riesgo (R) se calculan multiplicando la frecuencia (F) por la consecuencia (C) de la falla de la máquina, aquí intervienen todos los parámetros mencionados anteriormente, se calcula de la siguiente manera:

$$C = \{(IO*FO)+CR+IA+IS\}$$

$$R = F*C$$

Tabla 3. Criterios de evaluación de análisis de criticidad

Formato para encuesta análisis de criticidad	
Persona:	Fecha:
Equipo:	Área o zona:
Frecuencia de falla (todo tipo de falla)	Puntaje
Menor a 1 falla por año	1
Entre 1 y 8 fallos por año (interrupción mensual)	2
Entre 9 y 18 fallos por año (1 interrupción cada dos semanas)	3
Entre 19 y 36 fallos por año (1 interrupción semanal)	4
Mayor a 36 fallos por año (más de 1 interrupción semanal)	5
1. Pérdida en la producción(soles)	
Hasta 5 mil	1
De 5 mil a 20 mil	2
De 20 mil a 50 mil	3
De 50 mil a 80 mil	4
Mayor de 80 mil	5
2. Tiempo promedio para reparar (MTTR)	
Menor a 2 horas	1
Entre 2 y 4 horas	2
Entre 4 y 8 horas	3
Entre 8 y 12 horas	4
Más de 24 horas	5
3. Costos de Reparación (miles de nuevos soles)	
Hasta mil	1
De mil a 5 mil	2
De 5 mil a 20 mil	3
De 20 mil a 50 mil	4
Mayor de 50 mil	5
4. Impacto Ambiental	
Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	5
Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.	4
Daños ambientales regables sin violación de regulaciones y leyes, la restauración puede ser acumulada.	3
Mínimos daños ambientales sin violación de regulaciones y leyes.	2
Sin daños ambientales ni violación de regulaciones y leyes ambientales	1

Fuente: Adaptado de PEMEX, Aprendizaje virtual, 2007.

2.2.12. Matriz de criticidad

La matriz de criticidad es una herramienta que contiene una codificación con colores de acuerdo a su valor, esta herramienta se utiliza con el fin de reconocer el grado de magnitud del riesgo que tiene en relación al valor de su criticidad de todo el sistema productivo.

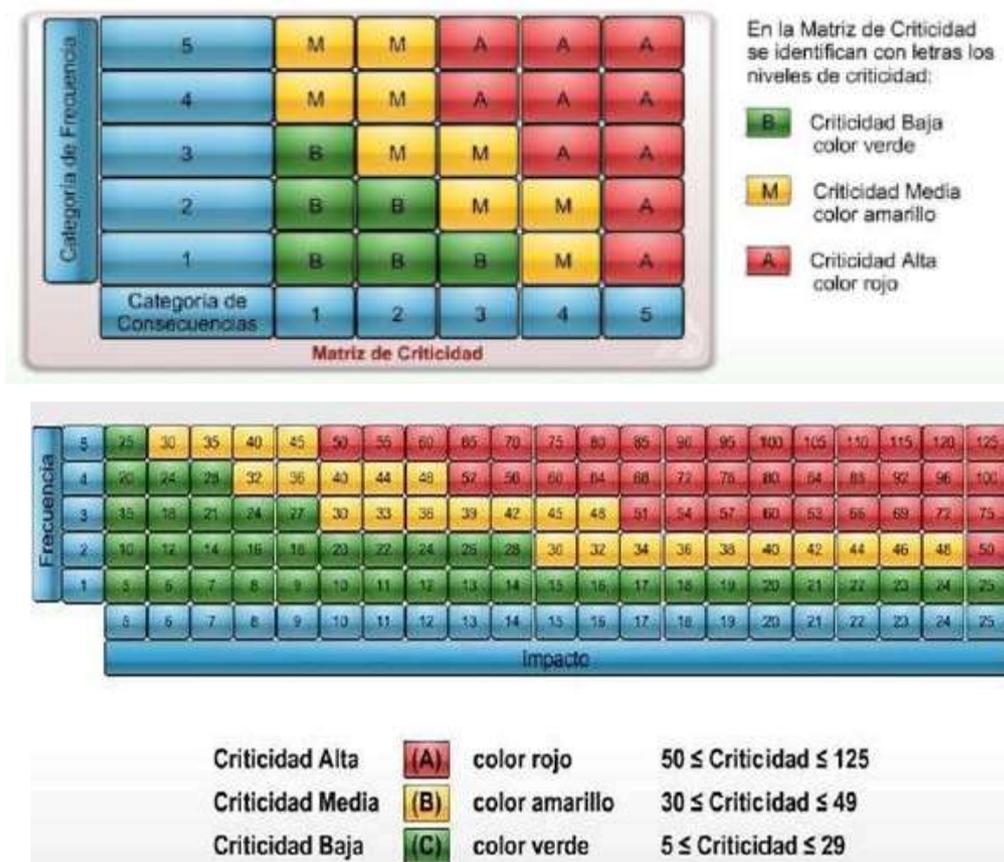


Figura 1. Matriz de criticidad

Fuente: PEMEX, 2007.

2.2.13. Diagrama de Pareto

Según Parra y Crespo [19], el ingeniero Wilfredo Pareto (1842- 1923), armó una serie de histogramas aplicándolo en la economía de Italia, viendo la forma de poder distribuirla, y es así que se llegó a la conclusión que el 80% de la riqueza de Italia se localizaba en manos del 20% de toda la población, de tal forma de separar los problemas más relevantes de los que tienen menos relevancia para el país. El diagrama de Pareto aplicado al área de mantenimiento se utiliza para identificar las máquinas con mayor cantidad de fallas, esto quiere decir que las fallas más críticas son por costos e indicadores de mantenimiento (confiabilidad y disponibilidad) de las máquinas. Este análisis es muy importante para llegar a determinar las máquinas con criticidad alta y su representación de manera gráfica.

2.2.14. Análisis del árbol de falla (FTA)

Cejalvo et. al [20], define al Análisis de árbol de fallas (FTA, siglas en idioma inglés), como un procedimiento metódico que inicia por la búsqueda de un suceso no deseado al cual se le designa suceso TOP, y termina estudiando los motivos por lo cual ocurrieron los sucesos.

El análisis se distribuye mediante el árbol de fallos, el cual se genera de la combinación de diferentes sucesos básicos que se encuentran ligados a fallos de elementos, fallos de mano de obra, fallos dentro del proceso productivo, etc.

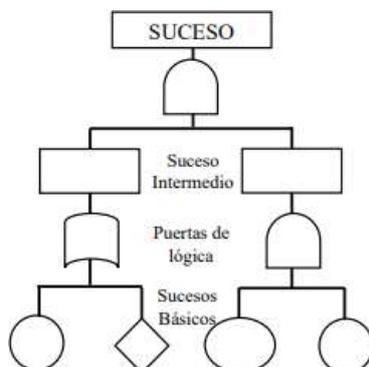
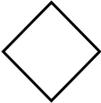
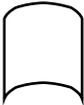
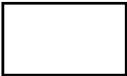


Figura 2. Estructura del árbol de fallos

Fuente: Cejalvo y Piqué, 1999.

En el árbol de fallas se utiliza distintos símbolos que son la representación gráfica de los sucesos, estos son entrelazados con conectores llamados puertas lógicas, los símbolos se representan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Símbolos empleados en la representación del FTA

Símbolo	Significado del símbolo
	Círculo, símbolo que representa el fallo base
	Óvalo, figura que simboliza un evento que solo puede ocurrir en ciertas situaciones especiales.
	Diamante, símbolo que representa un evento terminal sin desarrollar debido a una falta de información.
	Puerta Y, símbolo que representa una condición donde todas las situaciones figuran debajo de la puerta, estas situaciones deben estar siempre presentes para que pueda figurar arriba de la puerta.
	Puerta O, figura que simboliza un evento, donde cualquier situación que figure debajo de la puerta, lo trasladará arriba de la puerta.
	Rectángulo, es el símbolo principal del diagrama de árbol, figura que representa una situación negativa, se ubica en cualquier parte del árbol, puede abarcar en su totalidad, con el fin de que se puedan desplegar más eventos.

Fuente: Cejalvo y Piqué, 1999.

2.2.15. Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Para Vatn [21], el RCM es una metodología utilizada actualmente por las industrias, con la finalidad de incrementar la confiabilidad de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento en la mejora del mantenimiento preventivo. El procedimiento consiste en dos fases: la fase 1 consta de un análisis del modo de fallo, identifica las causas de las fallas y el análisis de criticidad para identificar a las máquinas con mayor criticidad y la fase 2 consta de la aplicación de la herramienta hoja de decisión lógica para determinar el plan mantenimiento preventivo ideal de acuerdo a los resultados obtenidos de las interrogantes del diagrama de decisión.

2.2.15.1. Fases de implementación

Según Parra et al. [19], se divide en dos fases, como se muestra en la siguiente tabla:

Fase Inicial	Fase de Implantación
- Constitución del equipo laboral para el área de mantenimiento	- Elección del sistema y definición del contexto operacional.
	- Análisis de los modos y efectos de fallos.
	- Aplicación de la lógica RCM.

Fuente: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad (2012)

La figura 3, ilustra el orden de los pasos del proceso de implantación del RCM.

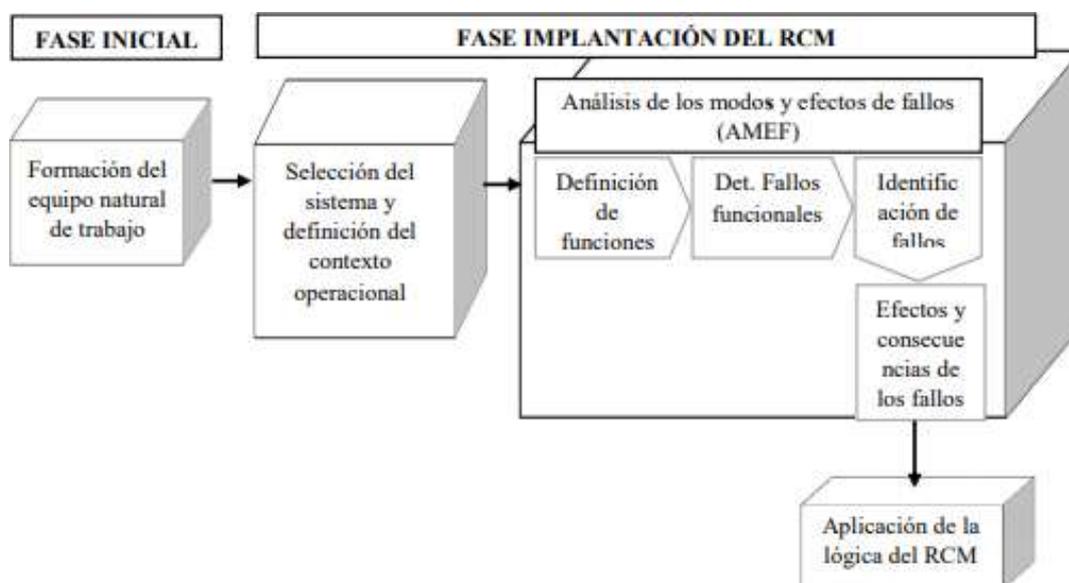


Figura 3. Flujograma de implantación del RCM

Fuente: Parra y Crespo, 2012.

2.2.16. Análisis de los modos y efecto de fallos (AMEF)

Es la herramienta principal del RCM que tiene por objetivo encontrar todos los modos en los que puede fallar una máquina e identificar los posibles efectos de las fallas en donde se establece la función de los componentes de las máquinas, los fallos se encuentran relacionados a cada función del componente, así como los modos de fallos asociados a cada falla y se determinan los efectos y consecuencias relacionados a cada modo de fallos. [19]

Tabla 6. Análisis de modos y efectos falla (AMEF)

Hoja de trabajo AMEF	Área: Equipo:	Falla Funcional	Modo Falla	Efecto Falla
1		A	1 2	

Fuente: Parra [19]

Las etapas de desarrollo del AMEF son:

- Establecer a las máquinas y elementos a estudiar.
- Determinar las funciones de la maquinaria; estas funciones son el objetivo de los componentes de acuerdo a las condiciones operacionales.
- Identificar las fallas funcionales; se nombra como fallo funcional a la ocurrencia no prevista, realizando que el componente no cause la función deseada.
- Identificar los modos de fallas; son el origen físico de las fallas funcionales, estas generan fallas funcionales parciales como totales.
- Identificar los efectos de falla; estos se originan cuando se genera la falla, se calcula como influye a la seguridad humana, medio ambiente y producción.
- Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR); es el resultado de la evaluación de la gravedad, ocurrencia y detección, este valor obtenido es utilizado con el fin de organizar los problemas de diseño o de proceso por rango de importancia.
- Establecer la acción sugerida a realizar; se establece luego de hallar la causa potencial.
- Consignar las actividades.
- Evaluación de los valores mejorados del número de prioridad de riesgos (NPR).

2.2.16.1. Criterios de valoración de prioridad de riesgo (NPR)

Automotive Industry Action Group (AIAG) [22], establece los siguientes criterios para la valoración de la Gravedad, Ocurrencia y Detección:

a. Índice de gravedad

Su determinación comprende los siguientes criterios;

- Por un cliente insatisfecho
- Por la degradación de las prestaciones
- Por el daño ocasionados que generan costos y tiempo de reparación

Tabla 7. Criterios para valoración del riesgo: Gravedad

Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin anuncio	La falla influye a la operación estable de la máquina, puede poner en peligro al operario, la falla se da sin preaviso.	10
Peligroso con anuncio	La falla influye a la operación estable de la máquina, puede poner en peligro al operario, la falla ocurre con preaviso.	9
Muy alto	Quizás el 100% del producto se rechaza. Se detiene la línea de producción.	8
Alto	Quizás un porcentaje de la línea de producción se rechace. Desviación de la línea de producción principal abarcando una reducción en la velocidad de la línea o aumento de operario.	7
Moderado	Quizás el 100% de la línea de producción tenga que volver a procesarse en otra línea de producción y ser aprobada.	6
Bajo	Quizás un porcentaje de la línea de producción tenga que volver a procesarse en otra línea de producción y ser aprobada	5
Muy bajo	Quizás el 100% de la línea de producción tenga que volver a procesarse en la línea de producción, antes de ser procesada.	4
Remoto	Quizás un porcentaje de la línea de producción tenga que volver a procesarse en la línea de producción, antes de ser procesada.	3
Muy remota	Mínimo o tenue falta en la línea de producción, operación u operario.	2
Ninguno	Sin efecto perceptible.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

b. Índice de ocurrencia

Es la probabilidad de que la falla ocurra, para disminuir se necesita optimizar o elevar los mecanismos de control para impedir que se genere la causa de fallo y modificar el diseño de modo para que logre reducir la probabilidad de fallo.

Tabla 8. Criterios para valoración del riesgo: Ocurrencia

Efecto	Criterio	Nivel
Muy alta: Fallos muy repetitivas	1 falla al mes	5
Alta: Fallos repetitivas	1 falla entre 1 a 3 meses	4
Moderada: Fallos ocasionales	1 falla entre 3 meses a 6 meses	3
Baja: Pocos Fallos	1 falla entre 6 meses a un año	2
Muy baja: Muy pocos fallos	1 falla cada un año	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG) 2008:10

c. Índice de detección

Es el grado de detección de la falla antes de que llegue al cliente, para reducir este indicador se debe aumentar u optimizar los mecanismos de control de calidad o rectificar el diseño.

Tabla 9. Criterios para valoración del riesgo: Detección

Efecto	Criterio	Nivel
Casi imposible	Incontrolable del proceso actual; No se detecta..	10
Muy remota	La causa del Modo de Falla no se detecta de manera fácil.	9
Remota	Localización del Modo de Falla después del proceso, por el operario por medios visuales/táctiles/audibles.	8
Muy baja	Localización del Modo de Falla en la línea, por el operario a través de medios visuales/táctiles/audibles.	7
Baja	Localización del Modo de Falla después del proceso, por el operario con el empleo de gajes de atributos (pasa/no pasa).	6
Moderada	Localización del Modo de Falla en la línea, por el operario con el empleo de gajes que avisen al operador (luz, timbre).	5
Moderadamente alta	Localización del Modo de Falla después del proceso por un monitoreo automatizado.	4
Alta	Localización del Modo de Falla en la línea por un monitoreo automatizado.	3
Muy alta	Localización del Modo de Falla en la línea por un monitoreo automatizado que identifican el error y lo prevé.	2
Casi cierta	Prevención de las causas del fallo como impacto del diseño de un componente, elemento y/o equipo.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

Por último, el NPR es resultado de:

$$\text{NPR} = \text{GRAVEDAD} \times \text{OCURRENCIA} \times \text{DETECCIÓN}$$

El valor obtenido se clasifica de acuerdo a las siguientes prioridades:

2.2.17. Hoja de decisión R.C.M

Es un instrumento que ayuda a determinar de manera óptima la función o tarea de mantenimiento idónea y correcta, así mismo se encarga de inscribir las respuestas a las interrogantes del diagrama de decisión RCM (ver tabla 10).

Tabla 10. Hoja de decisiones RCM

Hoja de Decisiones RCM											Área:
											Equipo:
Referencia Información		Evaluación de consecuencia				Acción de falta		Tarea propuesta	Intervalo Inicial (año, mes, semanal o día)		
		H1	H2	H3							
		S1	S2	S3							
F	FF FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	
		N1	N2	N3							

Fuente: Parra. [14]

El modelo de la hoja de decisión consiste de 3 columnas identificadas por F - función, FF – falla funcional y FM – modo de falla, detectan los modos de fallo bajo ciertos factores.

Las siguientes columnas son en relación a las interrogantes del diagrama de decisión.

- Las columnas (H, S, E, O Y N), se obtienen los resultados en relación a la pregunta de las consecuencias de cada modo fallo.
- Las columnas (H1, H2, H3), se obtiene el tipo de actividad correcta, y esta tiene que ser dinámica.
- Las columnas H4 y H5, o S4 se obtiene los resultados de las interrogantes “a falta de”.

Las últimas columnas se inscriben la actividad correcta, la frecuencia con que se realizara y el responsable que ejecutara la actividad de mantenimiento. En la columna actividad planteada, se utiliza para registrar en caso se requiera algún rediseño de la máquina, o si esta no necesita un mantenimiento programado

2.2.18. Flujo de caja

Según Beltran y Cueva [23] define al flujo de caja como un método, con el objetivo de calcular la disponibilidad en efectiva para eliminar deudas adquiridas y remunerar la inversión realizada, esto quiere decir que el flujo de caja es el resumen de los ingresos y egresos de una inversión durante un lapso de tiempo establecido.

2.2.18.1. Flujo de caja económico

El flujo de caja económico determina la rentabilidad de la investigación por sí mismo, no considera el financiamiento externo, es decir la investigación se toma como financiamiento propio del capital del inversionista.

2.2.19. Descripción del SOFTWARE MP10

2.2.19.1. Definición del Software

El Software MP9, es un CMMS (Computerized Maintenance Managment System, por sus siglas en ingles), que garantiza de forma eficiente la gestión de mantenimiento ya que mantiene toda la información organizada y documentada.

Este software presenta dos perfiles básicos: Simplicidad y facilidad de uso, perfiles que lo definen con más aceptación en Latinoamérica en temas de gestión de mantenimiento; en el Perú algunas de las empresas que han adquirido este software son:

- AJEGROUP
- Faber Castell Perú
- EPS SEDACUSCO S.A.
- PROPMART Home Center
- Global alimentos S.A.C

2.2.19.2. Ventajas del software MP10

Las ventajas que ofrece este software son:

- Permite aumentar la vida útil de las máquinas.
- El equipo de mantenimiento mejora su desempeño con notoriedad.
- Documentación disponible y organizada.
- Reducirá y mejora el inventario de los repuestos.
- Previene los accidentes.

2.2.19.3. Composición de módulos del software MP10

Este software tiene una serie de módulos instalados entre estos se tienen:

- Módulo de catálogo de equipos.
- Módulo de localización de equipos.
- Módulo de mantenimiento rutinario.
- Módulo de mantenimiento predictivo.
- Módulo de control de lecturas.
- Módulo de orden de trabajo, vales y consumos.
- Módulo de calendarios.
- Módulo de análisis de información.

2.2.20. Indicadores para evaluación de proyectos

2.2.20.1. Valor actual neto (VAN)

Según Hamilton y Pezo [24] define el VAN como la sumatoria de todos los flujos actuales de efectivo de una inversión futura, y a este se restan los egresos con el fin de obtener el valor actual de efectivo que recibirá el proyecto, en relación a la tasa de interés por un lapso de tiempo establecido.

2.2.20.2. El valor actual neto económico (VANE)

El VANE necesita realizar un análisis llevada a cabo en el apoyo del flujo de caja económico. A continuación, se muestra la tabla que especifica la elección según el VAN que se calcula de la siguiente forma:

Tabla 11. Interpretación del VAN

Resultado	Interpretación	Toma de decisión
VAN>0	Determina que los flujos de efectivo abonará los costos totales de inversión y sobrarán un excedente.	Ejecutar proyecto
VAN=0	Tanto egresos como ingresos son equivalentes, no hay ni pérdida, ni ganancia.	Indiferente
VAN<0	Los egresos son superiores a los ingresos, quedando un faltante	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

2.2.20.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Según Hamilton y Pezo [24] define la TIR como una tasa de actualización que hace que el VAN del proyecto se ajuste a cero, es considerada la tasa más alta de actualización que se requiere para un proyecto. Cuanto más alta sea la tasa de actualización, más probabilidades de éxito tendrá el proyecto.

a. Tasa aceptada de rendimiento

Es una tasa que se necesita como referencia para comparar con la TIR, para calcularla se utiliza la tasa de inflación actual de acuerdo al reporte del Banco Central de Reserva del Perú.

$$\% \text{ TMAR} = \% \text{ Tasa inflacionaria} + \% \text{ lo que se desea ganar} \%$$

$$\text{TMAR GLOBAL} = (\% \text{ de inversión} \times \% \text{ TMAR})$$

b. Tasa aceptada de rendimiento

El cálculo de la TIR es un método para determinar la viabilidad de un proyecto. Se calcula basado en el VANE, que es la tasa anualizada del valor neto de un proyecto. En función del resultado del cálculo de la TIR, se puede:

Tabla 12. Interpretación del resultado del TIR

Resultado	Interpretación	Toma de decisión
TIR>TMAR	Quiere decir que el costo de oportunidad es menor a la rentabilidad del proyecto.	Ejecutar proyecto
TIR=TMAR	La TIR y la tasa de actualización son iguales por lo que la rentabilidad es cero.	Indiferente
TIR<TMAR	Quiere decir que el costo de oportunidad es superior a la rentabilidad del proyecto.	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

2.2.20.4. Coeficiente costo/beneficio (B/C)

Según Halmiton y Pezo [24] define al coeficiente B/C como un criterio agregado que es muy importante en la toma de decisiones para poder invertir o no en un proyecto.

A continuación, se muestra de manera detallada la interpretación del valor B/C:

Tabla 13. Interpretación del resultado del coeficiente costo-beneficio

Resultado	Interpretación	Toma de decisión
B/C>1	Quiere decir que el costo de oportunidad es menor a la rentabilidad del proyecto.	Ejecutar proyecto
B/C=0	La TIR y la tasa de actualización son iguales por lo que la rentabilidad es cero.	Indiferente
B/C<1	Quiere decir que el costo de oportunidad es superior a la rentabilidad del proyecto.	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

2.2.20.5. Período de recuperación de la inversión (PRI)

Ketelhöhn et. al [25], define al PRI como el tiempo que se demora en recuperar la inversión inicial de un proyecto. El PRI se determinarse de la siguiente forma:

$$PRI = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Flujo neto de efectivo del primer periodo}}$$

III. Resultados y Discusión

3.1. Diagnóstico de situación actual de la empresa

3.1.1. La empresa

Molino's Aldur S.A.C con RUC 20488050274, inicia sus actividades desde el año 2006. Se encuentra ubicada en la calle Salas N° 1025 (I etapa)-José Leonardo Ortiz, la cual se dedica a la producción, empaque, y comercialización de maíz amarillo duro.

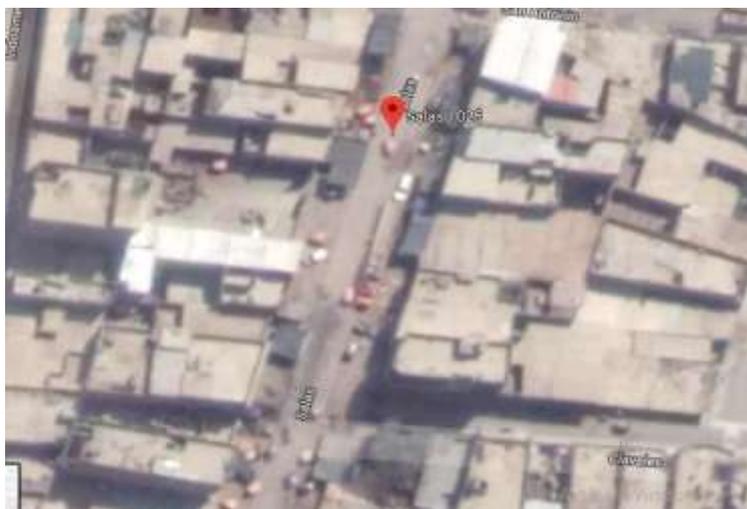


Figura 4. Ubicación geográfica de la empresa Molino's Aldur S.A.C.

Fuente: Google Maps

A lo largo de los años la empresa ha ido cambiando algunas máquinas antiguas por otras modernas permitiendo que la empresa se adapte a las necesidades requeridas de sus clientes.

3.1.2. Organigrama de la empresa

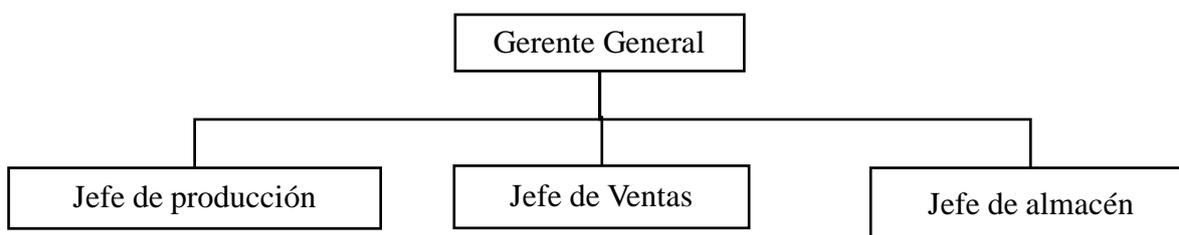


Figura 5. Organigrama de la empresa

Fuentes: Molino's Aldur S.A.C

3.1.3. Productos

En la tabla 14 se muestra las presentaciones más frecuentes que son maíz amarillo partido de 1/2, maíz amarillo duro de 3/4 y maíz amarillo duro de 3/8.

Tabla 14. Presentación de maíz amarillo partido

Producto	Descripción	
Maíz amarillo partido	1/2	El maíz amarillo partido se obtiene a partir de la molienda del grano.
	3/4	Es el principal producto de la empresa, y se encuentra en presentaciones de acuerdo al tamaño de grano: 1/2, 3/4 y 3/8
	3/8	
Subproductos		
Granulado	El maíz granulado se obtiene como subproducto durante el proceso de elaboración de maíz amarillo partido. Su forma es en granos de diferente tamaño a la presentación de maíz amarillo partido.	
Harina	Es un polvo fino, que se obtiene de la molienda del grano seco de maíz. Es integral, ya que presenta un color amarillo.	

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C



Figura 6. Las tres presentaciones del maíz amarillo duro

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.4. Proceso de producción

El proceso productivo de elaboración de maíz amarillo duro partido que realiza la empresa se describe a continuación y posteriormente es detallado en un diagrama de bloques como se muestra en la figura 7.

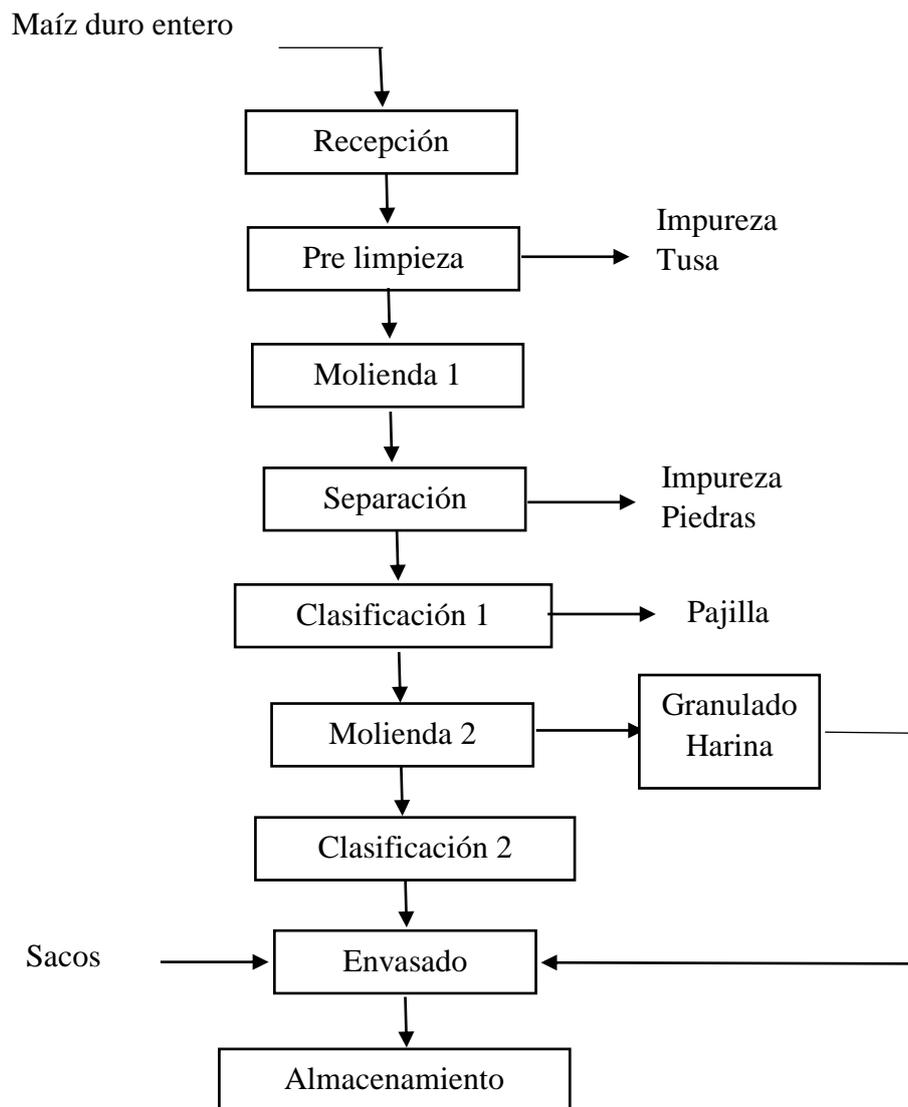


Figura 7. Diagrama de bloques del proceso de maíz amarillo partido

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.1.4.1. Recepción de la materia prima

El grano de maíz llega en sacos por medio de camiones a la empresa y pasa hacer almacenado a una poza de una capacidad de 100 toneladas.

3.1.4.2. Pre-limpia

Los granos son transportados por el elevador a la zaranda de pre-limpia, es su primer filtro, donde se extrae las impurezas y la tusa más grandes para luego ser trasladada por otro elevador a un molino.

3.1.4.3. Molienda 1

Los granos pasan por un molino de martillos en donde son partidos en tamaños de $\frac{1}{2}$.

3.1.4.4. Separación

Los granos partidos pasan por una vibradora (zaranda vaivén) en donde se separa el maíz molido de las impurezas, o piedras que puedan tener.

3.1.4.5. Clasificación 1

Los granos son clasificados por medio de la ley de la gravedad y el tamaño, usando una máquina gravimétrica, con el fin de seleccionar los $\frac{1}{2}$ de mayor calidad y eliminar los que estén dañados o no sean de la misma categoría de los otros. Una vez clasificados, los granos son subidos a un tanque de almacenamiento con una capacidad de 5 t.

3.1.4.6. Molienda 2

Los granos partidos pasan por un molino de martillos en donde son triturados en diferentes tamaños de $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$.

3.1.4.7. Clasificación 2

Pasa por una segunda gravimétrica en donde sale el maíz granulado y la polenta (harina de maíz), luego pasa por una clasificadora en donde se separa al maíz $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ como producto final.

3.1.4.8. Envasado

Los granos son cargados en un recipiente, donde se separan en diferentes tipos de productos y son pesados hasta un peso de 50 kg. Luego, se cosen con la ayuda de una maquina cosedora.

3.1.4.9. Almacenado

Los sacos son enviados a una zona donde se almacenan para la espera de ser entregados a los clientes de la empresa.

3.1.5. Diagnóstico del proceso actual de mantenimiento

La empresa Molino's Aldur S.A.C no cuenta con una gestión de mantenimiento, ya que se aplica un mantenimiento correctivo cuando ocurre una falla o avería de alguna máquina durante el proceso de producción.

El mantenimiento correctivo de la empresa es realizado por una persona externa dentro de las horas de producción iniciadas a las 08:00 am y que culminan a las 07:00 pm, considerando que tienen una hora de descanso de 01:00 pm a 02:00 pm.

La detección de fallas en la producción consiste en encontrar y corregir errores antes de que sean desviados a la línea de producción. Cuando el operario detecta un problema, debe dar aviso inmediatamente a su superior, quien debe parar la producción y ponerse en contacto con los técnicos. Ellos analizarán la falla y sus posibles causas. Esto permitirá reparar el problema y evitar que afecte la producción. Se necesita un proceso de detección de fallas eficaz para evitar desperdicios y pérdidas de tiempo. Con un buen sistema de detección, se puede asegurar que la producción es eficiente y que se mantenga el nivel de calidad deseado.

En ese caso, el procedimiento se sigue así: en caso de atascamiento en una máquina, los operarios deben tomar acción para solucionarlo de manera inmediata, pero en el caso de que sea por una falla en el motor o desgaste se pasa a contratar a un técnico, Primero, debe localizar y determinar el problema. Luego, se procede a recolectar las herramientas y piezas necesarias para hacer la reparación. Una vez que se tiene todo listo, procede a realizar la reparación de la máquina y a reactivarla. Finalmente, se debe realizar una prueba de funcionamiento para asegurar que todo funciona correctamente. Si todo está bien:

1. Desajuste y extracción de la pieza averiada.
2. Reparación de la pieza averiada.
3. Montaje de la pieza.
4. Verificación del funcionamiento de la máquina.

3.1.6. Análisis de las máquinas

La empresa Molino's Aldur S.A.C en la línea de producción de maíz amarillo partido cuenta con las siguientes máquinas:

3.1.6.1. Etapa de pre-limpieza

La etapa de pre-limpieza está conformada por dos máquinas que se describen a continuación:

a. Máquina de elevador de cangilones 1

Esta máquina realiza la función mecánica de transportar el grano de la poza de recepción a la zaranda pre limpia.

Tabla 15. Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones

Elevador de cangilones 1	Especificaciones técnicas	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	-
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,85 kw
	Antigüedad	8 años

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

b. Máquina de Zaranda pre-limpia

Esta máquina se encarga de sustraer la tierra, piedras y paja del producto mediante unas mallas.

Tabla 16. Contexto operacional de zaranda pre-limpia

Zaranda pre-limpia	Especificaciones técnica	
	Marca	DEGMA
	Modelo	P250R
	Dimensiones	3550x2700x3000 mm
	Capacidad de diseño	3000-3500 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,5 kw
	Antigüedad	9 años

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.1.6.2. Etapa de molienda

La etapa de molienda está conformada por una máquina que se describe a continuación:

a. Máquina de Molino de Martillos 1

Esta máquina se encarga de tritura el producto en partículas pequeñas.

Tabla 17. Contexto operacional de la máquina de molino de martillos 1

Molino de martillos 1	Especificaciones técnica	
	Marca	TALSA
	Modelo	MM100
	Dimensiones	814x1202x1616 mm
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,11 kw
	Antigüedad	8 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.6.3. Etapa de separación

La etapa de separación está conformada por dos máquinas que se describen a continuación:

a. Máquina Vibradora

Esta máquina se encarga de separar las impurezas del producto mediante vibraciones.

Tabla 18. Contexto operacional de la máquina vibradora

Vibradora	Especificaciones técnica	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	815x545x848 mm
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1 kw
	Antigüedad	10 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Zaranda Vaivén

Esta máquina se encarga de separar las impurezas del producto mediante vibraciones.

Tabla 19. Contexto operacional de la máquina de Zaranda Vaivén

Zaranda vaivén	Especificaciones técnica	
	Marca	SALOMÓN
	Modelo	RO-TOP
	Dimensiones	710x530x635 mm
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	750 w
	Antigüedad	8 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.6.4. Etapa de Clasificación 2

La etapa de clasificación 2 está conformada por dos máquinas que se describen a continuación:

a. Gravimétrica 1 y 2

Estas máquinas se encargan de clasificar y separar a los productos de 1/2 y 3/8 del maíz partido

Tabla 20. Contexto operacional de la máquina de Gravimétrica

Gravimétrica	Especificaciones técnica	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	2350x1100x1100 mm
	Capacidad de diseño	2500-3000 kg/h
	Número de motores	1
	Cantidad	2
	Potencia de motor	2,2 kw
	Antigüedad	7 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Elevador de cangilones 2

Esta máquina se encarga de transportar el grano de 1/2 y 3/8 de la gravimétrica al almacén (poza).

Tabla 21. Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 2

Elevador de cangilones 2	Especificaciones técnica	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	-
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,85 kw
	Antigüedad	13 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

c. Elevador de cangilones 3

Está máquina se encarga de transportar el maíz partido de la gravimétrica al molino

Tabla 22. Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 3

Elevador de cangilones 3	Especificaciones técnica	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	-
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,85 kw
	Antigüedad	13 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

d. Molino de martillos 2

Esta máquina se encarga de triturar el producto en partículas pequeñas

Tabla 23. Contexto operacional de la máquina de Molino de Martillos 2

Molino de martillos 2	Especificaciones técnica	
	Marca	TALSA
	Modelo	MM100
	Dimensiones	814x1202x1616 mm
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,11 kw
	Antigüedad	8 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

e. Elevador de cangilones 4

Esta máquina se encarga de transportar el grano molido hacia la clasificadora.

Tabla 24. Contexto operacional de la máquina de elevador de cangilones 4

Elevador de cangilones 4	Especificaciones técnica	
	Marca	Sin identificar
	Modelo	Sin identificar
	Dimensiones	-
	Capacidad de diseño	3000-4000 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	1,85 kw
	Antigüedad	13 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

f. Clasificadora

Esta máquina se encarga de clasificar el producto en 1/2, 3/4y 3/8

Tabla 25. Contexto operacional de la máquina de clasificadora

Clasificadora	Especificaciones técnica	
	Marca	SIRCA
	Modelo	CVG 40-50 AC
	Dimensiones	1965x1630x2050 Mm
	Capacidad de Diseño	3000-3500 kg/h
	Número de motores	1
	Potencia de motor	2,23 kw
	Antigüedad	8 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.6.5. Etapa de Sellado

La etapa de sellado está conformada por una máquina que se describe a continuación:

a. Máquina Cosedora

Esta máquina se encarga de coser los sacos de maíz amarillo partido en todas sus presentaciones de manera manual.

Tabla 26. Contexto operacional de la máquina de cosedora

Cosedora	Especificaciones técnica	
	Marca	HENKEL
	Modelo	6K21A
	Dimensiones	275x370x305 mm
	Capacidad de diseño	60 sacos/ h
	Número de motores	1 motor impulsor
	Potencia de motor	90 w
	Antigüedad	5 años

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7. Análisis de averías ocurridas

Se realizó este análisis en base a la información dada por la empresa sobre su registro de avería (ver anexo 1), durante la temporada 2018. Se clasifico de acuerdo a las máquinas que se encuentran en la línea de producción de maíz amarillo partido.

3.1.7.1. Análisis de averías en la etapa de pre-limpieza

a. Máquina Elevador de Cangilones 1

La máquina Elevador de Cangilones 1 durante la temporada 2018, registró 9 averías y 18,58 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 27.

Tabla 27. Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 1

Máquina		Elevador de Cangilones 1			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tambor de accionamiento	Este dispositivo es el encargado de transmitirle movimiento a la banda a través de un elemento motriz.	Atasco de piedras en polea de rodillos	Falta de inspección, limpieza y lubricación	5	5,24
Cangilón	Transporta el maíz amarillo partido de forma vertical.	Desalienación de los cangilones	Exceso de uso, falta de inspección, falta de lubricación	3	8
Cabeza del elevador	Utilizado para guiar la cadena en la parte superior del elevador y además para transmitirle al sistema la fuerza necesaria para moverse junto con la carga.	Atasco de piedras en rueda de tracción	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	5,34

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Zaranda Pre-limpia

La máquina Zaranda Pre-limpia durante la temporada 2018, registró 21 averías y 53,25 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 28.

Tabla 28. Averías identificadas en los componentes de la Zaranda pre-limpia

Máquina		Zaranda Pre-limpia			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tornillos	Sujeta y soporta las partes de la Máquina	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	4	8,12
Tornillos	Sujeta y soporta las partes de la máquina	Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	5	10,13
Mallas	Tamiza el maíz para sacar las Impurezas	Atasco de piedras	Falta de control de limpieza	4	10,26
Fajas	Transporta el maíz	Fajas de rotas	Estiramiento de la cadena, desgaste por uso, falta de lubricación y atascamiento de piedras	4	10,32
Contactador	Permite el paso de la corriente Eléctrica	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	4	14,42

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7.2. Análisis de averías en la Etapa de molienda

a. Máquina Molino de Martillos 1

La máquina Molino de Martillos 1 durante la temporada 2018, registró 28 averías y 61,3 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 29.

Tabla 29. Averías identificadas en los componentes del Molino de Martillos 1

Máquina		Molino de Martillos 1			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Eje de martillo	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil.	4	8,21
Correa de transmisión	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	Desgaste de correa de transmisión	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	4	9,15
Chumacera	Permite rotación	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	5	9,24
Poleas	Permite el movimiento del molino	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	5	9,54
Cribas	Limpia el grano	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	4	11,35
Contactador	Permite el paso de la corriente eléctrica	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	6	13,81

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7.3. Análisis de averías en la Etapa de Separación

a. Máquina Vibradora

La máquina Vibradora durante la temporada 2018, registró 20 averías y 27,75 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 30.

Tabla 30. Averías identificadas en los componentes de la Vibradora

Máquina		Vibradora			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Mallas	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	Vibraciones muy encima de lo normal	Falta de lubricación, falta de control de limpieza, rodamientos deteriorados, fallos eléctricos y superó su tiempo de vida útil.	5	7,25
		Atasco de piedras	Falta de control de limpieza	7	9
Contactador	Permite rotación	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	8	11

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Zaranda Vaivén

La máquina Zaranda Vaivén durante la temporada 2018, registró 10 averías y 17,25 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 31.

Tabla 31. Averías identificadas en los componentes de la Zaranda Vaivén

Máquina		Zaranda Vaivén			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Mallas	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	Vibraciones muy encima de lo normal	Falta de lubricación, falta de control de limpieza, rodamientos deteriorados, fallos eléctricos y superó su tiempo de vida útil.	3	7,25
		Atasco de piedras	Falta de control de limpieza	2	4
Tornillos	Sujeta y soporta las partes de la máquina	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	2	1
		Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	1
Fajas	Transporta el maíz.	Fajas de rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de Limpieza	2	4

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7.4. Análisis de averías en la Etapa de clasificación 1

a. Máquina Gravimétrica 1

La máquina Gravimétrica 1 durante la temporada 2018, registró 20 averías y 47 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 32.

Tabla 32. Averías identificadas en los componentes de la Gravimétrica 1

Máquina		Gravimétrica 1			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tornillos	Sujeta y soporta las partes de la máquina	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	3	1,5
		Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	2
Chumacera	Permite rotación	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de Lubricación	4	8,5
Fajas	Transporta el maíz	Fajas de rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de Limpieza	5	16
Contactador	Permite el paso de la corriente eléctrica	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	6	19

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Gravimétrica 2

La máquina Gravimétrica 2 durante la temporada 2018, registró 12 averías y 30,65 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 33.

Tabla 33. Averías identificadas en los componentes de la Gravimétrica 2

Máquina		Gravimétrica 2			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	N° averías	Tiempo de parada (h)
Tornillos	Sujeta y soporta las partes de la máquina	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	2	1
		Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	1
Chumacera	Permite rotación	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	4	13,15
Motor	Permite el movimiento de las poleas	Rodamientos en mal estado	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	5	15,5

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

c. Máquina Elevador de Cangilones 2

La máquina Elevador de Cangilones 2 durante la temporada 2018, registró 6 averías y 16,5 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 34.

Tabla 34. Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 2

Máquina		Elevador de Cangilones 2			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	N° averías	Tiempo de parada (h)
Tambor de accionamiento	Este dispositivo es el encargado de transmitirle movimiento a la banda a través de un elemento motriz.	Atasco de piedras en polea de rodillos	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	4,5
		Ruptura de cadena	Desgaste por uso	2	5,75
Cabeza del elevador	Utilizado para guiar la cadena en la parte superior del elevador y además para transmitirle al sistema la fuerza necesaria para moverse junto con la carga.	Atasco de piedras en rueda de tracción	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	6,25

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7.5. Análisis de averías en la Etapa de Molienda 2

a. Máquina Elevador de Cangilones 3

La máquina Elevador de Cangilones 3 durante la temporada 2018, registró 6 averías y 23 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 35.

Tabla 35. Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 3

Máquina		Elevador de Cangilones 3			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tambor de accionamiento	Este dispositivo es el encargado de transmitirle movimiento a la banda a través de un elemento motriz.	Atasco de piedras en polea de rodillos	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	7
		Ruptura de cadena	Desgaste por uso	2	6,75
Puerta de acceso	Permite el acceso del maíz amarillo duro	Atascamiento en la puerta	Falta de inspección, limpieza	2	7,25

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Molino de Martillos 2

La máquina Molino de Martillos 2 durante la temporada 2018, registró 13 averías y 30,42 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 36.

Tabla 36. Averías identificadas en los componentes del Molino de Martillos 2

Máquina		Molino de Martillos 2			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Eje de martillo	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil.	2	4,22
Correa de transmisión	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	Desgaste de correa de transmisión	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	2	4,15
Chumacera	Permite rotación	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	3	6,22
Poleas	Permite el movimiento del molino	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	3	6,85
Cribas	Limpia el grano	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	1	3,35
Motor	Permite el movimiento de las poleas	Rodamientos en mal estado	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	2	5,65

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.7.6. Análisis de averías en la Etapa de Clasificación 2

a. Máquina Elevador de Cangilones 4

La máquina Elevador de Cangilones 4 durante la temporada 2018, registró 8 averías y 18,1 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 37.

Tabla 37. Averías identificadas en los componentes del Elevador de Cangilones 4

Máquina		Elevador de Cangilones 4			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tambor de accionamiento	Este dispositivo es el encargado de transmitirle movimiento a la banda a través de un elemento motriz.	Atasco de piedras en polea de rodillos	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	4
		Ruptura de cadena	Desgaste por uso	2	5
Cangilón	Transporta el maíz amarillo partido de forma vertical.	Desalienación de los cangilones	Exceso de uso, falta de inspección, falta de lubricación	2	4,1
Cabeza del elevador	Utilizado para guiar la cadena en la parte superior del elevador y además para transmitirle al sistema la fuerza necesaria para moverse junto con la carga.	Atasco de piedras en rueda de tracción	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	5

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

b. Máquina Clasificadora

La máquina Clasificadora durante la temporada 2018, registró 7 averías y 13 horas de paradas a causa de las mismas; el detalle del suceso de averías se describe en la tabla 38.

Tabla 38. Averías identificadas en los componentes de la Clasificadora

Máquina		Zaranda Clasificadora			
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Mallas	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	Vibraciones muy encima de lo normal	Falta de lubricación, falta de control de limpieza, rodamientos deteriorados, fallos eléctricos y superó su tiempo de vida útil.	3	5
Motor	Permite el movimiento de las poleas	Desajuste de engranajes	Falta de inspección y lubricación	4	8

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

En resumen, el total de frecuencia de averías producidas en las máquinas de la empresa es de 160, las cuales generan 356,8 horas improductivas, como se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. Tiempo programa de producción en la temporada 2018

Máquina	Frecuencia de averías	Horas de paradas
Molino de martillos 1	28	61,3
Molino de martillos 2	13	30,42
Gravimétrica 1	20	47,0
Gravimétrica 2	12	30,65
Elevador de Cangilones 1	9	18,58
Elevador de Cangilones 2	6	16,5
Elevador de Cangilones 3	6	23
Elevador de Cangilones 4	8	18,1
Clasificadora	7	13
Vibradora	20	27,75
Zaranda Vaivén	10	17,25
Zaranda pre-limpia	21	53,25
TOTAL	160	356,8

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.8. Costos de mantenimiento

3.1.8.1. Costos de reparación y repuestos empleados en el mantenimiento de averías

En la tabla 40 se muestra un costo total de S/. 49 148 por repuestos y contratar a un técnico que pueda solucionar las fallas de las maquinas durante el proceso de producción. (Anexo 1)

Tabla 40. Costo de mano de obra externa y repuestos de mantenimiento en el 2018

Mes	Costo de Mano de Obra (S/.)	Costo de Repuestos (S/.)	Total (S/.)
Enero	2 340	1 903	4 243
Febrero	2 990	1 495	4 485
Marzo	2 200	1 669	3 869
Abril	2 320	1 729	4 049
Mayo	2 280	1 858	4 138
Junio	2 740	1 999	4 739
Julio	2 190	1 435	3 625
Agosto	2 470	1 948	3 418
Setiembre	2 980	1 684	3 664
Octubre	2 880	1 482	4 362
Noviembre	2 910	1 158	4 068
Diciembre	2 631	1 857	4 488
	Total		49 148

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Elevador de cangilones 1 durante la temporada 2018 fue de S/. 4 640.

Tabla 41. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 1

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Cadena central de 13 mm	180	5	900
Chumacera tipo puente	350	4	1 400
Costo de mano de obra		2 340	2 340
	Total		4 640

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Zaranda Pre-limpia durante la temporada 2018 fue de S/. 5 179,5.

Tabla 42. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la zaranda pre-limpia

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Tornillo de 18 mm	70	5	350
Lubricación	30	2	60
Eje	110	5	550
Fajas	70	3	210
Cables de alimentación	75,7	5	378,5
Costo de mano de obra		3 631	3 631
	Total		5 179,5

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Vibradora durante la temporada 2018 fue de S/. 5 183,6

Tabla 43. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la Vibradora

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Rodamientos	70	2	140
Malla de acero 3/8	67	4	268
Lubricación	30	6	180
Contactora 18 ^a	75,7	8	605,6
Costo de mano de obra		3 990	3 990
	Total		5 183,6

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Zaranda Vaivén 1 durante la temporada 2018 fue de S/. 3 890

Tabla 44. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la zaranda vaivén

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Tornillo de 18 mm	70	2	140
Lubricación	30	4	120
Fajas	70	4	280
Costo de mano de obra		3 350	3 350
	Total		3 890

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Gravimétrica 1 durante la temporada 2018 fue de S/. 5 614,2.

Tabla 45. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la gravimétrica 1

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Tornillos de 20 mm	70	4	280
Lubricación	30	4	120
Chumacera	350	3	1050
Fajas	70	3	210
Contactador 18 A	75,7	6	454,2
Costo de mano de obra		3 500	3 500
	Total		5 614,2

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Gravimétrica 2 durante la temporada 2018 fue de S/. 5 744

Tabla 46. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la gravimétrica 2

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Tornillos de 20 mm	70	4	280
Lubricación	30	1	60
Chumacera	350	4	1 400
Rodamiento 6201 ZZ	37	1	74
Costo de mano de obra		3 930	3 930
	Total		5 744

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Elevador de cangilones 2 durante la temporada 2018 fue de S/. 4 940.

Tabla 47. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 2

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Cadena central de 13 mm	180	2	540
Chumacera tipo puente	350	4	1 400
Costo de mano de obra		3 000	3 000
	Total		4 940

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Elevador de cangilones 3 durante la temporada 2018 fue de S/. 4 130.

Tabla 48. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 3

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Cadena central de 13 mm	180	5	900
Lubricación	30	1	60
Costo de mano de obra		3 170	2 350
	Total		4 130

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Molino de Martillos 2 durante la temporada 2018 fue de S/. 4 880.

Tabla 49. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del molino de martillos 2

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Rodamientos	70	2	140
Cribas	420	2	840
Correa de transmisión	35	1	70
Poleas tipo 19 mm	380	2	760
Lubricación	30	2	60
Eje	110	3	330
Rodamiento 6202 ZZ	40	1	40
Costo de mano de obra		2 610	2 610
	Total		4 880

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Elevador de cangilones 4 durante la temporada 2018 fue de S/. 1 840.

Tabla 50. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo del elevador de cangilones 4

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Cadena central de 13 mm	180	3	540
Lubricación	30	5	150
Costo de mano de obra		2 346	2 346
	Total		1 840

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

- Los costos de repuestos en el mantenimiento correctivo de la máquina Clasificadora durante la temporada 2018 fue de S/. 1 909,8.

Tabla 51. Costo de trabajo de mantenimiento correctivo de la Clasificadora

Descripción del costo	Costo de intervención (S/.)	N° de intervenciones	Total (S/.)
Malla de acero ½	67	1	67
Lubricación	30	3	90
Contactador 18 ^a	75.7	4	302,8
Costo de mano de obra		1 450	1 450
	Total		1 909,8

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.9. Análisis de los indicadores de gestión de mantenimiento

La empresa Molino´s Aldur S.A.C trabaja 10 horas al día, por tanto, en la temporada 2018 el tiempo total programado de producción fue de 2 400 horas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 52. Tiempo programado de producción en la temporada 2018

Meses	Días	Tiempo programado (h)
Enero	22	220
Febrero	20	200
Marzo	22	220
Abril	21	210
Mayo	19	190
Junio	22	220
Julio	18	180
Agosto	18	180
Setiembre	22	220
Octubre	19	190
Noviembre	19	190
Diciembre	18	180
Total	240	2400

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.1.9.1. Tiempo promedio operativo hasta el fallo-MTTF (Confiabilidad)

Para su determinación se consideró el tiempo total operativo (se obtiene de la diferencia del tiempo total de producción programado y el tiempo total en reparar) y el número de averías ocurridas en máquina durante el periodo de análisis.

De igual forma se determinó el MTTF de forma global, para ello se consideró el tiempo total de producción programado y el número de averías ocurridas durante la temporada de análisis.

$$\text{MTTF} = \text{TIEMPO OPERATIVO} / n$$

$$\text{MTTF} = (2400 - 356,8) / 160$$

$$\text{MTTF} = 12,77 \text{ h}$$

Esto significa que cada 12,77 h se produce una avería.

Tabla 53. Fiabilidad de cada temporada de abril-diciembre 2018

EQUIPO	Tiempo programado	N° PAROS	HORAS	MTTF
Molino de martillos 1		28	61.3	83.53
Molino de martillos 2		13	30,42	182.28
Gravimétrica 1		20	47.0	117.65
Gravimétrica 2		12	30,65	297.04
Elevador de Cangilones 1		9	18,58	264.60
Elevador de Cangilones 2		6	16,5	397.25
Elevador de Cangilones 3	2400	6	23	396.17
Elevador de Cangilones 4		8	18,1	297.74
Clasificadora		7	13	216.36
Vibradora		20	27,75	118.61
Zaranda Vaivén		10	17,25	238.28
Zaranda pre-limpia		21	53,25	111.75
TOTAL	2400	160	356.8	12.77

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.1.9.2. Tiempo promedio fuera de servicio-MDT (Mantenibilidad)

Para su determinación se consideraron el tiempo total improductivo y/o en reparar y el número de averías ocurridas en cada máquina.

Tabla 54. MDT – Mantenibilidad de cada máquina en la temporada 2018

EQUIPO	N° PAROS	HORAS	MTTR
Molino de martillos 1	28	61,3	2,18
Molino de martillos 2	13	30,42	2,34
Gravimétrica 1	20	47,0	2,35
Gravimétrica 2	12	30,65	2,95
Elevador de Cangilones 1	9	18,58	2,06
Elevador de Cangilones 2	6	16,5	2,75
Elevador de Cangilones 3	6	23	3,83
Elevador de Cangilones 4	8	18,1	2,26
Clasificadora	7	13	1,81
Vibradora	20	27,75	1,38
Zaranda Vaivén	10	17,25	1,72
Zaranda pre-limpia	21	53,25	2,53
TOTAL	160	356,8	2,23

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Así mismo se determinó el tiempo en reparar una avería (MDT) de forma global, para ello se consideró el tiempo total improductivo y/o en reparar, y el número de averías ocurridas.

$$MTTR = \text{TIEMPO DE REPARAR} / n \quad MTTR = 356,8 / 160$$

$$MTTR = 2,23 \text{ h}$$

Esto significa que existe un promedio de 2,23 h de reparación por avería.

3.1.9.3. Disponibilidad

Para obtener la disponibilidad se dividió la diferencia del total de horas programadas (tabla 54) menos el total de horas de parada (tabla 54), entre el total de horas, como se muestra a continuación:

$$D = (\text{total de horas programadas} - \text{total de horas de parada}) * 100 / \text{total de horas programadas}$$

$$D = (1700 - 356,8) * 100 / 1700$$

$$D = 79,011\%$$

Por lo tanto, la disponibilidad de las máquinas del proceso productivo en la temporada 2018 fue de 79,011 %, lo cual significa que la planta en general no es confiable a un alto grado y consta de una oportunidad de mejora.

Esta disponibilidad actual de acuerdo a lo expuesto en Emerson Process Management y por tratarse de una producción Batch o por lotes, se encuentra en el 3er cuartil, por lo que la mejora lo ubicaría en el 2do cuartil (80% a 90%) o en el mejor cuartil (Superior a 90%, ver tabla 2).

3.1.10. Análisis de la implicancia económica actual

3.1.10.1. Precio de venta del producto maíz amarillo partido

En la tabla 55, se muestran le precio de venta de los productos más frecuentes, teniendo como producto final en sacos, que contiene 50 kg cada saco de maíz amarillo partido.

Tabla 55. Valor comercial para una unidad de producto terminado en el año 2018

Producto	Unidad	Precio de venta (S/.)	
	1/2	Quintal	65
Maíz amarillo partido	3/4	Quintal	65
	3/8	Quintal	65
Granulado		Quintal	62
Harina		Quintal	63

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.1.10.2. Producción diaria

Para calcular la producción diaria, se tomó el tiempo de la etapa de la clasificación por gravimétrica, siendo esta el cuello de botella con un tiempo de 1 minuto por saco, y las 10 horas que se trabajan por día.

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{tiempo base}}{\text{tiempo ciclo}}$$

$$\text{Producción diaria} = \frac{720 \text{ min/día}}{1 \text{ saco/min}}$$

$$\text{Producción diaria} = 720 \text{ sacos/día}$$

3.1.10.3. Costo de producción

A continuación, se muestra el cálculo del costo variable unitario o por saco, tomando en cuenta los materiales directos e indirectos para la elaboración de maíz amarillo partido.

Tabla 56. Costo variable unitario de producto terminado en el año 2018

Materiales directos	Unidad de Compra	Cantidad	Costo/unidad de compra (S/.)	Cantidad requerida /lote	Índice de consumo	Total (S/.)
Materia Prima	Kg	40 000	41 600	55,56	0,0014	57,8
Materiales Indirectos						
Sacos	Unidad	720	276	1	0,0017	0,5
Agujas	Unidad	1	7	1	0,0020	0,01
Hilos	G	417	16	1.43	0,0034	0,1
Energía Eléctrica	kW.h/día	236,85	125	2,53	0,0107	1,3
Total						59,6

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.10.4. Costo de producción

En la tabla 57 se calcula el costo variable unitario en la empresa en cuanto a insumos para producir una unidad de producto terminado, se clasifico en materiales directos, que incluye el costo de materia prima por unidad, que equivale a S/.57,8 soles, e indirectos, teniendo al consumo diario de energía eléctrica, que equivale a 236,85 kWh/día. El costo variable por unidad tiene un valor de S/. 59,6 soles.

Tabla 57. Costo de mano de obra por unidad en el año 2018

Personal	Nº	Costo mensual (S/.)	Horas trabajadas/día	Costo de MO/hora (S/.)	Costo de MO/unidad (S/.)
Jefe de Planta	1	3000	10	15	0,21
Operarios	13	1000	10	65	0,9
Total					1,1

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

En la tabla 57, se muestra a los operarios encargados de la producción teniendo un sueldo S/. 1 000,00 soles mensuales, a excepción del jefe de planta que gana S/. 3 000,00 soles mensuales; trabajan 12 horas diarias de lunes a sábado. Se determinó el costo de mano de obra por unidad, siendo equivalente a S/. 1,1 soles.

Para determinar los costos de producción unitario en la empresa se tomaron en cuenta los costos variables unitario (materiales directos e indirectos), y los costos de mano de obra por unidad (jefe de planta y operarios). Estos datos fueron obtenidos mediante la entrevista con el representante de la empresa.

Tabla 58. Costo de producción por unidad en el 2018

Costo	Costo /unidad (S/.)
Costo variable unitario	59,6
Costo en M.O	1,1
Total	60,7

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.10.5. Utilidad percibida por unidad

Tomando en cuenta el costo de producción unitario obtenido en la tabla 59 y el precio de venta brindado por el representante de la empresa, se determinó la utilidad que genera la empresa por unidad, siendo para el maíz partido S/ 4,3 soles.

Tabla 59. Utilidad percibida por unidad producida de maíz amarillo partido

Productos		Precio de Venta (S/.)	Costo de Producción (S/.)	Utilidad (S/.)
Maíz amarillo partido	1/2	65	60,7	4,3
	3/4	65	60,7	4,3
	3/8	65	60,7	4,3
Granulado		62	60,7	1,3
Harina		63	60,7	2,3

Fuente: Molinos Aldur S.A.C

3.1.10.6. Producción de la empresa

En la tabla 60 se muestra la producción de maíz amarillo duro y sus derivados durante los meses de enero a diciembre, donde se alcanzó mayor producción es el mes de junio con 860 600 kg de maíz. Los productos con mayor participación en la empresa son el maíz amarillo de 1/2, maíz amarillo de 3/4 y maíz amarillo de 3/8.

Tabla 60. Total de sacos producidos en los periodos de Enero-Diciembre 2018

Mes	Maíz amarillo duro			Harina		Granulado		Producción Total (sacos)	Producción total (kg)	Ventas (S/.)	Costos de producción (S/.)	Utilidad percibida (S/.)	
	Sacos			S/.	Sacos	S/.	Sacos						S/.
	1/2	3/4	3/8										
Enero	5330	2158	2782	667550	2548	160524	1924	119288	14742	737100	947362	894839,4	52522,6
Febrero	4776	1872	2352	585000	2376	149688	1800	111600	13176	658800	846288	799783,2	46504,8
Marzo	4941	2187	2538	628290	2619	164997	1971	122202	14256	712800	915489	865339,2	50149,8
Abril	6950	2325	2725	780000	2500	157500	1875	116250	16375	818750	1053750	993962,5	59787,5
Mayo	6345	2781	2673	766935	2646	166698	1971	122202	16416	820800	1055835	996451,2	59383,8
Junio	7150	2522	2860	814580	2574	162162	2106	130572	17212	860600	1107314	1044768,4	62545,6
Julio	6838	2990	2782	819650	2730	171990	1794	111228	17134	856700	1102868	1040033,8	62834,2
Agosto	6318	3456	2565	802035	2619	164997	2241	138942	17199	859950	1105974	1043979,3	61994,7
Septiembre	6625	2550	2575	763750	2400	151200	1975	122450	16125	806250	1037400	978787,5	58612,5
Octubre	5751	2538	2781	719550	2700	170100	2160	133920	15930	796500	1023570	966951	56619
Noviembre	5408	2314	2522	665860	2496	157248	2002	124124	14742	737100	947232	894839,4	52392,6
Diciembre	4896	2184	2496	622440	2304	145152	1824	113088	13704	685200	880680	831832,8	48847,2
Total	71328	29877	31651	8635640	30512	1922256	23643	1465866	187011	9350550	12023762	11351567,7	672194,3

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C.

3.1.10.7.Eficiencia de la materia prima

En la tabla 61 se muestra la eficiencia del maíz amarillo entero, mostrando un rango entre 90-98% entre los meses de enero a diciembre del 2018.

De acuerdo a un análisis hecho por la empresa Granel S.A., nos indica que las mermas generadas en la molienda de maíz son del 0,61 %, (anexo 2) por ellos se realizó un análisis de la eficiencia física, debido a que el jefe de planta comunico que se está perdiendo entre el 2 %-10% de maíz amarillo duro, debido a las fajas rotas, o la mallas de las maquinas, perdiendo materia prima, dando como causa una perdida monetaria de S/. 1 238 047 soles y una utilidad no percibida de S/ 74 541,86.

Tabla 61. Eficiencia y utilidad no percibida de Materia Prima en temporada 2018

Mes	Maíz amarillo entero (kg)	Maíz amarillo partido (kg)	Eficiencia (%)	Mermas (%)	Perdidas en sacos	Perdida monetaria (S/.)	Utilidad no percibida	Causa
Enero	773955	737 100	95%	5%	737.1	44594.55	3169.53	
Febrero	678564	658 800	97%	3%	395.28	23914.44	1699.704	
Marzo	734184	712 800	97%	3%	427.68	25874.64	1839.024	
Abril	835125	818 750	98%	2%	327.5	19813.75	1408.25	
Mayo	829008	820 800	99%	1%	164.16	9931.68	705.888	
Junio	877812	860 600	98%	2%	344.24	20826.52	1480.232	
Julio	865267	856 700	99%	1%	171.34	10366.07	736.762	Fallas de las máquinas
Agosto	868549.5	859 950	99%	1%	171.99	10405.395	739.557	
Septiembre	814312.5	806 250	99%	1%	161.25	9755.625	693.375	
Octubre	812430	796 500	98%	2%	318.6	19275.3	1369.98	
Noviembre	759213	737 100	97%	3%	442.26	26756.73	1901.718	
Diciembre	719460	685 200	95%	5%	685.2	41454.6	2946.36	
Total	9567880	9 350 550			4346.6	262969.3	18690.38	

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.10.8. Costos de mano de obra inoperativa

Los tiempos de parada de las máquinas afectan el proceso productivo ya que deja de producir y genera pérdidas. Como se muestra en la tabla 62 el personal en las horas paradas se convierte en mano de obra inoperativa, que equivale a S/. 18 575,01 soles de pérdida monetaria.

Tabla 62. Costo total de mano de obra inoperativa

Mes	Personal	Cantidad	Costo de M.O	Horas paradas	Costo total por mano de obra (S/.)
Enero	Jefe de Planta	1	15	37,67	565.05
	Operarios	12	5		2260.2
Febrero	Jefe de Planta	1	15	22,08	331.2
	Operarios	12	5		1324.8
Marzo	Jefe de Planta	1	15	24,67	370.05
	Operarios	12	5		1480.2
Abril	Jefe de Planta	1	15	25.58	383.7
	Operarios	12	5		1534.8
Mayo	Jefe de Planta	1	15	25, 25	378.75
	Operarios	12	5		1515
Junio	Jefe de Planta	1	15	36,25	543.75
	Operarios	12	5		2175
Julio	Jefe de Planta	1	15	28,75	431.25
	Operarios	12	5		1725
Agosto	Jefe de Planta	1	15	24,30	364.5
	Operarios	12	5		1458
Septiembre	Jefe de Planta	1	15	28	420
	Operarios	12	5		1680
Octubre	Jefe de Planta	1	15	34	510
	Operarios	12	5		2040
Noviembre	Jefe de Planta	1	15	34,75	521.25
	Operarios	12	5		2085
Diciembre	Jefe de Planta	1	15	35,50	532.5
	Operarios	12	5		2130
Total				356.8	26 760

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.1.10.9. Sacos no procesados

Para determinar los sacos de maíz amarillo partido no procesados, se tomó en cuenta las horas paradas por la capacidad máxima que se produce por día en los meses abril a septiembre del 2018. De acuerdo al jefe de planta por cada 500 sacos de maíz amarillo partido, se obtiene 100 sacos de harina y 70 sacos de granulado; también se calculó la utilidad no percibida como se muestra en la tabla 63.

Tabla 63. Sacos no procesados por horas paradas en los meses enero-diciembre 2018

Meses	Horas paradas	Sacos no procesados			Utilidad no percibida
		Maíz partido (1/2,3/4 y 3/8)	Harina	Granulado	
Enero	37.67	2712.24	542.448	379.7136	13403.8901
Febrero	22.08	1589.76	317.952	222.5664	7856.59392
Marzo	24.67	1776.24	355.248	248.6736	8778.17808
Abril	25.58	1841.76	368.352	257.8464	9101.97792
Mayo	25.25	1818	363.6	254.52	8984.556
Junio	36.25	2610	522	365.4	12898.62
Julio	28.75	2070	414	289.8	10229.94
Agosto	24.3	1749.6	349.92	244.944	8646.5232
Setiembre	28	2016	403.2	282.24	9963.072
Octubre	34	2448	489.6	342.72	12098.016
Noviembre	34.75	2502	500.4	350.28	12364.884
Diciembre	35.5	2556	511.2	357.84	12631.752
TOTAL	356.8	25689.6	5137.92	3596.544	126958.003

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

En la tabla 64 se muestra los resultados de las pérdidas económicas de las tablas anteriores. La cual ha dejado un total de S/.164 222,733 soles en los meses de enero a diciembre del 2018.

Tabla 64. Resultado de las pérdidas económicas de enero-diciembre del 2018

Resultado	Valor (S/.)
Pérdidas económicas por costo de mano de obra inactiva	26 760
Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas	Horas paradas Perdida de M.P
	126 958,003 18 690,38
TOTAL	172 408,38

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Entonces el porcentaje que representa las pérdidas económicas con respecto a las utilidades más altas obtenidas en el mes de julio de la empresa (tabla 60) es de 25,64 %

$$\text{Porcentaje de pérdidas económica} = \frac{172\,408,383}{672\,194.3} * 100$$

$$\text{Porcentaje de pérdidas económica} = 25,64 \%$$

Se determinó las pérdidas económicas generadas por cada máquina, como se muestra a continuación:

Tabla 65. Resumen de pérdidas económicas por máquina en el periodo 2018

Máquina	Tiempo de parada	Total no producido	Utilidad no percibida	Pérdida en M.O inactiva	Pérdida de M.P	Total de pérdida
Molino de martillos 1	61.3	5811.24	21812.0112	4597.5		26409.51
Molino de martillos 2	30.42	2883.816	10824.16608	2281.5		13105.66
Gravimétrica 1	47	4455.6	16723.728	3525	5236.22	25484.9
Gravimétrica 2	30.65	2905.62	10906.0056	2298.75	5588.18	18792.93
Elevador de Cangilones 1	18.58	1761.384	6611.20992	1393.5		8004.70
Elevador de Cangilones 2	16.5	1564.2	5871.096	1237.5		7108.59
Elevador de Cangilones 3	23	2180.4	8183.952	1725		9908.95
Elevador de Cangilones 4	18.1	1715.88	6440.4144	1357.5		7797.91
Clasificadora	13	1232.4	4625.712	975		5600.71
Vibradora	27.75	2630.7	9874.116	2081.25	4237.68	16193.04
Zaranda Vaivén	17.25	1635.3	6137.964	1293.75		7431.71
Zaranda Pre-limpia	53.25	5048.1	18947.628	3993.75	3628.3	26569.67
TOTAL		33824.64	126958.0032	26760	18690.38	172408.38

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Se empieza a realizar la investigación con el fin de incrementar la disponibilidad de las máquinas, la productividad de la producción y de tal forma lograr disminuir las pérdidas económicas que son generadas por utilizar un mantenimiento correctivo en la empresa.

3.1.11. Porcentaje de Costo del Mantenimiento Correctivo con respecto a las pérdidas económicas

Para calcular el porcentaje que representa el mantenimiento correctivo en relación a las pérdidas económicas necesita dividir el Costo total del mantenimiento correctivo (Tabla 60) y las pérdidas económicas (Tabla 65).

$$\text{Porcentaje de Mantenimiento Correctivo} = \frac{49\,148}{172\,408,383} * 100$$

$$\text{Porcentaje de Mantenimiento correctivo} = 28,51 \%$$

Del resultado obtenido nos muestra que la empresa en la actualidad invierte en mantenimiento correctivo que representa el 28,51% con respecto a las pérdidas económicas obtenidas en el mes de julio de la empresa (tabla 41).

3.1.12. Evaluación de la eficiencia económica actual

Para calcular la eficiencia económica se necesita dividir los ingresos entre los egresos, en este caso los costos de producción (hallado en la tabla 61) para 1 saco producido es de S/. 60,7 y el precio de venta por cada saco es de S/. 65.

$$Eec = \frac{65 \text{ soles /saco}}{60,7 \text{ soles /saco}}$$

$$Eec = 1,07$$

Del resultado obtenido nos muestra que la empresa en la actualidad debe ganar S/. 0,07 soles por cada sol que invierte.

Por otra parte, la eficiencia económica se ve afectada negativamente a causa del costo de producción que aumenta por invertir en los costos de mano de obra inactiva y la pérdida de materia prima, esto genera que el costo de producción unitario aumente en promedio a S/.67,42 como se muestra a continuación:

Tabla 66. Incremento del costo de producción unitario

Mes	Producción real (sacos)	Costo inicial (S/.)	Costo M.O inactiva (S/.)	Costo en pérdida de M.P (S/.)	Costo de producción incrementado (S/.)	Costo incrementado unitario (S/.)
Enero	14742	894839.4	2825.25	44594.55	941395.04	63.92
Febrero	13176	799783.2	1656	23914.44	824847.12	62.64
Marzo	14256	865339.2	1850.25	25874.64	892498.17	62.64
Abril	16375	993962.5	1918.5	19813.75	1015107.94	62.03
Mayo	16416	996451.2	1893.75	9931.68	1007697.4	61.42
Junio	17212	1044768.4	2718.75	20826.52	1067482.1	62.07
Julio	17134	1040033.8	2156.25	10366.07	1051896.6	61.43
Agosto	17199	1043979.3	1822.5	10405.395	1055649.755	61.41
Setiembre	16125	978787.5	2100	9755.625	990000.805	61.44
Octubre	15930	966951	2550	19275.3	987996.34	62.07
Noviembre	14742	894839.4	2606.25	26756.73	923405.22	62.69
Diciembre	13704	831832.8	2662.5	41454.6	875135.53	63.92
Total	187011	11351567.7	26760	262969.3	11633112.02	62.31

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Con el costo de producción unitario incrementado, se calculó la eficiencia económica real de la empresa.

$$Eec = \frac{65 \text{ soles /saco}}{62,31 \text{ soles /saco}}$$

$$Eec = 1,043$$

Del resultado obtenido nos muestra que la empresa durante el periodo 2018 ganó S/. 0.043 por cada sol que invirtió durante esta temporada, lo cual significa que alcanzó solo el 61,42 % de la eficiencia económica idónea.

En esta investigación se busca mejorar mediante la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento a un 100 % o un aproximado a este porcentaje de eficiencia económica.

3.1.13. Resumen de indicadores

En la siguiente tabla se presentan los indicadores evaluados en la empresa Molino´s Aldur S.A.C durante la temporada 2018.

Tabla 67. Resumen de indicadores

Descripción	Indicador	Objetivo
Confiabilidad	12,77 horas hasta que ocurra el fallo.	Incrementar la vida útil de las máquinas
Mantenibilidad	2.23 horas promedio fuera de servicio	Reducir el tiempo de reparación
Disponibilidad	79 %	Incrementar la disponibilidad de las máquinas
Tiempo total de inactividad anuales – horas de parada	356,8	Reducir tiempo de parada
Porcentaje de las utilidades no percibidas respecto a las utilidades percibidas	25,64 %	Disminuir el porcentaje de la utilidades no percibidas
Eficiencia económica	61,42 %	Incrementar la eficiencia económica
Pérdida económica	S/. 172 408,38	Disminuir el valor de las pérdidas económicas

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.2. PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

3.2.1. Estructura de la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento

En el sistema de gestión de mantenimiento se requieren de una serie de actividades que deban dirigir y controlar el proceso de mantenimiento preventivo; como lo establece la norma ISO 9001:2015, en sus lineamientos para ser diseñado. Este proceso se le realizará seguimiento continuo mediante la evaluación de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia económica antes y después de la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

Tabla 68. Sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Molino's Aldur S.A.C
Sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Molino's Aldur S.A.C

Etapa	Actividades específicas	Producto acreditable
Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Situación actual: - Diagnóstico de la producción - Diagnóstico de fallos y averías - Evaluación de los indicadores de mantenimiento e indicadores de eficiencia económica actuales - Establecer la política de mantenimiento. - Definición del objetivo de mantenimiento - Evaluación de indicadores. 	Informe de Diagnóstico
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración del plan y cronograma de mantenimiento por máquinas y asignación de actividades en base a la metodología Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). - Elaboración de Manual de Operaciones y Funciones para los operarios del área de mantenimiento (MOF) - Elaboración de programas de capacitación al personal de mantenimiento. - Determinar el Costo/beneficio de la propuesta. 	Documentos y registros
Sociabilización	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación del diseño de sistema de gestión de manera participativa y capacitaciones. 	Registro de asistencias
Implementación o lanzamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecutar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo (en caso de implementarse). 	Actas de implementación e informes.
Verificación	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar auditoría internas para seguir mejorando continuamente (en caso de implementarse). 	Informe de Auditoría
Mejora continua	<ul style="list-style-type: none"> - Acciones correctivas y planteamiento de mejora (en caso de implementarse) 	Plan de mejora

Fuente: Norma ISO 9001:2015

3.2.2. Diseño del sistema de gestión

3.2.2.1. Política de mantenimiento

La política se elaboró de acuerdo a la estructura ISO 9001-2015:

“Lograr la excelencia empresarial mediante el proceso de brindar y conservar la eficiencia más elevada en la implementación y aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Molino’s Aldur S.A.C., para incrementar a niveles óptimos la disponibilidad y confiabilidad de sus máquinas; ofrecer mejores condiciones laborales y lograr la mejora continua”.

3.2.2.2. Objetivos de mantenimiento

Para cumplir con la Política de mantenimiento se definieron los siguientes objetivos en base a la ISO 9001-2015:

- Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las maquinas mediante el uso adecuado de estrategias de mantenimiento.
- Conservar y mantener los componentes y fomentar la autorrealización del personal de mantenimiento mediante capacitaciones.
- Elaborar procedimientos de actividades de mantenimiento para mejorar su desempeño.
- Cumplir con las actividades establecidas en los planes de mantenimiento.

3.2.3. Planificación del programa del sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM

La elaboración de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento se realizó mediante la herramienta Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM), por ello se elaboran actividades que son de mucha importancia ya que permiten administrar información anticipada a la hora de elaborar el plan de mantenimiento, estas son:

- Elaborar un inventario de las maquinas operativas y su codificación.
- Calcular el nivel de criticidad de las máquinas operativas.
- Elaborar y analizar el diagrama de Pareto para favorecer a las máquinas de mayor criticidad y que generan mayores problemas.
- Elaborar el árbol de fallas de las máquinas con mayor criticidad.
- Elaborar el método de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para analizar causas potenciales de los fallos por cada máquina, plantear las actividades de solución, asignar responsables de acuerdo a las actividades y así mismo determinar el número de prioridad de riesgo (NPR).

- Elaborar una mejora de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para ver la reducción del NPR por máquina.
- Elaborar hojas de decisiones por máquinas, designando las tareas a realizar, los responsables y la frecuencia para realizar las tareas propuestas.
- Con el desarrollo de las actividades mencionadas, se empezará a elaborar el plan y el cronograma de mantenimiento para las máquinas.

Así mismo, se calcularán los nuevos indicadores de mantenimiento y finalmente se elaborarán los manuales de mantenimiento preventivo y manual de organización y funciones (MOF) para el personal del área de mantenimiento.

3.2.4. Desarrollo del programa planificado en el sistema de Gestión de Mantenimiento

3.2.4.1. Elaboración del inventario y codificación de las máquinas operativas

La empresa no cuenta con una codificación de sus máquinas, por ello se elaboró una codificación de acuerdo al modelo de un sistema de codificación significativo según García Garrido [10], se consideran tres criterios:

- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de Máquina.
- Numero correlativo.

Tabla 69. Código para máquinas

Área	Máquina	Número correlativo

Las máquinas con las que cuenta la empresa Molino´s Aldur S.A.C para el procesamiento de maíz amarillo duro se le realizó la codificación respectiva como se en la tabla 70.

Tabla 70. Codificación de máquinas de la empresa

Máquina	Marca/modelo	Código
Elevador de cangilones 1	-	PREC01
Zaranda pre limpia	DEGMA-P250R	PRZP01
Molino de martillos 1	TALSA-MM100	PRMM01
Vibradora	-	PRVI01
zaranda vaivén	SALOMON-RO-TOP	PRZV02
Gravimétrica 1	-	PRGR01
Gravimétrica 2	-	PRGR02
Elevador de cangilones 2	-	PREC02
Elevador de cangilones 3	-	PREC03
Molino de martillos 2	TALSA-MM100	PRMM02
Elevador de cangilones 4	-	PREC04
Clasificadora	SIRCA-CVG 40-50 AC	PRCL01

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.2.4.2. Determinación del nivel de criticidad de las máquinas operativas

Se procedió a identificar cuál o cuáles de las máquinas que pertenecen al proceso de la línea de producción de maíz amarillo partido se encuentran en estado crítico, por ello se realizó un análisis de criticidad de acuerdo a los criterios expuestos en la tabla 71.

Aplicando la fórmula de criticidad:

$$\text{Criticidad o riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Para calcular la consecuencia se sumaron aquellos puntajes obtenidos de acuerdo a los criterios de impacto a la salud, seguridad personal, impacto ambiental y costos de reparación; a su vez se multiplica a la suma por el resultado de la multiplicación entre el criterio impacto operacional y flexibilidad operacional. En la tabla 73 se detallan los valores obtenidos del análisis de criticidad.

$$\text{Consecuencia} = \{(\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CR} + \text{IA} + \text{IS}\}$$

- Frecuencia de falla

La frecuencia de falla es entre 19 y 36 fallos por año, por lo que se le coloca un puntaje de 4 puntos por máquina, como se muestra en la tabla 40.

- Impacto operacional

La pérdida en la producción es entre 20 mil a 50 mil soles, por lo que se le coloca un puntaje de 3 puntos por máquina, como se muestra en la tabla 65.

- Flexibilidad operacional –MTTR

El tiempo promedio para reparar es entre 2 y 4 horas, por lo que se le coloca un puntaje de 2 puntos por máquina, como se muestra en la tabla 56.

- Costos de operación

Los costos de reparación están entre 1000 a 5000 soles, por lo que se le coloca un puntaje de 2 puntos por máquina, como se muestra en la tabla 42-53.

- Impacto ambiental

No se generan daños ambientales, ni violación de regulaciones y leyes ambientales durante el mantenimiento correctivo que se realiza a las máquinas.

- Daños al personal

No se genera daños al personal durante el mantenimiento correctivo que se realiza en las máquinas.



Tabla 71. Hoja de valoración de parámetros de criticidad de equipos en la empresa

Código de la máquina	Frecuencia de falla	Impacto operacional (soles)	Flexibilidad operacional (MTTR)	Costos de reparación (miles de soles)	Impacto ambiental	Daños al Personal	Consecuencia	Total de riesgo	Calificación de Criticidad
PREC01	2	3	2	1	2	1	10	20	Verde
PRMM02	5	4	2	3	2	3	16	80	Rojo
PRVI01	4	3	2	3	2	4	15	60	Rojo
PRMM01	5	4	2	3	2	3	16	80	Rojo
PRZV02	3	4	2	1	2	3	14	42	Amarillo
PRGR01	5	4	2	3	2	3	16	80	Rojo
PRGR02	5	4	2	3	2	3	16	80	Rojo
PREC02	2	3	2	3	2	1	12	24	Verde
PREC03	2	3	2	1	2	1	10	20	Verde
PRZP01	4	3	2	3	2	4	15	60	Rojo
PREC04	2	3	2	1	2	1	10	20	Verde
PRCL01	3	3	2	1	2	3	12	36	Amarillo

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento se centrará en las máquinas con criticidad alta, siendo estas la máquina: Zaranda pre-limpia, molino n°1, vibradora y molino n°2.

3.2.5. Diagrama de Pareto

En el gráfico 1, se aprecia la mayor concentración de criticidad según el análisis de Pareto debido a las averías en las máquinas de código PRMM01, PRMM02, PRZP01, PRVI01, PRGR01, y PRGR02, en dicha concentración las máquinas clasificadas en un nivel A representan 71% del total del nivel de criticidad, esto significa que al intervenir de modo urgente en las máquinas de este nivel, se logrará reducir el nivel de criticidad en alrededor de un 80% y la línea de producción de maíz amarillo partido se verá beneficiada de manera directa, positiva y óptima.

Tabla 72. Diagrama de Pareto de las máquinas de la línea de producción de maíz amarillo

Máquina	Puntaje	%	% Acumulado	80-20	Nivel
PRMM01	80	13%	13%	80%	A
PRMM02	80	13%	26%	80%	
PRZP01	80	13%	39%	80%	
PRVI01	80	13%	52%	80%	
PRGR01	60	10%	62%	80%	
PRGR02	60	10%	71%	80%	
PRZV02	42	9%	81%	80%	B
PRCL01	36	6%	86%	80%	
PREC02	24	4%	90%	80%	C
PREC01	20	3%	94%	80%	
PREC03	20	3%	97%	80%	
PREC04	20	3%	100%	80%	
Total	482	100%			

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C



Figura 8. Análisis de Criticidad – Pareto, planta Molino´s Aldur S.A.C.

Fuente: Molno´s Aldur S.A.C.

3.2.6. Árbol de falla

Esta herramienta es utilizada para localizar y corregir fallas; de acuerdo a las máquinas con mayor criticidad se va identificar las fallas; a continuación, se detallan los arboles de falla realizados para cada máquina crítica.

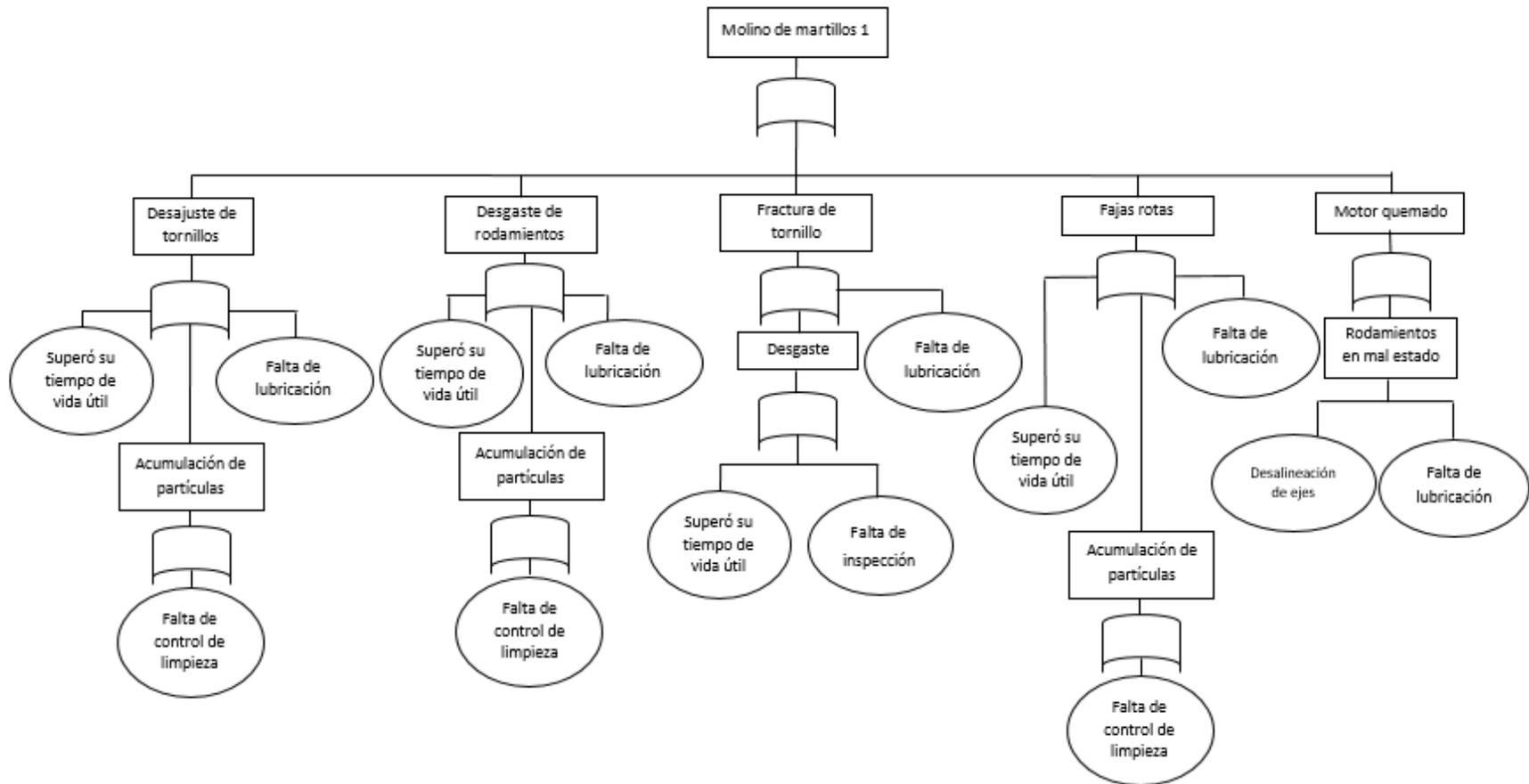


Figura 9. Árbol de fallas de la máquina de Molino de martillos 1

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

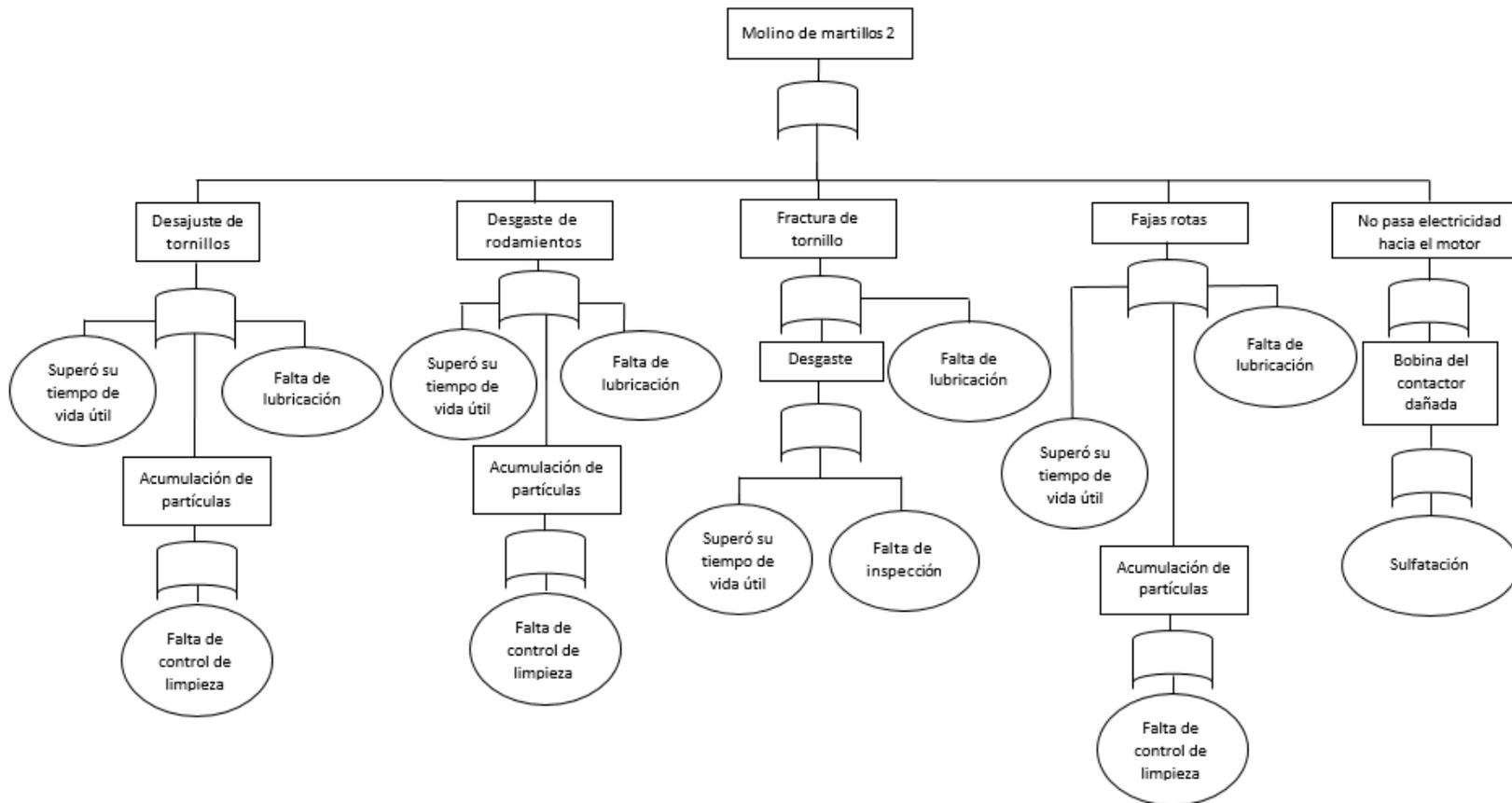


Figura 10. Árbol de fallas de la máquina de Molino de Martillos 2

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

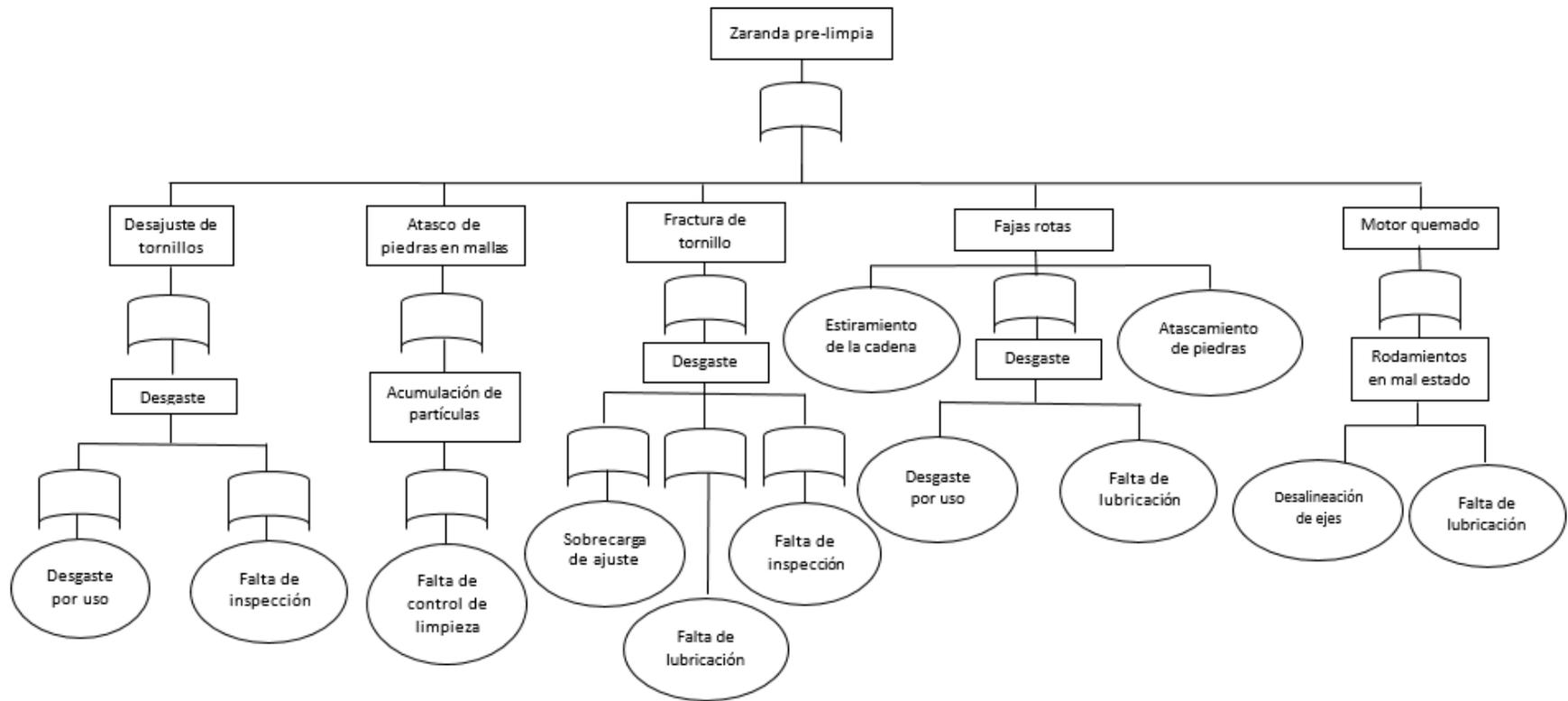


Figura 11. Árbol de fallas de la máquina de Zaranda Pre-limpia

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

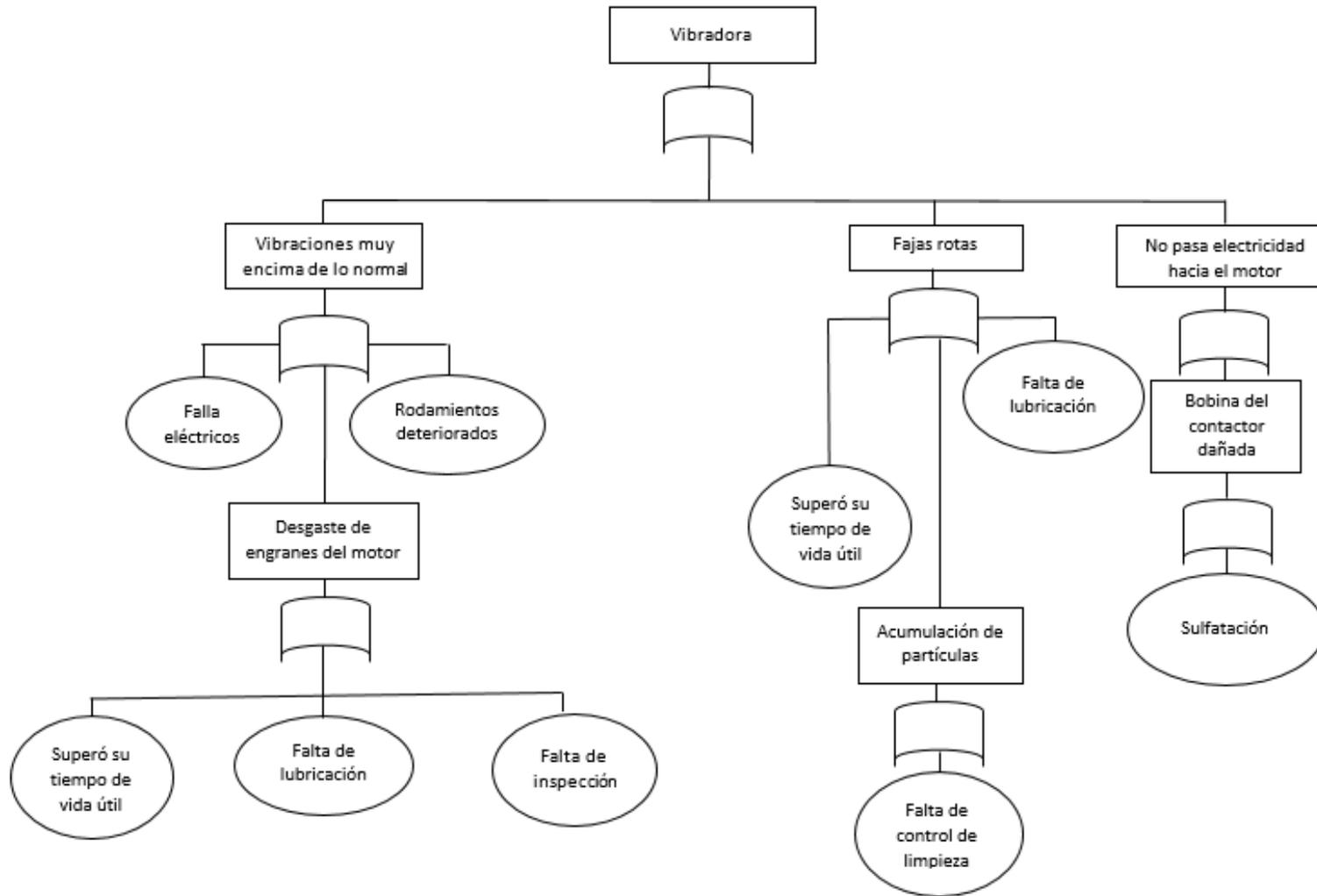


Figura 12. Árbol de fallas de la máquina de Vibradora

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

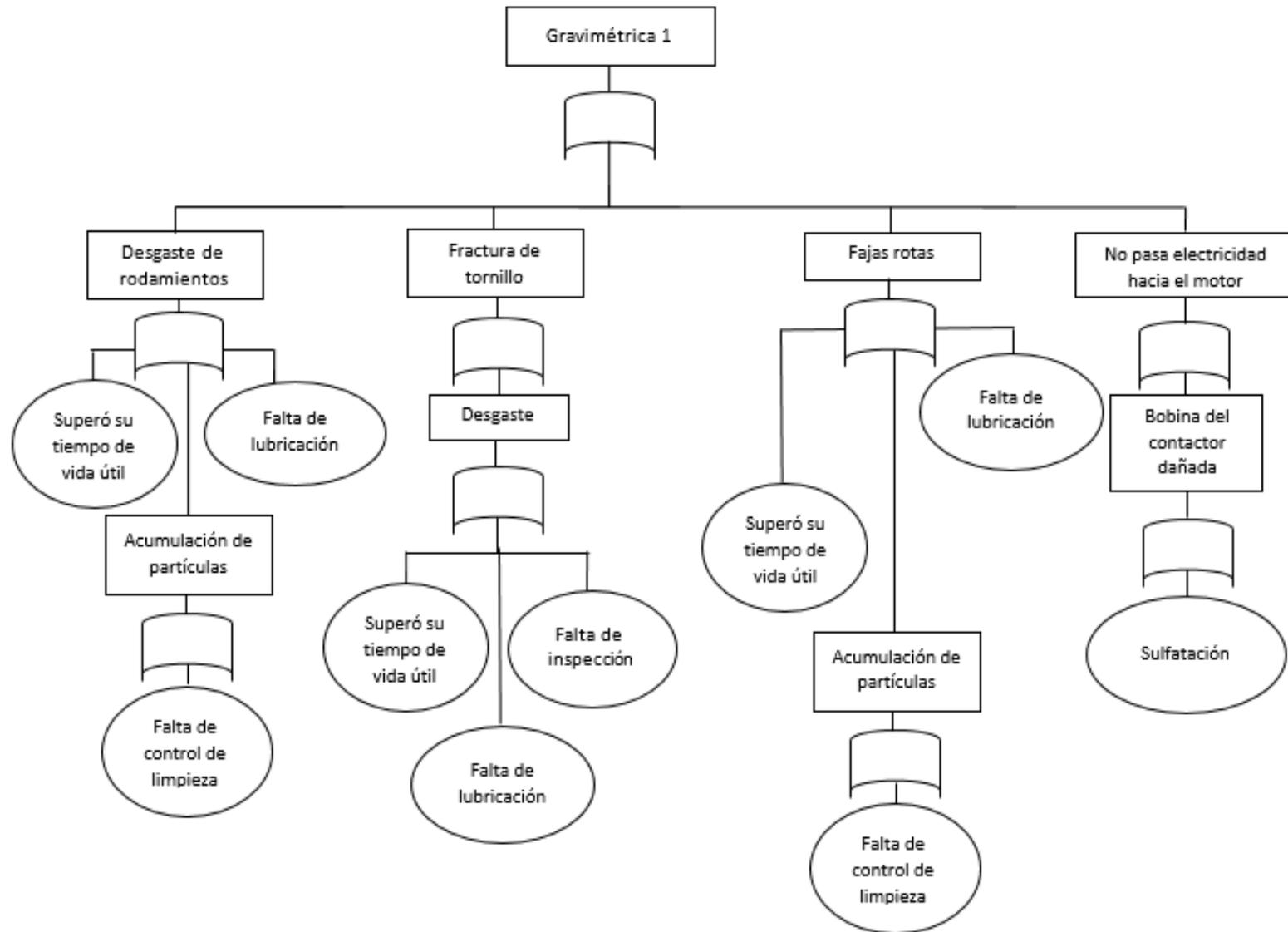


Figura 13. Árbol de fallas de la máquina de Gravimétrica 1

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

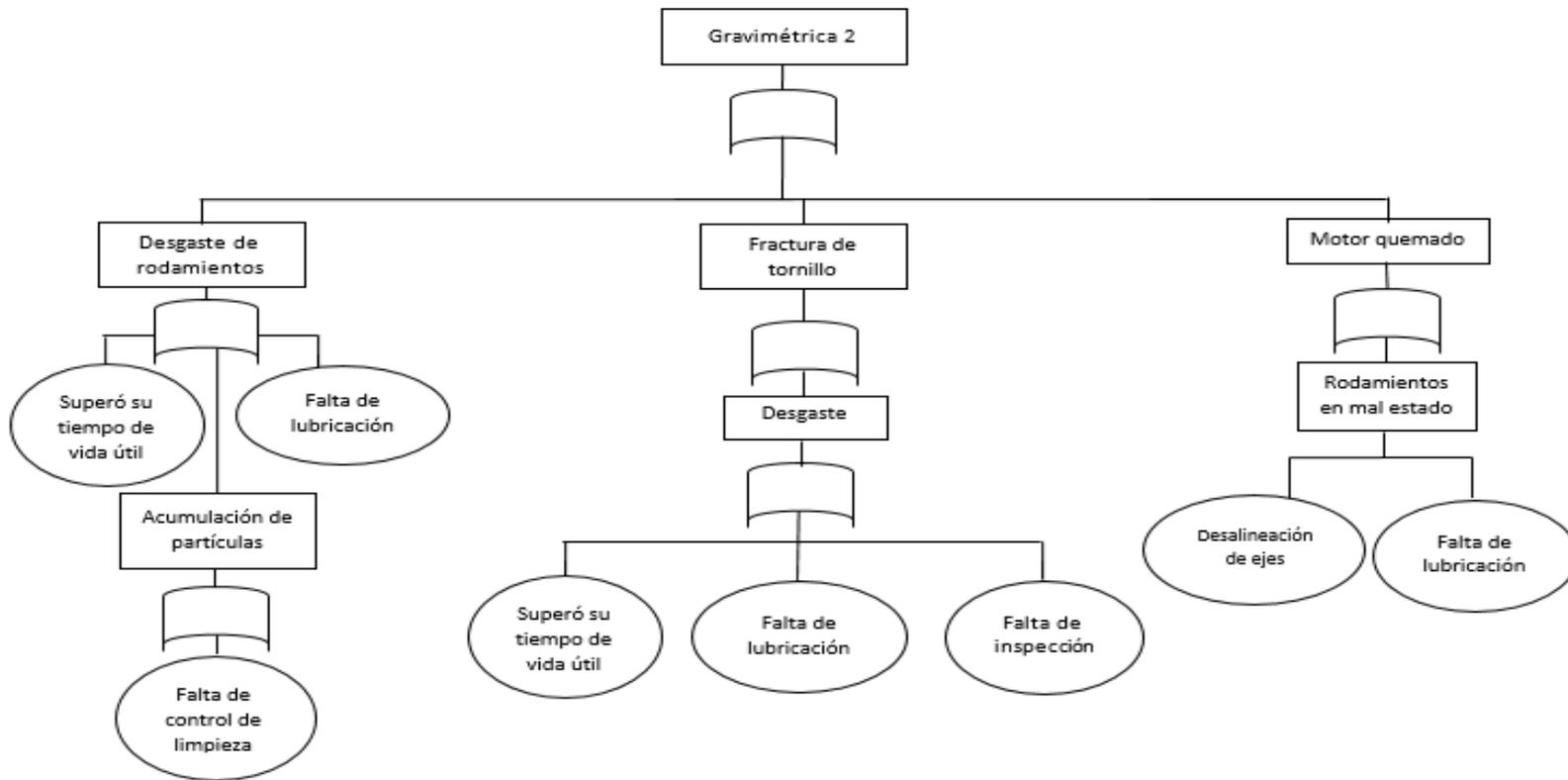


Figura 14. Árbol de fallas de la máquina de Gravimétrica 2

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.2.7. Análisis de modo efecto y falla (AMEF)

La herramienta AMEF es una metodología que identifica las fallas funcionales y sus causas potenciales, así como el modo en que se presentan. Esta información es muy valiosa para elaborar un plan de mantenimiento eficaz. A partir de la herramienta AMEF, se encontró la tasa de no producción reportada (NPR) correspondiente a cada falla. Esto nos ayuda a evaluar el impacto de las fallas en la productividad de la empresa.

Tabla 73. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Molinos de Martillo 1

Nombre de máquina: Molino de Martillos 1		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías						N° de AMEF: 1		Pág. N°1 de 2			
Función: Tritura el producto en partículas pequeñas				Aprobado por:				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	F F	Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Motor	1	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	A	Movimientos lentos y fuertes sonidos	1	Desgaste de eje	La capacidad de la máquina se reduce	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil.	9	5	7	315	Inaceptable
Correa de transmisión	1	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	B	Incapacidad de producir movimiento	1	Desgaste de correa de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	B	Incapacidad de producir movimiento	2	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Poleas	1	Permite el movimiento del molino	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Desbalance de poleas	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	9	5	7	315	Inaceptable
Cribas	1	Limpia el grano	D	No pasan las impurezas	4	Desgaste de cribas	Deficiencia de limpieza del maíz	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9	4	7	252	Inaceptable
Contactador	1	Permite el paso de la corriente Eléctrica	E	No pasa electricidad hacia el motor	5	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3	4	7	84	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 74. AMEF correctiva de la máquina Molino Martillo 1

Nombre de máquina: Molino de Martillos 1		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías				N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2		
Función: Tritura el producto en partículas pequeñas				Aprobado por:		Condiciones existentes				
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Motor	1	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil.	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar eje	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Corea de transmisión	1	Incapacidad de producir movimiento	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Cambiar correa de transmisión -Limpiar y lubricar la rutina completamente	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	2	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Poleas	3	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar poleas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Cribas	4	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de Limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar cribas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Contactora	5	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactora -Cambiar contactora	Electricista	3	1	6	18	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 75. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Molinos de Martillo 2

Nombre de máquina: Molino de Martillos 2				Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías				N° de AMEF:1				Pág. N°1 de 2	
Función: Tritura el producto en partículas pequeñas				Aprobado por:				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Eje de martillo	1	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	A	Movimientos lentos y fuertes sonidos	1	Desgaste de eje	La capacidad de la máquina se reduce	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil.	9	5	7	315	Inaceptable
Correa de transmisión	1	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	B	Incapacidad de producir movimiento	1	Desgaste de correa de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	C	Incapacidad de producir movimiento	1	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Poleas	1	Permite el movimiento del molino	D	Incapacidad de producir movimiento	3	Desbalance de poleas	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	9	5	7	315	Inaceptable
Cribas	1	Limpia el grano	E	No pasan las impurezas	4	Desgaste de cribas	Deficiencia de limpieza del maíz	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9	4	7	252	Inaceptable
Motor	1	Permite el movimiento de las poleas	E	Incapacidad de producir movimiento	5	Rodamientos en mal estado	Limita la función del motor eléctrico	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	9	5	7	315	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 76. AMEF correctiva de la máquina Molino Martillo 2

Nombre de máquina: Molino de Martillos 2		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías			N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2			
Función: Tritura el producto en partículas pequeñas			Aprobado por:		Condiciones existentes					
Componente	MF	Modo falla	Causa de fallo	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Eje de martillo	1	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil.	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar eje	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Corea de transmisión	1	Incapacidad de producir movimiento	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Cambiar correa de transmisión -Limpiar y lubricar la rutina completamente	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	1	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Poleas	1	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar poleas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Cribas	1	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de Limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar cribas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Motor	5	Rodamiento en mal estado	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	-Alineación de ejes -Limpiar y lubricar rodamientos	Electricista	7	1	6	42	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 77. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Zaranda Pre-limpia

Nombre de máquina: Zaranda Pre-limpia		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías		N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2				
Función: Sustrae la tierra, piedras y paja del producto mediante unas mallas.				Aprobado por:		Condiciones existentes				
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	GODNPR	Nuevo estado
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la Máquina	A	Cierre incompleto	1	Desajuste de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por uso y falta de inspección	9 5 7 315	Inaceptable
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la máquina	B	Cierre incompleto	2	Fracturas de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	9 4 7 252	Inaceptable
Mallas	1	Tamiza el maíz para sacar las Impurezas	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Atasco de piedras	Afecta la calidad y composición del producto	Falta de control de limpieza	3 5 7 105	Aceptable
Fajas	1	Transporta el maíz	D	Irregularidad en el funcionamiento durante el movimiento de la trasmisión	4	Fajas rotas	Fajas rotas	Estiramiento de la cadena, desgaste por uso, falta de lubricación y atascamiento de piedras	9 4 7 252	Inaceptable
Contactor	1	Permite el paso de la corriente Eléctrica	E	No pasa electricidad hacia el motor	5	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3 4 7 84	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 78. AMEF correctiva de la máquina Zaranda Pre-limpia

Nombre de máquina: Zaranda pre-limpia		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías		N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2		
Función: Sustrae la tierra, piedras y paja del producto mediante unas mallas.				Aprobado por:		Condiciones existentes		
Componente	MF	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G O D	NPR	Nuevo estado
Tornillos	1	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	-Ajustar tornillos -Inspeccionar	Mecánico	7 1 6	42	Aceptable
Tornillos	2	Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar de forma rutinaria completamente - Inspeccionar y cambiar de tornillos	Mecánico	7 1 6	42	Aceptable
Mallas	3	Atasco de piedras	Falta de control de limpieza	-Limpiar de forma rutinaria completamente	Mecánico	7 1 6	42	Aceptable
Fajas	4	Fajas de rotas	Estiramiento de la cadena, desgaste por uso, falta de lubricación y atascamiento de piedras	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar fajas	Mecánico	7 1 6	42	Aceptable
Contactador	5	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactor -Cambiar contactor	Electricista	3 1 6	18	Aceptable

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 79. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Vibradora

Nombre de máquina: Vibradora		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías				N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2					
Función: Separa las impurezas del producto mediante vibraciones.		Aprobado por:						Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Mallas	1	Vibrar para sacar impurezas	A	Movimientos rápidos y fuertes sonidos	1	Vibraciones muy encima de lo normal	La capacidad de la máquina se reduce	Falta de lubricación, falta de control de limpieza, rodamientos deteriorados, fallos eléctricos y superó su tiempo de vida útil.	9	5	7	315	Inaceptable
Mallas	1	Tamiza el maíz para sacar las impurezas	B	Incapacidad de producir movimiento	1	Atasco de piedras	Afecta la calidad y composición del Producto	Falta de control de limpieza	3	5	7	105	Aceptable
Contactador	1	Permite el paso de la corriente eléctrica	C	No pasa electricidad hacia el motor	1	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3	4	7	84	Aceptable
Motor	1	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	D			Estator	Limita la función del motor eléctrico	Limita la función del motor eléctrico	3	4	7		Aceptable

Fuente: Molinos Aldur S.A.C

Tabla 80. AMEF correctiva de la máquina Vibradora

Nombre de máquina: Vibradora		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías				N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2		
Función: Separa las impurezas del producto mediante vibraciones.			Aprobado por:			Condiciones existentes				
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Mallas	1	Vibraciones muy encima de lo normal	Falta de lubricación, falta de control de limpieza, rodamientos deteriorados, fallos eléctricos y superó su tiempo de vida útil.	-Limpiar y lubricar de forma rutinaria completamente - Inspeccionar y cambiar de mallas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Mallas	2	Atasco de piedras	Falta de control de limpieza	-Limpiar de forma rutinaria completamente	Mecánico	3	1	6	18	Aceptable
Contactador	3	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactor -Cambiar contactor	Electricista	3	1	6	18	Aceptable

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 81. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Gravimétrica 1

Nombre de máquina: Gravimétrica 1		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías		N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2				
Función: Clasifica y separa a los productos de 1/2 y 3/8 del maíz partido.				Aprobado por:		Condiciones existentes				
Componente	F	F	F	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G O D NPR	Nuevo estado	
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la Máquina	A	Cierre incompleto	1	Desajuste de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por uso y falta de inspección	9 5 7 315	Inaceptable
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la máquina	B	Cierre incompleto	2	Fracturas de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	9 4 7 252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9 4 7 252	Inaceptable
Fajas	1	Transporta el maíz	D	Irregularidad en el movimiento durante el funcionamiento de la transmisión	4	Fajas de rotas	Fajas rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9 4 7 252	Inaceptable
Contactador	1	Permite el paso de la corriente eléctrica	E	No pasa electricidad hacia el motor	5	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3 4 7 84	Aceptable

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 82. . AMEF correctiva de la máquina Gravimétrica 1

Nombre de máquina: Gravimétrica 1		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías		N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2				
Función: Clasifica y separa a los productos de 1/2 y 3/8 del maíz partido.		Aprobado por:		Condiciones existentes						
Componente	MF	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Tornillos	1	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	-Ajustar tornillos -Inspeccionar	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Tornillos	2	Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar de forma rutinaria completamente - Inspeccionar y cambiar de tornillos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	3	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Fajas	4	Fajas de rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar fajas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Contactora	5	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactor -Cambiar contactor	Electricista	3	1	6	18	Aceptable

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 83. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Gravimétrica 2

Nombre de máquina: Gravimétrica 2		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías				N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2					
Función: Clasifica y separa a los productos de 1/2 y 3/8 del maíz partido.		Aprobado por:				Condiciones existentes							
Componente	F	F Función	F Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NP R	Nuevo estado	
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la máquina	A	Cierre incompleto	1	Desajuste de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por uso y falta de inspección	9	5	7	315	Inaceptable
Tornillos	1	Sujeta y soporta las partes de la máquina	B	Cierre incompleto	2	Fracturas de tornillos	La capacidad de la máquina se reduce	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de Lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Fajas	1	Transporta el maíz	D	Irregularidad en el movimiento durante el funcionamiento de la transmisión	4	Fajas de rotas	Fajas rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9	4	7	252	Inaceptable
Contactador	1	Permite el paso de la corriente Eléctrica	E	No pasa electricidad hacia el motor	5	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3	4	7	84	Aceptable

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 84. AMEF correctiva de la máquina Gravimétrica 2

Nombre de máquina: Gravimétrica 2		Realizado por: Mónica Magdalena Acha Elías			N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2			
Función: Clasifica y separa a los productos de 1/2 y 3/8 del maíz partido.		Aprobado por:			Condiciones existentes					
Componente	MF	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Tornillos	1	Desajuste de tornillos	Desgaste por uso y falta de inspección	-Ajustar tornillos -Inspeccionar	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Tornillos	2	Fracturas de tornillos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar de forma rutinaria completamente - Inspeccionar y cambiar de tornillos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	3	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Fajas	4	Fajas de rotas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar fajas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Contactador	5	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactor -Cambiar contactor	Electricista	3	1	6	18	Aceptable

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.2.8. Hoja de decisión de R.C.M.

Finalmente, con la hoja de información obtenida del AMEF se elaboró la hoja de decisiones para establecer las actividades a realizar y la frecuencia para llevar a cabo dichas actividades por el personal idóneo de mantenimiento.

A continuación, se describen los criterios tomados en cuenta para definir la frecuencia de actividades de mantenimiento:

a. Utilización del tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTTF)

Con el indicador MTTF se midió el tiempo de cada cuanto tiempo se produce una falla, dicho resultado sirvió como referencia para decidir la frecuencia de las actividades propuestas.

b. Empleo de manuales y guías de mantenimiento

- Elementos de máquinas. Dobrovolski
- Diseño de ingeniería mecánica. Joseph E. Shigley.
- Guía de mantenimiento Rolling-bearings rodamiento SKF.
- Guía de reemplazos y lubricación de rodamientos NSK
- Manual de Mantenimiento Preventivo de Correas y Transmisiones.
- Manual de usuario de compresores.
- Manual de mantenimiento de autoclaves - Planta de conservas
- Guía básica de calderas industriales eficientes – FENERCOM
- Manual de mantenimiento de calderas en procesos industriales – BOSCH
- Guía de mantenimiento preventivo para el área enlatado y cerrado

c. Coordinación con el personal de mantenimiento

Se revisaron manuales y se calcularon el tiempo de ciertos componentes que fueron revisados junto al jefe inmediato, de acuerdo a ello se realizaron ajustes, obteniendo las frecuencias finales.

Así mismo se calculó el tiempo de vida útil del componente cadena de transmisión perteneciente a la máquina molino de martillos 1, molino de martillos 2, zaranda pre-limpia, vibradora, gravimetría 1 y gravimétrica 2

VIDA UTIL DEL RODAMIENTO

$$L_{10na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10} = (0.5)(1)(0.7)(10^6/60 \cdot 500)(4.75/0.7)^3 = 3\,646 \text{ horas} = 455 \text{ días} = 16 \text{ meses}$$

$$L_{10ha} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot (10^6/60 \cdot n)(C_r/P_r)^p$$

L_{10na} = Vida teórica ajustada en millones de revoluciones con el 90% de confiabilidad

L_{10ha} = Vida teórica ajustada en horas

C_r = Capacidad de carga dinámica de rodamiento = 4.75

kN P_r = Carga equivalente aplicada al rodamiento = 0.7 kN

n = velocidad de rotación = 500 rpm

p = Carga radial o axial = Rodamiento de bolas = 3

Carga radial o axial	
Para bolas	3
Rodamiento de Rodillos	10/3

a_1 = Factor de ajuste por confiabilidad = 0.5

Factores de confiabilidad		
% de confiabilidad	Símbolo	Factor a_1
90	L10	1
95	L5	0.62
96	L4	0.53
97	L3	0.44
98	L2	0.33
99	L1	0.21

a_2 = Factor de ajuste por material = 1

Tratamientos térmicos de carburización		
Tratamiento Térmico	Símbolo	Factor a_2
Poliamida	-	0.8
Acero Convencional	-	1
Carburizado	4T	1.4
Carburizado Especial	ET	1.9

a_3 =Factor de ajuste por condiciones de operación (lubricación principalmente) =0.7

Condiciones de operación	
Lubricación	Factor a_3
Muy buena (se lubrica siempre, grasa adecuada)	>1
No es buena (no se lubrica constantemente, no es la grasa adecuada)	<1

VIDA UTIL DE LA CADENA DE TRANSMISIÓN DE LOS MOLINOS

Δt = 3% norma de desgaste
admisible K_c : coeficiente por tipo
de cadena =1,2

Coeficiente por tipo de cadena	
Cadena	K_c
Cadena de casquillo	1
Cadena de rodillo	1.2

K_i : coeficiente de intensidad de desgaste= 0.5

Coeficiente de intensidad de desgaste	
Intensidad de desgaste	K_i
condiciones normales de lubricación y limpieza	1
condiciones anormales de lubricación y limpieza	0.2-0.5

V = velocidad

$v = (p_i * z_i * N_i) / 60 = 10\ 605,3$
mm/s p_i : es el paso de la cadena
=15.9 mm

z_i : es el número de dientes de la rueda i considerada. (piñón menor) =23
mm N_i : es la velocidad de giro de la rueda i considerada (piñón menor).=1740 rpm

P = Presión

$p = F / (d_i * l_i) = 2.6\text{MPa}$

Donde:

F: es el esfuerzo total que transmite la cadena. $\rightarrow 200 \text{ N}$

d_i : es el diámetro del bulón, eje o pasador de la cadena. $\rightarrow 5,09$

l_i : es la altura de la placa interior. $\rightarrow 15,09 \text{ mm}$

k_d = Coeficiente de carga dinámica=1.2

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Par torsor uniforme	Par torsor no uniforme
Uniforme	1.1	1.2
Impacto ligero	1.2	1.3
Impacto medio	1.3	1.8
Impacto pesado	1.4	1.7

K_a =coeficiente por longitud de la cadena

$$K_a = (l_i/L)^{1/3} = 0.75$$

Donde:

$l_i = 40 \cdot t$. t : Paso de cadena $\rightarrow 15,9 \text{ mm}$.

L : Longitud real de la cadena $\rightarrow 1500 \text{ mm}$

K_i = Coeficiente de posición de la cadena= 1,25

$K_i = 1$ Inclinación de la línea entre centros hasta 60°

$K_i = 1,25$ Inclinación de la línea entre centros superior a 60°

K_r = Coeficiente para el régimen de trabajo=1.1 $K_r = 1 \rightarrow 8 \text{ horas}$

$K_r = 1,25 \rightarrow 16 \text{ horas}$

$K_r = 1,45 \rightarrow 24 \text{ horas}$

K_l = Coeficiente del carácter de la lubricación = 1

$K_l = 0,8$ Lubricación continua en baño de aceite o por aceite a presión.

$K_l = 1$ Lubricación regular por goteo o para lubricación en el interior de las articulaciones.

$K_l = 0,8$ Lubricación Periódica

K_{reg} = Coeficiente para la regulación de la cadena=1.1

$K_{reg} = 1$ Ajuste de la cadena por desplazamiento del eje de una de las ruedas.

$K_{reg} = 1,1$ Transmisión con ejes regulables de las ruedas o con rodillos

tensores $K_{reg} = 1,25$ Transmisión con ejes no regulables de las ruedas.

K_e =Coeficiente de condiciones reales de trabajo

$$K_e = K_d * K_a * K_i * K_r * K_l * K_{reg} = 1.36$$

m_r = Factor de distribución de carga entre las hileras de rodillo =1

Para $m_r \leq 1$, tomar cadenas de una hilera de rodillos.

Para $1 < m_r \leq 1,7$ tomar cadenas de dos hileras de rodillos.

Para $1,7 < m_r \leq 2,5$ tomar cadenas de tres hileras de rodillos.

$$\text{Área resistiva} = 70 \text{ mm}^2$$

Calculo de vida útil de la cadena de transmisión

$$H = \frac{4350 \times \Delta t \times K_c \times K_i \sqrt{Z_{\text{menor}}}}{\frac{P \times K_e}{A \times m_r}} \times \sqrt[3]{\frac{Z_{\text{mayor}}}{Z_{\text{menor}} \times t \times v}}$$

$$H = 3\,923 = 18 \text{ meses}$$

Donde: Δt : Norma de desgaste.

K_c : Coeficiente por tipo de cadena.

K_i : Coeficiente de posición de la cadena.

Z_{menor} : Número de dientes del Piñón menor.

P : Presión.

K_e : Coeficiente de condiciones reales de trabajo.

A : Área resistiva.

m_r : Factor de distribución de carga entre las hileras de rodillo.

Z_{mayor} : Número de dientes del Piñón mayor.

a : Distancia entre centro de piñones.

t : Paso de cadena.

v : Velocidad

Tabla 85. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Molino martillo 1

Hoja de decisiones R.C.M										Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por			
Área: Molienda													Máquina: Molino de martillos 1		
Referencias de información							H1	H2	H3				Acción a falta de		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar eje de motor	Mensual	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el eje del motor	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar rodamientos	15 meses	Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar chumacera	2 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar correa de transmisión	18 meses	Mecánico
1	C	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar poleas de la correa de trasmisión	6 meses	Mecánico
1	C	3	S	N	N	S	N	S	N				Alinear poleas de la correa de trasmisión	Mensual	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y barnizar estator	2 meses	Electricista
1	D	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el estator	Anual	Electricista
1	E	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar cribas	Mensual	Mecánico
1	E	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar cribas	16 meses	Mecánico

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 86. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina molino martillo 1

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD T	MTTF (h)	h/d ía	Período
Limpiar y lubricar eje de motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar el eje del motor	Coordinación con el jefe de producción				Anual
Cambiar rodamientos	Manual de mantenimiento SKF	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar correa de transmisión	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	-	-	-	16 meses
Cambiar poleas de la correa de transmisión	Coordinación con el jefe de producción	-		-	5 meses
Alinear poleas de la correa de transmisión	-	2.2	256,2	8	Mensual
Limpiar y barnizar estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar el estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Limpiar y lubricar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	15 meses

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 87. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Molino martillo 2

Hoja de decisiones R.C.M														
Área: Molienda							Máquina: Molino de martillos 2							
Referencias de información							Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizar por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3				H4	H5
							O1	O2	O3					
							N1	N2	N3					
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N			Limpiar y lubricar eje de motor	Mensual	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S			Cambiar el eje del motor	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S			Cambiar rodamientos	15 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N			Limpiar y lubricar chumacera	2 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S			Cambiar correa de transmisión	18 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S			Cambiar poleas de la correa de transmisión	6 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S	N			Alinear poleas de la correa de transmisión	Mensual	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N			Alinear ejes del motor	Mensual	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S			Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Anual	Electricista
1	E	1	S	N	N	S	S	N	N			Limpiar y lubricar cribas	Mensual	Mecánico
1	E	1	S	N	N	S	N	N	S			Cambiar cribas	16 meses	Mecánico

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 88. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina molino martillo 2

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD T	MTTF (h)	h/d ía	Período
Limpiar y lubricar eje de motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar el eje del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Cambiar rodamientos	Manual de mantenimiento SKF	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar correa de transmisión	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	-	-	-	16 meses
Cambiar poleas de la correa de transmisión	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	5 meses
Alinear poleas de la correa de transmisión	-	2.2	256,2	8	Mensual
Alinear ejes del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Limpiar y lubricar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	15 meses

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 89. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Zaranda Pre-limpia

Hoja de decisiones R.C.M															
Área: Limpieza							Máquina: Zaranda pre-limpia								
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4			
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N		Ajuste tornillos	Diario	Mecánico		
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N		Limpiar y lubricar tornillos	Quincenal	Mecánico		
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S		Cambiar tornillos	2 meses	Mecánico		
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N		Limpiar mallas	Semanal	Mecánico		
1	C	1	S	N	N	S	S	N	N		Limpiar y lubricar fajas	Mensual	Mecánico		
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S		Cambiar fajas	Anual	Mecánico		
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N		Alinear ejes del motor	Mensual	Electricista		
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S		Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Anual	Electricista		

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 90. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Zaranda pre-limpia

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD	MTTF	h/d	Período
		T	(h)	ía	
Ajuste tornillos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semanal
Limpiar y lubricar tornillos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Quincenal
Cambiar tornillos	Manual de mantenimiento SKF	-	-	-	2 meses
Limpiar mallas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semanal
Limpiar y lubricar fajas	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	-	-	-	Mensual
Cambiar fajas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Alinear ejes del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 91. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Vibradora

Hoja de decisiones R.C.M										Máquina: Vibradora					
Área: Clasificación 1															
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Lubricar mallas	Mensual	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar mallas	4 meses	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Limpiar mallas	Semanal	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpiar y barnizar estator	2 meses	Electricista
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el estator	Anual	Electricista

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 92. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Vibradora

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MDT	MTTF (h)	h/día	Período
Lubricar mallas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar mallas					4 meses
Limpiar mallas	Coordinación con el jefe de producción				Semanal
Cambiar el estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Limpiar y barnizar estator		2.2	256,2	8	Mensual

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 93. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Gravimétrica 1

Hoja de decisiones R.C.M										Máquina: Gravimétrica 1					
Área: Clasificación							Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por			
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3				H4	H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Ajuste tornillos	Diario	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar tornillos	Quincenal	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar tornillos	2 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar rodamientos	15 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar chumacera	18 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar fajas	Mensual	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar fajas	Anual	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y barnizar estator	2 meses	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el estator	Anual	Electricista

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 94. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 1

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MDT	MTTF (h)	h/día	Período
Ajuste tornillos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Limpiar y lubricar tornillos	Coordinación con el jefe de producción				Quincenal
Cambiar tornillos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	
Cambiar rodamientos	Manual de mantenimiento SKF	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	.	.	.	16 meses
Limpiar y lubricar fajas	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	-	-	-	18 meses
Cambiar fajas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	6 meses
Limpiar y barnizar estator	-	2.2	256,2	10	Mensual
Cambiar el estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 95. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Gravimétrica 2

Hoja de decisiones R.C.M										Máquina: Gravimétrica 2				
Área: Clasificación														
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4		
							O1	O2	O3	Tarea Propuesta				
							N1	N2	N3					
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	Ajuste tornillos			Diario	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	Limpiar y lubricar tornillos			Quincenal	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	Cambiar tornillos			2 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S	Cambiar rodamientos			15 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N	Limpiar y lubricar chumacera			18 meses	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N	Alinear ejes del motor			Mensual	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S	Limpiar y lubricar rodamientos del motor			Mensual	Electricista

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 96. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 2

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MDT	MTTF (h)	h/día	Período
Ajuste tornillos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Diario
Limpiar y lubricar tornillos	Coordinación con el jefe de producción				Quincenal
Cambiar tornillos	Manual de mantenimiento SKF	-	-	-	2 meses
Cambiar rodamientos	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Manual de elementos de máquinas Dobrowolsosky	-	-	-	16 meses
Alinear ejes del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.3. Planes y Cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas:

El plan de mantenimiento detalla las actividades de mantenimiento preventivo, así como el material, la frecuencia, el personal y el tiempo requerido para realizar dichas actividades.

- A partir de los datos obtenidos en el análisis de RCM, se extrajeron las actividades de mantenimiento preventivo. Asimismo, se consideraron los criterios y la opinión de los trabajadores del área de mantenimiento que están expuestos a estas averías, ya que estos poseen la experiencia necesaria para valorar la frecuencia y la importancia de las actividades de mantenimiento a realizar.
- El periodo o frecuencia, se calculó el Tiempo Medio entre Falla (MTTF), manuales o guías de mantenimiento de acuerdo a los componentes, con el fin de prevenir la falla antes de que ocurra, así también se tomó en cuenta la experiencia del personal de mantenimiento, estos tiempos fueron determinados en la hoja de decisión del RCM.
- El personal responsable, se encarga de realizar la actividad propuesta, ya sea por la parte eléctrica o mecánica.
- Se consideró la experiencia de los trabajadores de mantenimiento, ya que son los expertos con mayor conocimiento en cuanto a las horas que se requieren para cada actividad. El tiempo medio de reparación de averías (MDT) no puede ser excedido, ya que incluye los tiempos logísticos, como la preparación de recursos y la limpieza. Este plan de mantenimiento se ajusta a la opinión de los operarios y al MDT, teniendo como resultado una mayor fiabilidad y confiabilidad de las máquinas.
- En las tablas 98, 102, 104 y 106, se muestra el plan de mantenimiento para el Molino de martillos 1, Molino de martillos 2, Zaranda pre-limpia, Vibradora, Gravimétrica 1 y gravimétrica 2. El cronograma de mantenimiento nos permite planificar y organizar las tareas de mantenimiento y los cambios de partes a fin de garantizar que las máquinas estén en óptimas condiciones de funcionamiento. Así, todas las tareas se realizan en el momento y tiempo correcto. Este plan garantiza que la máquina esté disponible en todo momento para realizar su función, ahorrando así, costos de mantenimiento y manteniendo una alta productividad. En las tablas 77, 79, 81 y 83, se muestra el cronograma del plan de mantenimiento para la máquina el Molino de martillos 1, Molino de martillos 2, Zaranda Pre-limpia, Vibradora, Gravimétrica 1 y gravimétrica 2.

Tabla 97. Plan de mantenimiento para la máquina Molino de Martillo 1

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Eje del motor	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1 h
	Cambio	Cambio por un nuevo eje	Eje de 5 mm	Llave N°17 y llave N°22	Anual	Mecánico	Apagado	1 h
Chumacera	Cambio	Cambio por un nuevo rodamiento	Rodamiento de bolas 6317 b	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel, Vibrómetro.	14 Meses	Mecánico	Apagado	1h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
Correa de transmisión	Cambio	Reemplazar por una nueva correas	Correa trapecial Perfil clásico lisa C79 y C59	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	16 Meses	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por una nueva polea	Polea CILA 059 y 079	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel, Vibrómetro.	5 meses	Mecánico	Apagado	1h
	Alineación	Alinear poleas	--	Juego de llave Thor, Comba, Martillo, Wincha y un tope o regla	Mensual	Mecánico	Apagado	0,5
Estator	Limpiar y barnizar	Desmontar y limpiar estator	Barniz industrial	Trapo industrial	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por un nuevo estator	Estator 3kw 20 v	Destornillador estrella y plano, Alicata de corte, Alicata de punta, Cinta 3M, Precintos, Juego de perilleros, Piloto de corriente alterna, Multitester, Esquema eléctrico y Zapatos dieléctricos	Anual	Electricista	Apagado	1 h
Cribas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 Roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Cambiar por una nueva criba	Criba METSO	Dado N°10 y N°12, T 10, Destornillador estrella y plano, llave Stilson y Francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero.	15 Meses	Mecánico	Apagado	1h

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C.

Tabla 99. Plan de mantenimiento para la máquina Molino de Martillo 2

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Eje de martillo	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1 h
	Cambio	Cambio por un nuevo eje	Eje de 5 Mm	Llave N°17 y llave N°22	Anual	Mecánico	Apagado	1 h
Chumacera	Cambio	Cambio por un nuevo rodamiento	Rodamiento de bolas 6317 b	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	14 meses	Mecánico	Apagado	1h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
Correa de transmisión	Cambio	Reemplazar por una nueva correas	Correa trapecial Perfil clásico lisa C79 y C59	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	16 meses	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por una nueva polea	Polea CILA 059 y 079	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	5 meses	Mecánico	Apagado	1h
	Alineación	Alinear poleas	--	Juego de llave Thor, Comba, Martillo, Wincha y un tope o regla Destornillador, llave 22, dado 16, 22, 26, alicate, pata de cabra, equipo oxicorte, soldadura supercito, pico, comba, hexagonales, Vibrómetro	Mensual	Mecánico	Apagado	0,5
Motor	Alineación	Alinear ejes	-		2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Limpieza y lubricación de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Electricista	Apagado	1 h
Cribas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 Roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Cambiar por una nueva criba	Criba METSO	Dado N°10 y N°12, T 10, Destornillador estrella y plano, llave Stilson y Francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero.	15 meses	Mecánico	Apagado	1h

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Tabla 101. Plan de mantenimiento para la máquina Zaranda pre-limpia

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Tornillos	Ajuste	Ajuste tornillos	-	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	Diario	Mecánico	Apagado	0,1 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Quincenal	Mecánico	Apagado	0,3 h
	Cambio	Cambio por unos nuevos tornillos	Tornillos XS-BOLT	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel.	2 meses	Mecánico	Apagado	0,5 h
Mallas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Semanal	Mecánico	Apagado	0,75 h
Fajas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Cambio por una nueva faja	Fajas de ZP	. Destornillador estrella y plano, llave Stilson y Francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero.	Anual	Mecánico	Apagado	1h
Motor	Alineación	Alinear ejes	-	Destornillador, llave 20, dado 16, 20, 26, alicate, pata de cabra, equipo oxicorte, soldadura supercito, pico, comba, hexagonales	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Limpieza y lubricación de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Electricista	Apagado	1 h

Fuente: Molino's Aldur S.A.C.

Tabla 102. Cronograma de Mantenimiento – Zaranda pre-limpia

		Cronograma de mantenimiento propuesto para la máquina Zaranda pre-limpia																																															
Componente	Actividad	Mes																																															
		enero				febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Tornillos	Ajustar tornillos	[Green]																																															
	Limpiar y lubricar completamente	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]
	Cambiar por unos nuevos tornillos			[Blue]								[Blue]								[Blue]								[Blue]								[Blue]													
Mallas	Limpiar y lubricar completamente	[Blue]																																															
Fajas	Limpiar y lubricar completamente			[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]	
	Reemplazar por una nueva faja			[Orange]																								[Grey]																					
Motor	Alinear ejes			[Blue]								[Blue]								[Blue]								[Blue]								[Blue]								[Blue]					
	Limpiar y lubricar completamente rodamientos			[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]				[Yellow]	

Cronograma	
Mensual	[Yellow] Diario [Green]
Anual	[Orange] 6 meses [Grey]
Semanal	[Blue] Quincenal [Red]
2 meses	[Blue]

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C.

Tabla 103. Plan de mantenimiento para la máquina Vibradora

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Mallas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Semanal	Mecánico	Apagado	0,75 h
	Cambio	Cambiar por una nueva malla	Malla de ½	Comba, pico, equipo oxicorte, máquina de soldar, soldadura supercito, Vibrómetro	4 meses	Mecánico	Apagado	2 h
Fajas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Cambio por una nueva faja	Fajas de ZP	. Destornillador estrella y plano, llave Stilson y Francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero, Vibrómetro	Anual	Mecánico	Apagado	1h
Estator	Limpiar y barnizar	Desmontar y limpiar estator	Barniz industrial	Trapo industrial	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por un nuevo estator	Estator 3kw 20 v	Destornillador estrella y plano, Alicate de corte, Alicate de punta, Cinta 3M, Precintos, Juego de perilleros, Piloto de corriente alterna, Multitester, Esquema eléctrico y Zapatos dieléctricos, Vibrómetro	Anual	Electricista	Apagado	1 h

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 105. Plan de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 1

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo Requerido
Tornillos	Ajuste tornillos	Ajuste tornillos	-	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cíncel.	Diario	Mecánico	Apagado	0,1 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Quincenal	Mecánico	Apagado	0,3 h
	Cambiar tornillos	Cambio por unos nuevos tornillos	Tornillos XS-BOLT	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cíncel.	2 meses	Mecánico	Apagado	0,5 h
Chumacera	Cambio de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Rodamiento	Grasera manual y trapo industrial	14 Meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	1h
Faja	Limpieza y lubricación	Cambio por una nueva faja	Fajas de ZP	. Destornillador estrella y plano, llave Stilson y Francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero.	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
Estator	Limpiar y barnizar	Desmontar y limpiar estator	Barniz industrial	Trapo industrial, Vibrómetro	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por un nuevo estator	Estator 3kw 20 v	Destornillador estrella y plano, Alicates de corte, Alicates de punta, Cinta 3M, Precintos, Juego de perilleros, Piloto de corriente alterna, Multitester, Esquema eléctrico y Zapatos dieléctricos, Vibrómetro	Anual	Electricista	Apagado	1 h

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

Tabla 107. Plan de mantenimiento para la máquina Gravimétrica 2

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material	Herramienta	Periodo	Persona requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Tornillos	Ajuste tornillos	Ajuste tornillos	-	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cíncel.	Diario	Mecánico	Apagado	0,1 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	6 meses	Mecánico	Apagado	0,3 h
	Cambiar tornillos	Cambio por unos nuevos tornillos	Tornillos XS-BOLT	Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cíncel.	2 meses	Mecánico	Apagado	0,5 h
Chumacera	Cambio de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Rodamiento	Grasera manual y trapo industrial, Vibrómetro	15 meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	1h
Motor	Alineación	Alinear ejes	-	Destornillador, llave 22, dado 16, 22, 26, alicate, pata de cabra, equipo oxicorte, soldadura supercito, pico, comba, hexagonales, Vibrómetro.	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Limpieza y lubricación de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja	Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Electricista	Apagado	1 h

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C.

3.3.1. Tiempo total de mantenimiento preventivo programado

Tabla 109. Determinación del tiempo total de mantenimiento preventivo

Máquina	Componente	Descripción de actividad	Tiempo requerido (h)	N° intervenciones	Tiempo anual (h)
Gravimétrica 1	Tornillo	Ajuste tornillos	0.05	24	1,2
		Limpiar y lubricar tornillos	0,3	12	3,6
		Cambiar tornillos	0,4	3	1,2
	Chumacera	Cambiar rodamientos	1	1	1
		Limpiar y lubricar chumacera	1	6	6
	Faja	Limpiar y lubricar fajas	0.5	6	3
		Cambiar fajas	1	1	1
	Estator	Limpiar y barnizar estator	0.5	6	3
		Cambiar el estator	0,5	1	0,5
	Gravimétrica 2	Tornillo	Ajuste tornillos	0.05	24
Limpiar y lubricar tornillos			0,3	12	3,6
Cambiar tornillos			0.4	3	1,2
Chumacera		Cambiar rodamientos	1	1	1
		Limpiar y lubricar chumacera	1	6	6
Total				342	128,5

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

De acuerdo a la empresa INFRASPEAK, nos dice que cada vez que se emplea el mantenimiento preventivo, sería un 80%, en tanto el mantenimiento correctivo un 20%, por lo que tomamos una relación 80/20 de mantenimiento preventivo con mejoras, en base a lo cual se calculan los nuevos tiempos con mantenimiento correctivo.

Se calcula en la tabla respecto a reducción el porcentaje del tiempo de parada del mantenimiento propuesto con respecto a la máquina Molino de Martillos 1, Molino de Martillos 2, Zaranda Pre-Limpia, Vibradora, Gravimétrica 1 y Gravimétrica 2.

Tabla 110. Reducción del tiempo de parada con el mantenimiento preventivo

Máquina	Tiempo de parada sin la mejora (h)	Tiempo de mantenimiento preventivo (h)	Tiempo de parada con la mejora (h)	Reducción de tiempo de parada (h)	% de mejora
PRMM01	61,3	34,5	8,625	52,68	86%
PRMM02	30,42	25	6,25	24,17	79%
PRZP01	53,25	25	6,25	47	88%
PRVI01	17,25	10,5	2,63	14,63	85%
PRGR01	47	20,5	5,125	41,88	89%
PRGR02	23,65	13	3,25	20,40	86%
Total	232,87	128,5	32,13	200,75	86%

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

El tiempo total programado de mantenimiento preventivo para las 6 máquinas calculadas es de 128,5 horas que al compararlo con el tiempo de mantenimiento correctivo actual (232,87 horas), disminuye en 200,75 horas, es decir se reduce un 86 % de horas de paradas, lo que significa que serán utilizadas para el beneficio de la empresa.

3.3.2. Evaluación de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo

3.3.2.1. Tiempo promedio operativo hasta el fallo - MTTF (Confiabilidad)

Para hallar el nuevo valor de confiabilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo total programado:** 2400 horas
- **Tiempo total de inactividad:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora).

$$356,8 - (52,68+24,17+47+14,63+41,88+20,40) \\ 356,8-(200,75) \\ 156,05 \text{ horas}$$

- **Número de fallas:** Se estima las fallas de las máquinas que no llevan a cabo un mantenimiento preventivo (46), sumado las fallas con mayor frecuencia con la propuesta de mejora (48) como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 111. Averías más frecuentes de las máquinas con mantenimiento correctivo programado

Máquina	Averías más frecuentes	Número	Tiempo
Molino de Martillos 1	Cambio de contactor	3	1.5
	Cambio de rodamiento	2	2
	Cambiar cribas	1	1
Molino de Martillo 2	Desbalance de poleas	2	2
	Lubrica chumacera	2	2
	Cambiar cribas	2	2
Gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	2	2
	Fajas rotas	1	1
	Desgaste del contactor	3	1.5
Gravimétrica 2	Rodamientos	3	3
	Cambio de tornillos	3	1.2
Vibradora	Atascamiento de mallas	6	3
	atascamiento de fajas	6	3
Zaranda pre-limpia	Atascamiento de mallas	6	3
	Desalineación de ejes	4	2
	Fajas rotas	2	2
Total		48	32.2

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

El MTTF se calculó a nivel global, por lo que se tiene en cuenta el número total de fallas durante la temporada 2018 y el tiempo total de producción planificado.

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{Tiempo total Operativo}}{\text{número de fallas}} = \frac{2400 \text{ h} - 156.05}{46 + 48}$$

$$MTTF = 23,84 \text{ h}$$

Del resultado del indicador de confiabilidad obtenido, se tiene que la empresa presentaría una avería cada 23,84 horas en comparación a las 12,07 horas que presenta actualmente.

3.3.2.2. Tiempo promedio fuera de servicio – MDT (Mantenibilidad)

Para hallar el nuevo valor de mantenibilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo tal en reparar:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora).

$$\begin{aligned} & 356,8 - (52,68+24,17+47+14,63+41,88+20,40) \\ & 356,8 - (200,75) \\ & 156,05 \text{ horas} \end{aligned}$$

- **Número de fallas:** Es la sumatoria del número de intervenciones en el mantenimiento preventivo (48) y el número de averías (46, incluyen las fallas de los equipos que no se realizar mantenimiento preventivo).

$$\text{MDT} = \frac{\text{Tiempo total en reparar}}{\text{Número de fallas}} = \frac{156,05}{48 + 46} = \frac{156,05}{94}$$

$$\text{MDT} = 1,66 \text{ horas promedio fuera de servicio}$$

Del resultado del indicador de mantenibilidad obtenido, se tiene que la empresa repararía una avería en 1,66 horas en comparación a las 2,23 horas que presenta actualmente.

3.3.2.3. Disponibilidad

Para hallar el nuevo valor de disponibilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo total programado:** 2400 horas
- **Tiempo total de inactividad:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora).

$$\begin{aligned} & 356,8 - (52,68+24,17+47+14,63+41,88+20,40) \\ & 356,8 - (200,75) \\ & 156,05 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total programado} - \text{tiempo total de inactividad}}{\text{Tiempo total programado}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{2400 - 156,05}{2400} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 93,49 \%$$

Del resultado del indicador de disponibilidad obtenido, se tiene que la empresa aumentaría en un 93,49% en comparación a la actualidad.

3.3.2.4. Evaluación de la implicancia económica con el mantenimiento preventivo

Al aplicar la propuesta de un mantenimiento preventivo en las máquinas con mayor criticidad, se logrará minimizar las horas de parada por averías, y por consiguiente se disminuirá las pérdidas económicas por utilidad no percibida.

3.3.2.5. Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas después de la mejora

Las pérdidas económicas se generarían por las averías ocurridas en las máquinas por no realizar un mantenimiento preventivo, por lo que las pérdidas económicas se reducen a S/. 55 529,88, este valor significa que se reduce el 56,26 % de pérdidas en utilidades comparado al valor sin la mejora.

Tabla 112. Reducción de la pérdida económica a utilidades no percibidas después de la mejora

Tipo de mantenimiento	Tiempo de parada	Producción (sacos/h)			Utilidad (S./saco)			Perdidas en S/.	Total de pérdidas con la mejora	Total de pérdidas sin la mejora	% reducción
Correctivo programado	32,13	72	14,4	10,08	4.3	2.3	1.3	11432,62	55529.88	126 958	56,26%
Correctivo no programado	123,93	72	14,4	10,08	4.3	2.3	1.3	44097.26			

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.3.3. Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas por pérdida de M.P

Al aplicarse la propuesta de un mantenimiento preventivo, ya no se generarían pérdidas económicas durante el proceso productivo, por lo que su eficiencia física sería de un 99.9 %

3.3.4. Pérdidas económicas por costo de Mano de Obra en inactividad después de la mejora

Las pérdidas económicas por costo de mano de obra inactiva, se reducirá a un 56%, ya que se programaron las fechas de mantenimiento, realizando las tareas y aprovechando los sábados para que se pueda realizar el mantenimiento a cargo de los técnicos (mecánico y electricista).

Tabla 113. Reducción de la pérdida económica de M.O inactiva después de la mejora.

Tipo de mantenimiento	Tiempo de parada	Costo de M.O (S./ep.h)	Número de operario implicados	Perdidas en S/.	Total de pérdidas con la mejora	Total de pérdidas sin la mejora	% reducción
Correctivo programado	32,13	15	1	481,95	11 704,5	26760	56%
		5	12	1 927,8			
Correctivo programado	123,93	15	1	1 858,95			
		5	12	7 435,8			

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Finalmente se sumaron las nuevas pérdidas económicas después de la mejora y se obtuvo un total de S/. 67 234,8 en pérdidas monetarias.

Tabla 114. Resultado de las pérdidas económicas de enero-diciembre del 2018

Resultado	Valor (S/.)
Pérdidas económicas por costo de mano de obra inactiva	11704,5
Pérdidas económicas en cuanto a utilidades no percibidas	
Horas paradas	55529.88
Pérdida de M.P	0
TOTAL	67234.8

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Entonces el porcentaje que representa las pérdidas económicas con respecto a las utilidades más altas obtenidas en el mes de julio de la empresa (tabla 41) es de 10 %

$$\text{Porcentaje de pérdidas económica} = \frac{67\,234,8}{672\,194.3} * 100$$

$$\text{Porcentaje de pérdidas económica} = 10 \%$$

3.3.5. Evaluación de la eficiencia económica después de la mejora

Tabla 115. Incremento del costo de producción unitario

Producción real (sacos)	Costo inicial (S/.)	Costo M.O inactiva (S/.)	Costo en pérdida de M.P (S/.)	Costo de producción incrementado (S/.)	Costo incrementado unitario (S/.)
187011	11351567.7	11704.5	0	11363272.2	60.76

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Con el costo de producción unitario incrementado, se calculó la eficiencia económica real de la empresa.

$$Eec = \frac{65 \text{ soles /saco}}{60.76 \text{ soles /saco}}$$

$$Eec = 1,069$$

Del resultado obtenido nos muestra que la empresa con la propuesta de mantenimiento preventivo, permitiría ganar S/. 0.069 por cada sol que invirtió durante esta temporada, lo cual significa que alcanzó solo el 98,5 % de la eficiencia económica idónea.

3.3.6. Elaboración en la documentación del sistema gestión de mantenimiento

- La política, objetivos, procedimiento de mantenimiento preventivo propuesto se puede observar en el anexo 5.
- El Manual de Operaciones y funciones para los trabajadores de mantenimiento se puede observar en el anexo 6.
- Los procedimientos del cambio de fajas, limpieza y lubricación en los anexos 7, 8 y 9 respectivamente.

Resumen comparativo de los indicadores evaluados antes y después de la mejora

Tabla 116. Resumen de indicadores antes y después de la mejora

Indicadores antes de la mejora				Indicadores después de la mejora			
Descripción	Fórmula	Valor	Unidad	Objetivo	Valor	Unidad	Logro
Confiabilidad	$\frac{\text{Tiempo total programado}}{\text{Número total de fallos}}$	12,77	h	Incrementar la vida útil de las máquinas	23,84	H	El tiempo promedio operativo se incrementa 11,07 horas, esto incrementa la vida útil y la operatividad de las máquinas
Mantenibilidad	$\frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{Número total de fallos}}$	2,23	h	Reducir el tiempo de reparación	1,66	H	El tiempo medio de reparación se reducen en 0,57 horas.
Disponibilidad	$\frac{\text{Tiempo total prog.} - \text{Tiempo de parada}}{\text{Número total de fallos}} * 100$	79	%	Incrementar la disponibilidad de las máquinas	93,49	%	Incremento en un 14,49 %
Tiempo total de inactividad anuales – horas de parada	$\sum = \text{Total de hora de parada}$	356,8	h	Reducir tiempo de parada	156,05	H	El tiempo de parada disminuyo en 200,75 horas
Porcentaje de las utilidades no percibidas respecto a las utilidades percibidas	$\frac{\text{Utilidades no percibidas}}{\text{Utilidades percibidas}} * 100$	25,64	%	Disminuir el porcentaje de la utilidades no percibidas	10	%	El porcentaje de pérdidas se redujo a un 15,64 %
Eficiencia económica	$\frac{\text{Eficiencia económica real}}{\text{Eficiencia económica esperada}} * 100$	61,42	%	Incrementar la eficiencia económica	98,5	%	La eficiencia económica incrementó en 37,08 %
Pérdida económica	$\sum = \text{Total de pérdidas monetarias}$	172 408,38	S/.	Disminuir el valor de las pérdidas económicas	67 234,8	S/.	Disminuyo en un 105 173,58

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.4. Análisis costo/beneficio

Este último objetivo de la propuesta permite obtener el costo de la inversión que incluye el desarrollo e implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

3.4.1. Determinación de costos de Materiales y herramientas

a. Costo de materiales

Tabla 117. Costo anual de materiales para el mantenimiento

Costos de materiales	Costo/unidad (S/.)	Cantidad requerida	Sub total
Grasa de litio multiusos EP-2 roja	9,9	25	247.5
Cadena de rodillos ASA paso 13 mm	180	4	720
Correa trapezoidal C59	159	4	636
Correa trapezoidal C59	122,2	4	488.8
Chumacera tipo puente CN50	350	4	1400
Chumacera tipo puente P205	300	4	1200
Tornillo de 18 mm	70	5	350
Tornillo de 20 mm	70	5	350
Aceite lubricación	22,9	1	22.9
Eje de 5 mm	110	4	440
Polea CILA 059	65	3	195
Polea CILA 079	70	3	210
Fajas	70	2	140
Estator 3kw 20V	27	4	108
Criba METSO	96	2	192
Rodamiento 6201 ZZ	37	2	74
Rodamientos 6317 b	70	2	140
Discos de molinos	350	2	700
Malla de acero 3/8	67	2	134
Malla de acero 1/2	67	2	134
Contactador 18 ^a	75,7	4	302.8
TOTAL			8185

Fuente: PROMART S.A

b. Costo de herramientas

Tabla 118. Costo anual de herramientas para el mantenimiento

Costos de materiales	Costo/unidad (S/.)	Cantidad requerida	Sub total
Set de destornilladores 8 piezas Stanley	59.9	1	59.9
Llave francesa 8"	32.9	1	32.9
Llave Stilson 24	179.9	1	179.9
Grasera manual	35.7	1	35.7
Trapo industrial	28,9	2	57.8
Zapato dieléctrico con punta composite Talla: 42	119	2	238
Zapatilla Punta de Acero Cutter Grey Talla 42	209	2	418
Guante de hilo con palma de caucho	27.8	1	27.8
Wincha metálica 20 m	37.3	1	37.3
Regla de acero inoxidable 30 cm	14.2	1	14.2
Cinzel punta plana 1x10	29.7	1	29.7
Escalera tijera metálica 8 pasos	230	1	230
Martillo con mango 16 onzas	37.3	1	37.3
Precintos o Cintillo 300x4.8mm Negro x100 unidades	7	2	14.
Alicate de punta larga 6 pulgadas	11.9	1	11.9
Alicate de corte 7"	11.9	1	11.9
liquido limpia contactos 3 en 1	24.9	1	24.9
Multitester digital	59.9	1	59.9
Juego de dados y llaves 3/8 mm x19 piezas	93.9	1	93.9
Set de llaves combinadas métricas 16 piezas	139	1	139
Lija para metal	2.9	12	34.8
Juego de llaves Torx x7 piezas	18.5	1	18.5
Vibrómetro	2 735,28	1	2 735,28
TOTAL			4 542,58

Fuente: PROMART S.A.

3.4.2. Determinación de la gestión del sistema de mantenimiento

La implementación y seguimiento del sistema requiere de costos para la gestión, en materiales y capacitaciones; en la tabla se presenta esta información a detalle.

- **Capacitación RCM:** Los precios fueron brindados por la institución “TECSUP” a una tarifa de S/ 2975 (ver anexo 6), esta capacitación la recibirá al jefe de mantenimiento y este dará la información aprendida al personal de mantenimiento. Los temas del programa de capacitación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 119. Sesiones, temas del programa de capacitación RCM.

Sesión	Temas	Tiempo	Fecha
	Introducción y generalidades del RCM		
	Objetivos del programa RCM		
	Beneficios del RCM		
	Mantenimiento planificado		
Única	Beneficios del mantenimiento planificado	35 horas	Mes de Abril
	Etapas de desarrollo e implementación		
	Funciones y responsabilidades del Personal		
	Indicadores de gestión para trabajar		
	Seguimiento de indicadores a trabajar		

- **Software:** El software recomendado es MP-10 mejora el desempeño del personal de mantenimiento, de organizar y documentar la información del departamento de mantenimiento. El software adquirido será de la versión empresarial la cual incluye el costo de la capacitación sobre el uso del software a un costo de S/ 15 136 soles (ver anexo 7).
- **Hardware:** La empresa se veía en la necesidad de instalar una computadora de S/. 2 000,00 soles para el jefe de mantenimiento y de esta manera tener el control de las actividades de mantenimiento a realizar.

El costo del sistema de gestión de mantenimiento es de S/.15 626, que incluye costos de capacitaciones, costo del software y capacitación del mismo, hardware y se le añade costos de materiales de escritorio, etc; como se muestra en la tabla 121.

Tabla 120. Costos de gestión del sistema de mantenimiento propuesto

Descripción del costo	Costo/unidad (S/.)	Cantidad	Subtotal
Capacitación RCM	2975	1	2975
Software	9559	1	9559
Computadora	2000	1	2000
Impresora	500	1	500
Instalación	200	1	200
Materiales de escritorio (Lapiceros, tinta, borradores, papel bond, etc)	350	1	350
Archivador de documentos	7	6	42
TOTAL (S/.)			15 626

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.4.3. Costos de mano de obra para el personal de mantenimiento

En la propuesta se tomará al ingeniero a cargo de la producción como jefe de mantenimiento, ya que es titulado en la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, por lo tanto, se contrataría a un mecánico industrial y electricista industrial para que desarrollen las actividades del plan de mantenimiento.

Por ello, el costo total de mano de obra de mantenimiento durante los 12 meses que dura la temporada es de S/.74 985.

Tabla 121. Costo de mano de obra del personal de mantenimiento

Puesto	Cantidad	Sueldo mensual	Asignación familiar	Gratificación	CTS	Costo anual
Jefe de mantenimiento	1	1500	93	3 186	1593	24495
Técnico Mecánico	1	1200	93	2 586	1293	19695
Técnico Electricista	1	1200	93	2 586	1293	19695
TOTAL						63885

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.4.4. Inversión total de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento

En la tabla 123, se muestra el costo total de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento, teniendo un valor de S/. 92 238,58.

Tabla 122. Costo total para el sistema de gestión de mantenimiento propuesto

Descripción	Subtotal (S/.)
Costo de materiales	8 185
Costo de herramientas	4 542,58
Costo de gestión	15 626
Costo de mano de obra	63 885
Total	92 238,58

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.4.5. Porcentaje de Costo del Mantenimiento Preventivo con respecto a las pérdidas económicas

Para calcular el porcentaje que representa el mantenimiento preventivo en relación a las pérdidas económicas necesita dividir el Costo total del mantenimiento preventivo, que incluye el costo de materiales y costo de Mano de obra (mecánico de mantenimiento y técnico electricista) y las pérdidas económicas (Tabla 66).

$$\text{Porcentaje de Mantenimiento Preventivo} = \frac{8\,185 + 39\,390}{172\,408,383} * 100$$

$$\text{Porcentaje de Mantenimiento Preventivo} = 27 \%$$

Del resultado obtenido nos muestra que la empresa Molino's Aldur S.A.C al implementar un mantenimiento preventivo (27%), ahorraría un 2% con respecto al mantenimiento correctivo (29%) que tienen actualmente, lo cual quiere decir que el mantenimiento preventivo tiene un menor costo y esta a su vez generaría una mayor productividad y disminuiría las pérdidas económicas para la empresa.

3.4.6. Beneficio o ingresos monetarios después de la mejora

Para calcular los nuevos ingresos es necesario saber cuánto es capaz de producir la empresa con la propuesta de mejora. A continuación, en la tabla 122 se detalla la nueva producción en el periodo establecido.

Tabla 123. Producción mensual después de la mejora

Mes	Tiempo MC (h)	Tiempo MP (h)	Tiempo Total	Tiempo programado (h)	Tiempo aprovechado (h)	Producción (sacos/h)	Nueva producción		
							Partido	Harina	Granulado
Enero	11.36	2.95	14.31	220	205.69	72	14810	2962	2073
Febrero	10.33	2.68	13.01	200	187.00	72	13464	2693	1885
Marzo	11.36	2.95	14.31	220	205.69	72	14810	2962	2073
Abril	10.84	2.81	13.66	210	196.34	72	14137	2827	1979
Mayo	9.81	2.54	12.35	190	177.65	72	12790	2558	1791
Junio	11.36	2.95	14.31	220	205.69	72	14810	2962	2073
Julio	9.29	2.41	11.70	180	168.30	72	12117	2423	1696
Agosto	9.29	2.41	11.70	180	168.30	72	12117	2423	1696
Setiembre	11.36	2.95	14.31	220	205.69	72	14810	2962	2073
Octubre	9.81	2.54	12.35	190	177.65	72	12790	2558	1791
Noviembre	9.81	2.54	12.35	190	177.65	72	12790	2558	1791
Diciembre	9.29	2.41	11.70	180	168.30	72	12117	2423	1696
TOTAL	123,93	32,13	156,06	2400	2243,94	72		216495	

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.4.6.1. Beneficios monetarios en utilidades a percibir después de la mejora

Los beneficios monetarios con respecto a las utilidades percibidas después de la mejora se calculan de la diferencia entre la nueva producción (con la propuesta se muestra un incremento) y la producción actual, esta diferencia genera una utilidad por la venta de cada saco producido, y se obtiene que con la propuesta de mejora la empresa se beneficiara con S/. 126 781.

Tabla 124. Beneficios monetarios de las utilidades percibidas después de la mejora

Mes	Producción actual	Nueva producción	Variación de producción	Utilidad percibidas	Beneficios en utilidades
Enero	14742	19845	5103	4,3	21943
Febrero	13176	18041	4865	4,3	20920
Marzo	14256	19845	5589	4,3	24033
Abril	16375	18943	2568	4,3	11042
Mayo	16416	17139	723	4,3	3109
Junio	17212	18845	1633	4,3	7022
Julio	17134	18237	1103	4,3	4743
Agosto	17199	17737	538	4,3	2313
Setiembre	16125	18345	2220	4,3	9546
Octubre	15930	17139	1209	4,3	5199
Noviembre	14742	17139	2397	4,3	10307
Diciembre	13704	16237	2533	4,3	10892
TOTAL	187011	21 6495	29 484	4,3	126 781

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.4.6.2. Beneficios monetarios con la reducción de materia prima pérdida

Con la propuesta de mejora se redujeron las pérdidas de materia prima, es decir las máquinas molino de martillos 1 y 2, zaranda pre-limpia, vibradora y gravimétrica 1 y 2, al tener un plan de mantenimiento ya no se generan desperdicios de materia prima, por ello las pérdidas ahora se vuelven beneficios para la empresa, obteniendo un beneficio monetario de S/.192 985.

Tabla 125. Beneficios monetarios de la reducción de materia prima pérdida

Mes	Producción actual (kg)	Nueva producción (kg)	Variación de pérdidas (sacos)	Costo de producción	Beneficios en reducción de pérdidas de M.P
Enero	737 100	769234	643	60,7	39011
Febrero	658 800	674425	312	60,7	18968
Marzo	712 800	729705	338	60,7	20523
Abril	818 750	830031	226	60,7	13695
Mayo	820 800	823951	63	60,7	3825
Junio	860 600	872457	237	60,7	14395
Julio	856 700	859989	66	60,7	3993
Agosto	859 950	863251	66	60,7	4008
Setiembre	806 250	809345	62	60,7	3758
Octubre	796 500	807474	219	60,7	13323
Noviembre	737 100	754582	350	60,7	21223
Diciembre	685 200	715071	597	60,7	36264
TOTAL	9 350 550	9509516	3179	60,7	192 985

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

3.4.6.3. Beneficios monetarios con la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa

El beneficio monetario por dejar de pagar de mano de obra inoperativa es de S/. 15 056, ya que se pagará la mano de obra inoperativa correspondiendo al mantenimiento correctivo, debido a que el mantenimiento preventivo se realizará fuera de las horas de trabajo (días sábados),

Tabla 126. Beneficios monetarios de la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa

Mes	Tiempo inactivo antes de la mejora	Tiempo inactivo después de la mejora	Tiempo inactivo que se dejara de pagar después de la mejora	Costo de M.O (op.h)	Nº de operarios implicados	Beneficio de reducción de M.O inactivas
Enero	37.67	14.31	23.36	4.5	13	1752
Febrero	22.08	13.01	9.07	4.5	13	680
Marzo	24.67	14.31	10.36	4.5	13	777
Abril	25.58	13.66	11.92	4.5	13	894
Mayo	25.25	12.35	12.9	4.5	13	968
Junio	36.25	14.31	21.94	4.5	13	1646
Julio	28.75	11.70	17.05	4.5	13	1279
Agosto	24.3	11.70	12.6	4.5	13	945
Setiembre	28	14.31	13.69	4.5	13	1027
Octubre	34	12.35	21.65	4.5	13	1624
Noviembre	34.75	12.35	22.4	4.5	13	1680
Diciembre	35.5	11.70	23.8	4.5	13	1785
TOTAL	356.8	156,06	200.74	4.5	13	15 056

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.4.6.4. Beneficio monetario anual después de la mejora

Se calculó el beneficio monetario anual que se obtendría por la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, el valor total del beneficio monetario es de S/. 334 822.

Tabla 127. Beneficios monetarios anuales después de la mejora

Beneficio monetario	Subtotal (S/.)
Utilidades percibidas después de la mejora	126 781
Reducción de pérdida M.P	192 985
Reducción de tiempo de M.O inoperativa	15 056
Total	3342

Fuente: Molino´s Aldur S.A.C

3.4.7. Flujo de caja económico

En la entrevista realizada al gerente, comentó estar dispuesto en invertir en el proyecto con capital propio, de manera que, al no tener financiamiento de ninguna entidad, solo se analizara el flujo de caja económico.

Se determinó la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) por medio del flujo de caja económico; por ello es necesario determinar la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) con el fin de saber si la TIR resultante es aceptable o no. Para el cálculo del TMAR, se utilizó la tasa de inflación más actual, diciembre-2019, con un valor a 1,9% de acuerdo al Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

$$\% \text{TMAR} = \% \text{ Tasa inflacionaria} + \text{lo que se piensa ganar}$$

$$\% \text{TMAR Global} = \% \text{ de aporte} * \% \text{TMAR}$$

Tabla 128. Cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento Global

Inversión	Tasa de inflación	Ganancia estimada	TMAR
Propia	1,9 %	7%	8,9%
Financiera	-	-	-
Inversión	% de aporte	TMAR	Ponderado
Propia	100 %	8,9 %	0,089
Financiera			
TMAR Global			8,9%

En la tabla 128 se obtuvo la tasa mínima aceptable de rendimiento global del 8,9%. A continuación, se analizará el flujo de caja económica:

BENEFICIOS	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Ingreso por ventas		62706	40568	45333	25631	7902	23063	10015	7266	14331	20146	33210	48941
Total de Ingresos	0												
COSTOS													
C. de materiales	8185												
C. de herramientas	4 542.58												
C. de gestión	15626												
Costo de mano de obra		5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75	5323.75
% de imprevistos (5%)	2094.2	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19	266.19
Total Costos	43978.2	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94	5589.94
Utilidad Bruta	-43978.2	57116.06	34978.06	39743.06	20041.06	2312.06	17473.06	4425.06	1676.06	8741.06	14556.06	27620.06	43351.06
Depreciación de herramientas 5% mensual	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65	-903.65
Utilidad antes de impuestos		56212.41	34074.41	38839.41	19137.41	1408.41	16569.41	3521.41	772.41	7837.41	13652.41	26716.41	42447.41
Impuestos		16863.72	10222.32	11651.82	5741.22	422.52	4970.82	1056.42	231.72	2351.22	4095.72	8014.92	12734.22
		903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65	903.65
UTILIDAD NETA	-44881.85	40252.34	24755.74	28091.24	14299.84	1889.54	12502.24	3368.64	1444.34	6389.84	10460.34	19605.14	30616.84

VAN	S/.82 295,35
TIR	61%
B/C	3

Se muestra en la tabla el flujo de caja económico, donde el valor actual neto económico de la empresa tendrá S/. 82 295,35 más de lo que tiene actualmente, lo que quiere decir es que si se invierte en proyecto.

De acuerdo a la tasa interna de retorno económica indica un 61% de rentabilidad promedio mensual, siendo esta mayor al valor del TMAR Global, lo que significa que el rendimiento que se general capital del proyecto es superior al 8,9 %, es decir es viable.

Así mismo el coeficiente del costo beneficio es de 3, siendo este mayor a 1, lo que significa que el beneficio es superior al costo por lo cual el proyecto es ejecutable.

3.4.7.1. Período de recuperación de la inversión (PRI)

Para calcular el PRI se dividió la inversión del sistema de gestión de mantenimiento (tabla 121) entre el beneficio del primer periodo (tabla 129), como se muestra a continuación:

$$\text{PRI} = \frac{\text{inversión}}{\text{Beneficio del primer periodo}}$$

$$\text{PRI} = \frac{89\,503}{40\,252,34}$$

$$\text{PRI} = 2,3 \text{ meses}$$

$$\text{PRI} = 2,3 \text{ meses} * 30 \text{ dias/mes}$$

$$\text{PRI} = 70 \text{ días}$$

Del resultado se tiene que la inversión se recupera en un plazo de 70 días.

3.5. Discusión

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos como la disminución en un 56,26% en el tiempo de parada, el aumento de la confiabilidad en un 85,38%, la disminución en un 25,56% de la mantenibilidad, el aumentó en un 14,49% con respecto a la disponibilidad global antes de la mejora, se puede inferir que, con las mejoras realizadas, la empresa Molino's Aldur S.A.C sí puede disminuir sus pérdidas económicas. Estos resultados son comparables con otras investigaciones realizadas como la de Vishnu et. al [3] implementar Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en plantas de proceso, ya que selecciona una estrategia de mantenimiento adecuada para todos los equipos de la planta de acuerdo al puntaje de criticidad y parámetro de confiabilidad. En la presente investigación se ha implementado la herramienta de análisis de criticidad para obtener cuales son las máquinas con mayor criticidad (alto riesgo), utilizando la relación de 80-20%.

En la investigación Sanchez [4] en la que elaboraron un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la empresa Gandules INC S.A.C. Los autores obtuvieron como resultados, una mejoría en su productividad del 95%, mientras que en la presente investigación aumento su productividad en un 98 %.

En la investigación Cheliyam et. al [5] utiliza la herramienta de árbol de fallas tomando en cuenta cuatro áreas principales donde se pueden iniciar las fugas (pozos de gas y petróleo, Tuberías, instalaciones claves y daños a terceros), identificando la naturaleza de la dependencia del evento superior en los eventos básicos. En la presente investigación se ha implementado la herramienta de árbol de fallas para identificar las fallas de las máquinas más críticas y de esta forma elaborar tareas preventivas.

Con respecto a la investigación de Cossios y Arevalo [6], al implementar el análisis de criticidad y utilizar el software MP9 pudieron aumento su confiabilidad en un 94, 92%, algo muy similar a lo de la presente investigación ya que se pudo aumentar en un 85,3%.

En la investigación de Berger et al.[7] en la que aplicaron la herramienta Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad de las máquinas un balance de línea para mejorar sus procesos. Los autores obtuvieron como resultados, una mejoría en su disponibilidad mayor al 90%, mientras que en la presente investigación aumento su disponibilidad en un 93,49 %.

IV. Conclusiones

1. La propuesta del Sistema de Gestión de Mantenimiento logró disminuir las pérdidas económicas de la empresa Molino's Aldur S.A.C a S/ 105 173,58; lo que significa que se redujo un 61 % de las mismas.
2. Se diagnosticó que la empresa Molino's Aldur S.A.C no cuenta con un área de mantenimiento, ya que el mantenimiento correctivo es realizado por personal externo, lo cual se registraron 151 averías en el año 2018, equivalente a 356,8 horas de paradas de producción. Así mismo se calcularon los indicadores de mantenimiento, teniendo como resultado el Tiempo Promedio entre Fallas (MTTF) de 12,77 horas, el tiempo medio de reparación (MDT) de 2,23 horas y la disponibilidad global del 79%, a esto se incluye que la empresa presenta una eficiencia económica del 61,42 % de la ganancia debido a que presenta pérdidas al pagar mano de obra inoperativa y pérdidas entre el 1% a 5% de materia prima, lo que generó las utilidades no percibidas durante el periodo evaluado que equivalen el 25,64 % con respecto a las utilidades percibidas.
3. En la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se utiliza la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), la cual se apoya en herramientas como el Análisis de criticidad; esto permitió mostrar que los Molinos de Martillo 1 y 2, Zaranda Pre-limpia, Vibradora y Gravimétricas 1 y 2 son las que tienen alta criticidad y requieren de intervenciones preventivas; otras herramientas son el diagrama de Pareto, el Árbol de fallas, el Análisis Modo Efecto y Fallas (AMEF) y la Hoja de decisión RCM, estas son muy importantes para la elaboración y desarrollo de los planes de mantenimiento. Luego de la propuesta el tiempo de parada disminuyó un 56,26 %, la confiabilidad aumentó un 85,38% incrementando la vida útil y la operatividad de las máquinas, la mantenibilidad disminuyó un 25,56%, la disponibilidad global aumentó en un 14,49% con respecto a la disponibilidad global antes de la mejora, y finalmente se calculó que la eficiencia económica alcanzó el 98,5 % de lo que se debería ganar, aumentando en un 24,24 %.

4. Se realizó el análisis costo – beneficio (B/C) del cual se obtuvo el valor actual neto (VAN) de S/.82 295,35 más de lo que actualmente tiene la empresa Molino's Aldur S.A.C; así mismo se halló la Tasa Interna (TIR) de 61% de rentabilidad promedio mensual, mayor al valor del TMAR GLOBAL (8,9%); por último, se determinó el coeficiente de costo beneficio de S/. 3.00; superior a la unidad, es decir, el beneficio es mayor al costo de inversión, teniendo un periodo de recuperación de 70 días; lo que significa que el proyecto es aceptable, rentable y viable para la empresa.

V. Recomendaciones

Se recomienda a futuras investigaciones realizar una planificación y control de inventario de repuesto, de tal forma que puedan incluir logística en el sistema de gestión de mantenimiento. Asimismo, la investigación en el diseño e instalación de un software MP9 de gestión de mantenimiento.

Se recomienda realizar otros estudios que sigan mejorando la disponibilidad de las máquinas, implementado la metodología 5Qs (Diseño e implementación de planes para mantenimiento), TPM (Mantenimiento productivo Total) o Mantenimiento Predictivo.

VI. Referencias

- [1] E. T. Newbrough, Administración de mantenimiento industrial, ISBN: 968-13-066-X, 1997.
- [2] Norma SAE JA 1011, «Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM),» RCM3, 1999. [En línea]. Available: <http://rcm3.org/la-norma-sae-ja-1011>. [Último acceso: 16 Diciembre 2018].
- [3] C. Vishnu y V. Regikumar, «Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants:», *Procedia Technology*, vol. 1, n° 25, pp. 1080-1087, 2016.
- [4] C.M. Sánchez Castro, «“Programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta 1 de la empresa Agroexportadora GANDULES INC.SAC Jayanca, Lambayeque 2016” », Lima, 2016.
- [5] A. Cheliyan y S. Bhattacharyya, «Fuzzy fault tree analysis of oil and gas leakage in subsea production,» *Journal of Ocean Engineering and Science* (2018) 38–48, vol. 3, p. 38–48, 2018.
- [6] S. Cossios y J. Arévalo, «"Gestión del mantenimiento para incrementar la confiabilidad en los equipos de la casa de fuerza de un hospital"», *Revista InGnosis*, vol. 4, n°2, pp.159-169,2018.
- [7] E. Berger, J. Yarin, C. Velásquez, I. Gambini, L. De la Cruz, L. Nuñez, R. Gálvez y H. Gálvez, «Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie entrépido de una empresa pesquera,» *Revista de la F.C.M. de la Universidad Mayor de San Marcos*, vol. 17, n° 2, pp. 5-18, 2015.
- [8] ISO 9000-2015, «Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es..> [Último acceso: 4 junio 2018].
- [9] O. Garcia, «" Gestión de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial"», Colombia: Ediciones de la U, 2012

- [9] S. Garcia, «" Organización y Gestión Integral de Mantenimiento“», Madrid: Editorial Díaz Santos, 2003.
- [10] F. C. Gómez de León, «"Tecnología del mantenimiento“», EDITUM, Murcia, 1998
- [11] Integramarkets, “Gestión y planificación de mantenimiento industrial”,2018, Obtenido de: http://integramarkets.com/pdf/Gestion-y-Planificacion-del-Mantenimiento-Industrial_Ebook.pdf
- [12] Moreno, Antonio, «" Mantenimiento Industrial“». Madrid: EPSA-UC,2010
- [13] F. Espinoza, Facultad de Ingeniería. Universidad de TALCA. [En línea]. Disponible en <https://es.scribd.com/document/340866157/13-APUNTES-20SOBRE-20COSTOSMANTENIMIENTO>. [Accedido: 15- May-2018].
- [14] Real Academia Española (RAE), «Recursos - Diccionarios,» [En línea]. Available: <http://www.rae.es/recursos/diccionarios>. [Último acceso: 15 Junio 2018].
- [15] L. Cuatercasas, «"Total Productive“», Barcelona: Ediciones Gestión ,2000.
- [16] Fluor Global Services, Estudio de Benchmarking, NA, AP, EU, 1996.
- [17] O. Vásquez, Ingeniería de Métodos, Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2012
- [18] AC-SDC-GAM-PEMEX (Petróleos Mexicanos), «Guía de aprendizaje: Metodología de análisis de Criticidad (AC),» Producción 202-64000-GMA-212-0001, Villahermosa, Tabasco, 2007.
- [19] A. Parra y A. Crespo, «"Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la gestión de activos“». Sevilla: Escuela técnica superior de ingenieros industriales,2012.
- [20] A. Cejalvo Lapeña, «NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores",» Madrid, 1999.
- [21] Automotive Industry Action Group. (AIAG), «Manual de Análisis de modo efecto de fallas potenciales, »ISBN: 978-1-60534-136-1, 2008. }
- [22] A. Beltrán y H. Cueva, Evaluación privada de proyectos, Lima: Universidad del Pacífico, 2007.
- [23] W. Hamilton y A. Pezo Paredes, Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados, Colombia: Edición del Convenio Andrés Bello, 2005.
- [24] W. Ketelhöhn, N. J. Marín y E. Montiel, Análisis de inversiones estratégicas, Colombia: Editorial Norma S.A., 2005.

VII. Anexos

Anexo 1. Registro de fallas y averías durante el periodo 2018

Fecha	Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
Enero	3/01/2018	Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80	
	5/01/2018	Gravimétrica 1	recalentamiento del motor	85	110	88
		Zaranda vaivén	Desgaste de rodamientos	75	70	30
	9/05/2018	Elevador de cangilones 3	Ruptura de la cadena	90	60	35
	11/01/2018	Gravimétrica 1	recalentamiento del motor	85	110	88
		Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		
	13/01/2018	Clasificadora	desajuste de engranaje del motor	100	70	20
		Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	75		
	19/01/2018	Elevador de cangilones 1	Desalineación de los cangilones	70	60	
	25/01/2018	Molino de martillos 2	Desgaste de eje	75	70	40
		Elevador de cangilones 4	Atasco de piedras en rodillos	75		
	30/01/2018	Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80	
Clasificadora		vibraciones muy encima de lo	120	70		

			normal			
Febrero	2/02/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40
	5/02/2018	Elevador de cangilones 3	Atascamiento de la puerta	75		
	7/02/2018	Gravimétrica 2	Desgaste de rodamientos	75	70	30
		Zaranda vaivén	Atasco de piedras en mallas	75		
	14/02/2018	vibradora	Atasco de piedras en mallas	75		
		Molino de martillos 1	Fajas rotas	90	70	35
	20/02/2018	Gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	75	70	30
		Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		
	22/02/2018	vibradora	Atasco de piedras en mallas	75		
	27/02/2018	Molino de martillos 2	Lubricación de los rodamientos	40	50	30

Fec ha	Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
Mar zo	1/03/2018	Elevador de cangilones 2	Atascamiento de la puerta	75		
	3/03/2018	elevador de cangilones 4	Atasco de piedras en rodillos	90		
	5/03/2018	Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80	
	6/03/2018	gravimétrica 1	recalentamiento del motor	85	110	88
	10/03/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de eje	75	70	40
	13/03/2018	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
	16/03/2018	vibradora	Atasco de piedras en mallas	75		
	19/03/2018	Gravimétrica 1	Faja rota	90	70	35
	21/03/2018	Molino de martillos 2	Desgaste de eje	75	70	40
	28/03/2018	Clasificadora	Desjuste de engranaje del motor	100		20
	30/03/2018	Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	75		
Abr il	5/04/2018	Gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	80	70	30
		Elevador de cangilones 1	Atasco de piedras en rodillos	70		
	10/04/2018	Zaranda Vaivén	Fajas rotas	115	70	35
		Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	75		
		Elevador de cangilones 2	Atasco de piedras en rodillos	75		
18/04/2018	vibradora	Atasco de piedras en mallas	75			

18	Elevador de cangilones 4	recalentamiento del motor	85	110	88
23/04/20 18	Molino de martillos 1	Desgaste de eje	75	70	40
	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
25/04/20 18	Elevador de cangilones 1	Atasco de piedras en mallas	75		
	Clasificadora	Desgaste de engranaje de motor	100	70	20
27/04/20 18	Molino de martillos 2	Lubricación de los rodamientos	40	50	30

Fec ha	Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
Ma yo	2/05/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40
		Elevador de cangilones 1	Atasco de piedras en rodillos	70		
	7/05/2018	Gravimétrica 1	Recalentamiento del motor	85	110	88
		Zaranda vaivén	Fajas rotas	90	70	35
		Elevador de cangilones 3	Atasco de piedras en mallas	80		
	22/05/2018	Clasificadora	Vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
		Gravimétrica 1	recalentamineto del motor	85	110	
	25/05/2018	Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80	
		elevador de cangilones 2	Ruptura de la cadena	90	60	35
		Gravimétrica 1	recalentamineto del motor	80	110	88
29/05/2018	Molino de martillos 2	poleas desbalanceadas	70	80		
Jun io	1/06/2018	Gravimétrica 1	Desgaste del rodaje	75	70	35
		Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
	6/06/2018	Elevador de cangilones 2	Atasco de piedras en mayas	90		
		Molino de martillos 1	Lubricación de los rodamientos	40	50	30
	9/06/2018	Molino de martillos 2	Desgaste de las cribas	75	70	40
		Elevador de cangilones 3	Ruptura de la cadena	90	60	35
	13/06/2018	Gravimétrica 1	Desgaste del rodaje	75	70	35
	15/06/2018	Zaranda pre limpia	Fajas rotas	90	70	35
Molino de martillos 2		poleas desbalanceadas	70	80	35	

18/06/20 18	elevador de cangilones 2	Atasco de piedras en rodillos	75		
23/06/20 18	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
27/06/20 18	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	85	110	88
	Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		

Fecha	Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
Julio	3/07/2018	Elevador de cangilones 1	Desalienación de los cangilones	70	60	
	7/07/2018	vibradora	vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
		Gravimétrica 2	Desgaste de rodamientos	75	70	30
	10/07/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40
		Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mayas	75		
	12/07/2018	Elevador de cangilones 2	Atasco de piedras en rodillos	75		
		elevador de cangilones 4	Desalineación de los cangilones	70	60	
	16/07/2018	Molino de martillos 1	desgaste de cribas	75	70	40
		Gravimétrica 1	desgaste de rodaje	75	70	35
	20/07/2018	Molino de martillos 2	recalentamiento del motor	80	110	
	23/07/2018	Clasificadora	vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
	27/07/2018	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
		Elevador de cangilones 4	Atasco de piedras en rodillos	75		
30/07/2018	Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80		
	2/08/2018	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	80	110	88
	4/08/2018	Elevador de cangilones 3	Atascamiento de la puerta	75		
		Gravimétrica 2	Desgaste de rodamientos	75	70	30
	8/08/2018	Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		

Agosto	8	vibradora	Atasco de piedra en mallas	75		
	10/08/2018	Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	75		
	15/08/2018	Molino de martillos 2	Recalentamiento del motor	80	110	88
	23/08/2018	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
	25/08/2018	elevador de cangilones 4	Ruptura de la cadena	90	60	35
		Molino de martillos 2	Desgaste de eje	75	70	40
	29/08/2018	Gravimétrica 1	Faja rota	90	70	35

Fecha	Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
Septiembre	3/09/2018	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	80	110	88
	5/09/2018	Gravimétrica 2	desgaste de rodaje	75	70	35
	8/09/2018	vibradora	vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
		elevador de cangilones 4	Ruptura de la cadena	90	60	35
	13/09/2018	Zaranda vaivén	Atasco de piedras en mallas	90		
	17/09/2018	gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	75	70	30
		Molino de martillos 1	poleas desbalanceadas	70	80	
	19/09/2018	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
	21/09/2018	vibradora	Atasco de piedra en mallas	75		
	25/09/2018	Molino de martillos 2	desgaste de cribas	75	70	40
	27/09/2018	Zaranda pre limpia	desajuste de tornillos	70		
	28/09/2018	Elevador de cangilones 4	Desalineación de los cangilones	70	60	
	29/09/2018	vibradora	vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
1/10/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70		
	Zaranda pre limpia	Fajas rotas	90	70	35	
	3/10/2018	Gravimétrica 1	Desgaste del rodaje	75	70	35
	5/10/2018	Molino de martillos 2	poleas desbalanceadas	70	70	

Octubre	8					
	9/10/2018	Clasificadora	desajuste de engranaje del motor	100	70	20
		Gravimétrica 2	recalentamiento del motor	85	110	88
	12/10/2018	Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	75		
	13/10/2018	Elevador de cangilones 4	recalentamiento del motor	85	110	88
	16/10/2018	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	85	110	88
		Clasificadora	vibraciones muy encima de lo normal	120		
	18/10/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40
	19/10/2018	Elevador de cangilones 3	Atascamiento de la puerta	75		
	22/10/2018	Gravimétrica 2	Desgaste de rodamientos	75	70	30
		Elevador de cangilones 2	Ruptura de la cadena	90		35
	25/10/2018	Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		
	27/10/2018	vibradora	vibraciones muy encima de lo normal	120	70	
		gravimétrica 1	Desgaste del rodaje	75	70	35

Fechas	Máquinas	Avería	Tiempo paradas (min)	Costo por mano de obra	Costo de repuestos
1/11/2018	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	85	110	88
	Clasificadora	desgaste de engranaje de motor	100	70	20
3/11/2018	Molino de martillos 2	poleas desbalanceadas	70	80	
	Molino de martillos 1	Lubricación de los rodamientos	40	50	30
5/11/2018	Elevador de cangilones 1	Atasco de piedras en rodillos	75		
8/11/2018	Gravimétrica 1	Faja rota	90	70	35
9/11/2018	Zaranda vaivén	Atasco de piedras en mallas	90		
12/11/2018	Elevador de cangilones 3	Atasco de piedras en mallas	90		
	Molino de martillos 1	Lubricación de los rodamientos	40	50	30
15/11/2018	Gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	75	70	30
20/11/2018	Zaranda vaivén	Fajas rotas	90	70	35
	Elevador de cangilones 3	Atascamiento de la puerta	75		
21/11/2018	Gravimétrica 1	Desgaste de rodamientos	75	70	30
23/11/2018	Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		
24/11/2018	Clasificadora	vibraciones muy encima de lo normal	120	80	
	Zaranda pre limpia	atasco de piedras en mallas	75		
26/11/2018	Elevador de cangilones 1	Desalineación de los cangilones	70	60	

28/11/2018	Molino de martillos 2	poleas desbalanceadas	70	80	
30/11/2018	Elevador de cangilones 4	recalentamiento del motor	85	110	88
3/12/2018	Molino de martillos 1	desgaste de eje	75	70	40
	Clasificadora	desgaste de engranaje del motor	100	7	20
4/12/2018	Molino de martillos 1	recalentamiento del motor	85	110	88
	Elevador de cangilones 3	Desalineación de los cangilones	70		
6/12/2018	Gravimétrica 2	recalentamiento del motor	80	110	88
8/12/2018	Zaranda vaivén	desajuste de tornillos	70		
	Zaranda pre limpia	Atasco de piedras en mallas	90		
10/12/2018	Molino de martillos 2	Desgaste de las cribas	75	70	40
12/12/2018	Zaranda pre limpia	Faja rota	90	70	35
	elevador de cangilones 4	Ruptura de la cadena	90		35
13/12/2018	Molino de martillos 2	Desgaste de eje	75	70	40

15/12/2018	Gravimétrica 1	Faja rota	90	70	35
17/12/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40
19/12/2018	Gravimétrica 2	Recalentamiento del motor	85	110	88
21/12/2018	Molino de martillos 1	Lubricación de los rodamientos	40	50	30
	Zaranda vaivén	Desajuste de tornillos	70		
27/12/2018	Elevador de cangilones 1	Atasco de piedras en mallas	75		
	vibradora	vibraciones muy encima de lo normal	120		
28/12/2018	Molino de martillos 1	Desgaste de las cribas	75	70	40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Pérdidas monetarias mensuales en la empresa de alimentos balanceados Granel S.A

Cuadro 10. Pérdidas monetarias mensuales en la empresa de alimentos balanceados Granel S.A de C.V

Producto	Cantidad TM	% de Mermas	Mermas TM	Precio U. \$	Valor monetario \$.
Maíz	9572.69	0.61	58.01	242.64	14,074.63
Soya	4892.16	0.57	28.11	573.64	16,127.71
Grano destilado	1589.61	0.42	6.67	361.10	2,410.26
Gluten	356.35	0.18	0.63	933.12	583.39
Total	16,410.81		93.42		33,195.99

Fuente: Granel S.A.

Anexo 3. Fuerza de control de longitud de las cadenas de rodillos según la Norma ISO 606

Denominación ISO	paso		Fuerza para control de longitud N		
	Mm	pulgada	Simple hilera	Doble hileras	Triple hileras
05B	8		50	100	150
06B	9,525	3/8	70	140	210
08A	12,7	1/2	120	250	370
08B	12,7	1/2	120	250	370
081	12,7	1/2	125	-	-
083	12,7	1/2	125	-	-
084	12,7	1/2	125	-	-
085	12,7	1/2	125	-	-
10A	15,875	5/8	200	390	590
10B	15,875	5/8	200	390	590
12A	19,05	3/4	280	560	840
12B	19,05	3/4	280	560	840
16A	25,4	1	500	1000	1490

Fuente: ISO 606.

Anexo 4. Dimensiones de las cadenas de rodillos según la Norma ISO 606

Denominación ISO	paso		Diámetro de rodillo mm	Ancho interior mm	Paso transversal mm	Diámetro de pasador mm	Altura de la placa interior mm	Área resistiva mm ²	Masa lineal kg/m
	mm	pulgada							
05B	8		5	3	5,64	2,31	7,11	11	0,18
06B	9,525	3/8	6,35	5,72	10,24	3,28	8,26	28	0,41
08A	12,7	1/2	7,92	7,85	14,38	3,98	12,07	44	0,60
08B	12,7	1/2	8,51	7,75	13,92	4,45	11,81	50	0,70
081	12,7	1/2	7,75	3,3	-	3,66	9,91	21	0,28
083	12,7	1/2	7,75	4,88	-	4,09	10,3	29 ^B	0,44 ^B
084	12,7	1/2	7,75	4,88	-	4,09	11,15	36 ^A	0,59 ^A
085	12,7	1/2	7,77	6,25	-	3,58	9,91	-	-
10A	15,875	5/8	10,16	9,4	18,11	5,09	15,09	70	1,00
10B	15,875	5/8	10,16	9,65	16,59	5,08	14,73	67	0,95
12A	19,05	3/4	11,91	12,57	22,78	5,96	18,08	105	1,50
12B	19,05	3/4	12,07	11,68	19,46	5,72	16,13	89	1,25
16A	25,4	1	15,88	15,75	29,29	7,94	24,13	178	2,60

Fuente: ISO 606.

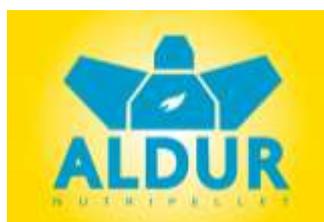
Anexo 5. Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo



Sistema de Gestión de
Mantenimiento Preventivo

CODIGO: SGMP – 001
VERSIÓN: 01
Pág. 1 de 1

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo



Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	(Nombre) (Fecha)	(Nombre) (Fecha)

	Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 2 de 22
---	---	---

INTRODUCCION

Este documento tiene como finalidad establecer los lineamientos necesarios para cumplir con las actividades de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa Molino's Aldur S.A.C. el cual debe tener como resultado el uso eficiente de las máquinas existentes de manera que se logre cumplir con los objetivos de producción.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 3 de 22
---	---	---

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Mantenimiento Preventivo: son aquellas actividades programadas para las máquinas que permiten reducir los costos, continuar su operación eficiente y segura, con el fin de lograr prevenir las fallas y paros indeseados.

Mantenimiento Correctivo: son aquellas actividades no planificadas que son aplicadas debido a una falla imprevista.

Normativa: son un conjunto de reglas y/o normas que se deben aplicar a actividades de mantenimiento.

Fallo: Situación que se presenta en las máquinas sin interrumpir su operación en la producción

Avería: Es el resultado de un fallo, esta situación presenta interrupciones en el funcionamiento de las máquinas.

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 4 de 22</p>
---	---	--

1. ALCANCE

El presente documento tiene como finalidad describir el sistema de gestión de mantenimiento, su política y normativas en la empresa Molino´s Aldur S.A.C

2. APLICACIÓN

Se aplica al proyecto de investigación en la empresa Molino´s Aldur S.A.C

3. DOCUMENTO DE REFERENCIA:

- Norma ISO 9001-2015: “Sistema de gestión de la Calidad” requisitos.
- Ley 29783, Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo.

4. POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

“Lograr la excelencia empresarial mediante el proceso de brindar y conservar la eficiencia más elevada en la implementación y aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Molino´s Aldur S.A.C., para incrementar a niveles óptimos la disponibilidad y confiabilidad de sus máquinas; ofrecer mejores condiciones laborales y lograr la mejora continua”.

5. NORMATIVA

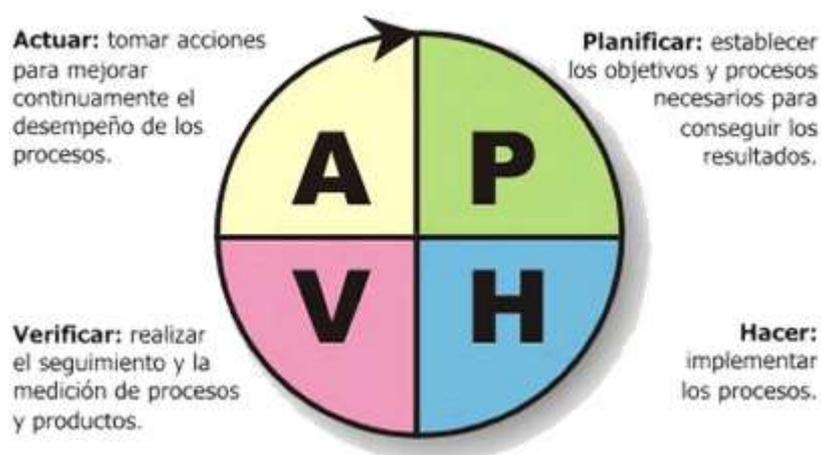
- 5.1. Mantener el área de trabajo señalizada y ordenada.
- 5.2. No usar equipos sin haber sido autorizados.
- 5.3. No se debe retirar señalizaciones de medidas de seguridad personal.
- 5.4. Usar los EPP'S designados y responsabilizarse de los mismos.
- 5.5. El trabajador tiene el derecho de abstenerse de realizar actividades que pongan en riesgo su vida y que no presenten las medidas de seguridad necesarias.
- 5.6. Las actividades de mantenimiento preventivo serán desarrolladas exclusivamente por el personal de mantenimiento, los operarios de producción actuarán solo si la situación lo amerita.
- 5.7. En la ejecución del mantenimiento preventivo, el jefe de mantenimiento debe verificar el avance y cumplimiento de los trabajos realizados.
- 5.8. De presentarse una falla o avería se debe seguir el siguiente proceso:
 - a. El operario debe avisar al jefe de producción sobre el evento ocurrido.
 - b. El jefe de producción debe detener el proceso donde ocurre la falla e inmediatamente avisar al jefe de mantenimiento.
 - c. El jefe de mantenimiento debe realizar un análisis a la máquina reportada.

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 5 de 22</p>
---	---	--

- d. El jefe de mantenimiento generara la Orden de Trabajo (OT) con la solicitud del repuesto.
- e. El personal de mantenimiento debe realizar la actividad designada en la OT.
- f. El jefe de mantenimiento debe aprobar el cumplimiento de la OT y dar por confirmado el funcionamiento de los equipos.
- g. El jefe de mantenimiento debe registrar y documentar la información en el Software MP9, para un posterior análisis.

6. SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO-MOLINO'S ALDUR S.A.C

El sistema de gestión se diseñó de acuerdo a la metodología: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA):



7. OBJETIVOS

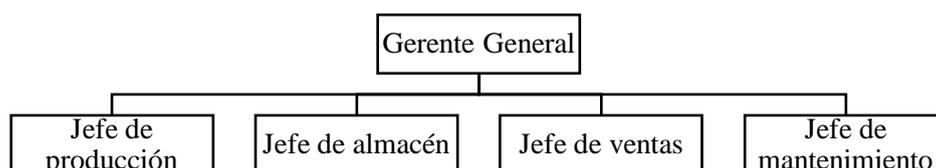
- Lograr optimizar la disponibilidad y confiabilidad de las maquinas mediante el uso adecuado de estrategias de mantenimiento.
- Conservar y mantener los componentes y fomentar la autorrealización del personal de mantenimiento mediante capacitaciones.
- Elaborar procedimientos de actividades de mantenimiento para mejorar su desempeño.
- Cumplir con las actividades establecidas en los planes de mantenimiento.

	<p>Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p>CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 6 de 22</p>
---	---	--

8. PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO



9. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



10. MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES (MOF) DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

	<p>PERFIL DE PUESTO DE TRABAJO JEFE DE MANTENIMIENTO</p>	<p>CODIGO: MJM -001 VERSIÓN: 01 FECHA DE REVISIÓN: 28/06/2020</p>
---	---	---

Identificación del puesto

Grupo Ocupacional	Área	N° de operarios a cargo
Empleado	Mantenimiento	2
Jefe Inmediato	Reporta	
Gerente General	Jefe de Producción	

	<p>Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p>CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 7 de 22</p>
---	---	--

Funciones

- Coordinar con el personal de mantenimiento las actividades preventivas y correctivas a realizar, estimando tiempos aproximados por cada actividad.
- Tener en cuenta directamente un responsable de los pedidos de reparación y su cumplimiento.
- Inspeccionar y aprobar las actividades realizadas.
- Participar en los trabajos que son más complejos en el mantenimiento haciéndose responsable de la calidad de las reparaciones realizadas.
- Revisar y autorizar las órdenes de pedidos de repuestos.
- Reportar las tareas diariamente de mantenimiento correctivo y preventivo realizadas en los registros de control e introducirlas en un Excel.
- Realizar reportes de los indicadores de gestión de mantenimiento de manera periódica.
- Reportar por semana el estado actual de sus herramientas y la conformidad de la cantidad en el formato de inventario.
- En caso de no estar presente, será sustituido por el mecánico de mantenimiento.
- Nota: Las actividades establecidas en el área de trabajo son enunciativas más no limitadas

	<p>PERFIL DE PUESTO DE TRABAJO MECÁNICO DE MANTENIMIENTO</p>	<p>CODIGO: MJM -001 VERSIÓN: 01 FECHA DE REVISIÓN: 28/06/2020</p>
---	---	---

Identificación del puesto

Grupo Ocupacional	Área	N° de operarios a cargo
Empleado	Mantenimiento	Ninguno
Jefe Inmediato	Reporta	
Jefe de mantenimiento	Operario	

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 8 de 22</p>
---	---	--

Funciones:

- Realizar el mantenimiento preventivo y/o correctivo de las máquinas pertenecientes a los equipos de producción.
- Prever posibles fallas y averías y reportarlas con el Jefe de Mantenimiento.
- Realizar la limpieza superficial diaria de las máquinas.
- Lubricar las máquinas según planificación de mantenimiento.
- Desmontar los componentes de las máquinas para realizar la limpieza respectiva, seguir la frecuencia estipulada en los planes de mantenimiento.
- Revisar los niveles de aceite y otros insumos indispensables para el funcionamiento de los motores de los equipos.
- Tener parte en las tareas de limpieza y mantenimiento de la infraestructura de la instalación.
- Con autorización del jefe inmediato, elaborar informes sobre el estado de las máquinas y averías.
- Registrar en las hojas de control todas las actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se realiza los equipos.
- Informe por semana la condición y la cantidad de sus herramientas para garantizar el cumplimiento del inventario.
- Sea responsable de su caja de herramientas y de las que retire del almacenamiento.
- Ayuda con otras tareas requeridas por el gerente de mantenimiento.

En caso de ausencia será reemplazado por: Otro Mecánico

Nota: Las actividades establecidas en el área de trabajo son enunciativas más no limitadas

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 9 de 22</p>
---	---	--

	<p style="text-align: center;">PERFIL DE PUESTO DE TRABAJO ELECTRICISTA INDUSTRIAL</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: MJM -001 VERSIÓN: 01 FECHA DE REVISIÓN: 28/06/2020</p>
---	---	---

Identificación del puesto

Grupo Ocupacional	Área	N° de operarios a cargo
Empleado	Mantenimiento	Ninguno
Jefe Inmediato	Reporta	
Jefe de mantenimiento	Operario	

Funciones:

- Diagnosticar y reparar los problemas eléctricos dentro de los equipos industriales.
- Determinar el amperaje eléctrico que ameritan los motores existentes.
- Repara contactores y pulsadores y sugerir el cambio de los mismos si es necesario.
- Tener parte en las tareas de limpieza y mantenimiento de la infraestructura de la instalación.
- Registrar en las hojas de control todas las actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se realiza los equipos.
- Elaborar reportes de diagnóstico de averías, lista de repuestos y otros requerimientos como herramientas e instrumentos son indispensables para el mantenimiento oportuno de la máquina.
- Pedir formalmente, a través de un pedido de compras, las herramientas, insumos y otros materiales, y asegurarse de mantenerlos en el almacén.
- Informe por semana la condición y la cantidad de sus herramientas para garantizar el cumplimiento del inventario.
- Elaborar informes de diagnóstico de fallas, listas de piezas y otros requisitos como herramientas, instrumentos, etc.
- Apoyo en otras tareas requeridas por el cuidador.
- Si es necesario, ayuda en el uso de máquinas de fábrica.
- Seguir los procedimientos integrales de seguridad establecidos por la empresa.

El personal será reemplazado por otro electricista industrial en caso de ausencia.

Nota: Las actividades establecidas en el área de trabajo son enunciativas más no limitadas

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 10 de 22</p>
---	---	---

11. PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

11.1. Objetivo

Mantener el funcionamiento eficiente de las máquinas de tal forma que asegure una mayor confiabilidad y disponibilidad.

11.2. Alcance

Aplicable a todas las máquinas pertenecientes a la línea de producción de la empresa Molino's Aldur S.A.C.

11.3. Política de operaciones

El área de mantenimiento tiene el deber de mantener a los equipos en condiciones óptimas para ofrecer seguridad a sus operarios y una calidad de los productos.

12. ACTIVIDADES DEL SISTEMA

Son las actividades asignadas en el plan de mantenimiento de las máquinas (ver anexo 1, del sistema de gestión)

13. LANZAMIENTO O IMPLEMENTACIÓN

13.1. Comunicación interna y capacitación

Consiste en dar a conocer conocimientos a los operarios, esto debe incluir la política, los objetivos y actividades para el personal, de manera que se puedan cumplir de manera óptima.

13.2. Documentación

El directorio de la empresa se encarga de revisar y aprobar los documentos establecidos para posteriormente ser emitidos.

13.3. Control operacional

Se lleva a cabo para verificar y dar un seguimiento del cumplimiento de las actividades establecidas en los procedimientos.

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 11 de 22</p>
---	---	---

14. VERIFICACIÓN

Se realizará un seguimiento al desempeño del sistema con indicadores como:

$$\text{Indice de cumplimiento de trabajo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de O.T. acabadas en la fecha planificada}}{\text{N}^\circ \text{ de O.T. totales}}$$

$$\text{Tiempo medio de resolución de O.T.} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de O.T. resueltas}}{\text{N}^\circ \text{ horas dedicadas a mantenimiento}}$$

$$\text{Disponibilidad.} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de Parada}}{\text{Horas Totales}}$$

15. REGISTROS

Molino´s Aldur S.A.C. deberá actualizar los procedimientos y documentarlos cada cierto periodo de tiempo.

16. AUDITORIA

Molino´s Aldur S.A.C. debe garantizar y asignar a personal competente para llevar a cabo la auditoria interna, de acuerdo a los resultados obtenidos realizar un análisis si la gestión del sistema es capaz de lograr los objetivos establecidos.

17. CONTROL DE CAMBIOS

Consiste en cambios que se realizan a los documentos y mantienen la forma:

Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	Nombre, fecha	Nombre, fecha

	Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 12 de 22
---	---	---

18. ANEXOS

Anexo 1. Determinación del tiempo total de mantenimiento preventivo

Máquina	Componente	Descripción de actividad	Tiempo requerido (h)	N° intervenciones	Tiempo anual (h)
Molino Martillo 1	Eje del motor	Limpiar y lubricar eje de motor	1	6	6
		Cambiar el eje del motor	1	1	1
	Chumacera	Cambiar rodamientos	1	1	1
		Limpiar y lubricar chumacera	0,5	6	3
	Cadena de transmisión	Limpiar y lubricar cadena de transmisión	0,5	12	6
		Cambiar cadena de transmisión	1	1	1
	Correa de transmisión	Cambiar correa de transmisión	1	2	2
		Cambiar poleas de la correa de transmisión	1	2	2
		Alinear poleas de la correa de transmisión	0.5	6	3
	Estator	Limpiar y barnizar estator	0.5	6	3
		Cambiar el estator	0,5	1	0,5
	Cribas	Limpiar y lubricar cribas	0.5	6	3
		Cambiar cribas	1	1	1
	Molino de Martillos 2	Eje del motor	Limpiar y lubricar eje de motor	0,5	12
Cambiar el eje del motor			1	1	1
Chumacera		Cambiar rodamientos	1	1	1
		Limpiar y lubricar chumacera	1	6	6
Motor		Alinear ejes del motor	0.5	6	3
		Limpiar y lubricar rodamientos del motor	0,5	6	3
Cribas		Limpiar y lubricar cribas	0,5	6	3
		Cambiar cribas	1	1	1
Zaranda pre-limpia	Tornillos	Ajuste tornillos	0.05	24	1,2
		Limpiar y lubricar tornillos	0.3	12	3,6
		Cambiar tornillos	0,4	3	1,2
	Mallas	Limpiar y lubricar mallas	0,5	12	6
	Fajas	Limpiar y lubricar fajas	0.5	12	6
		Cambiar fajas	1	1	1
	Motor	Alinear ejes del motor	0.5	6	3
Limpiar y lubricar rodamientos del motor		0,5	6	3	
Vibradora	Fajas	Limpiar y lubricación de fajas	0.5	12	6
		Cambio de faja	1	1	1
	Estator	Limpiar y barnizar estator	0.5	6	3
		Cambiar el estator	0.5	1	0,5

Fuente: Molino's Aldur S.A.C

Anexo 6. Manual de operaciones y Funciones del Mantenimiento Preventivo



Sistema de Gestión de
Mantenimiento Preventivo

CODIGO: SGMP – 001
VERSIÓN: 01
Pág. 13 de 22

Manual de Mantenimiento Preventivo



Molino's Aldur S.A.C

RUC: 2088050274

Calle Juan Pablo II N° 140 – José Leonardo Ortiz

Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	(Nombre) (Fecha)	(Nombre) (Fecha)

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 14 de 22</p>
---	---	---

Introducción

El presente manual proporciona diferentes directrices necesarias para realizar el mantenimiento de las máquinas de la empresa Molino´s Aldur S.A.C.

I. **Objetivo:**

Planificar, registrar, informar y supervisar las actividades de mantenimiento preventivo, incluyendo:

- Maximizar el cumplimiento de la producción programada.
- Optimizar los indicadores de gestión de mantenimiento.
- Aumentar la vida útil de las máquinas de la empresa.

II. **Alcance:**

Comienza desde la planificación de actividades hasta el cierre de las órdenes de trabajo con la entrega de máquinas operativas.

III. **Terminología:**

Mantenimiento

Inspección

Reparación

IV. **Actividades de conservación de los equipos**

a. **Limpieza**

Es una tarea sencilla, económica y efectiva. Se debe:

- Establecer que limpiar.
- Establecer la frecuencia, de acuerdo al plan.

b. **Lubricación**

Es una tarea sencilla, económica y efectiva. Se debe:

- Establecer que lubricar.
- Establecer la frecuencia, de acuerdo al plan.
- Establecer el tipo de lubricante a usar.

	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 15 de 22</p>
---	---	---

c. Inspección

Es un proceso que consiste en revisar las máquinas antes de su funcionamiento con el fin de que no tenga algún problema, para que pueda funcionar de manera correcta sin ningún tipo de averías. Las formas de inspeccionar son:

- Visual
- Auditiva
- Olfativa
- Sensorial

d. Calibración

Es una actividad que consiste en la aprobación de acuerdo a una calibración estandarizada para la máquina, esto se debe documentar y verificar si se está cumpliendo.

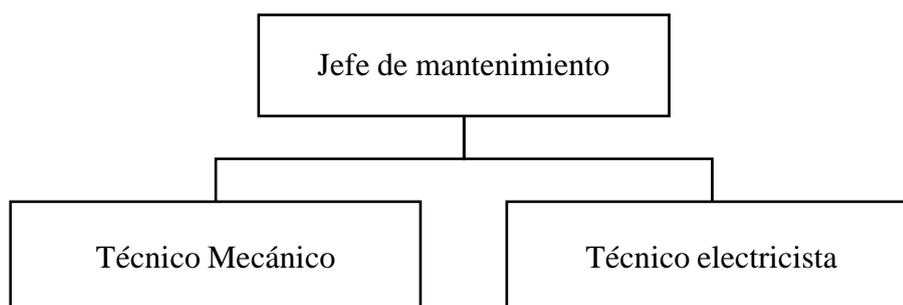
e. Reparación

Es una actividad que consiste en el cambio de materiales averiados de manera inmediata, para que pueda seguir con su funcionamiento de forma óptima.

V. Áreas relacionadas con el área de mantenimiento

- a. **Gerencia:** define la organización y los objetivos.
- b. **Producción:** coordina fechas de trabajo.
- c. **Logística:** planifica y controla el inventario de los materiales
- d. **Recursos humanos:** contrata al personal cualificado en mantenimiento.
- e. **Contabilidad:** planifica los costos emanados para el mantenimiento.

VI. Organigrama para el área de mantenimiento



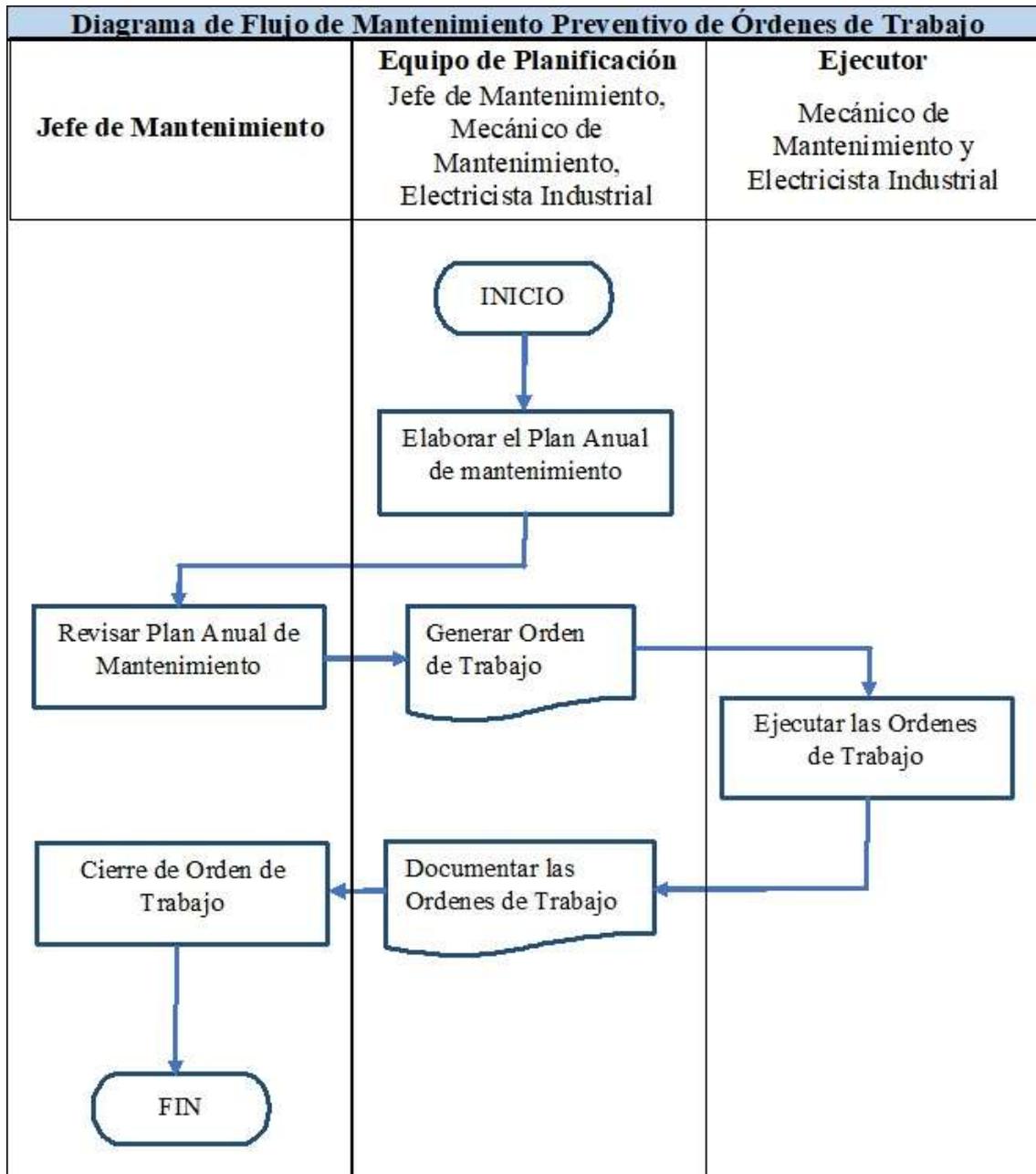
	<p style="text-align: center;">Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p style="text-align: center;">CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 16 de 22</p>
---	---	---

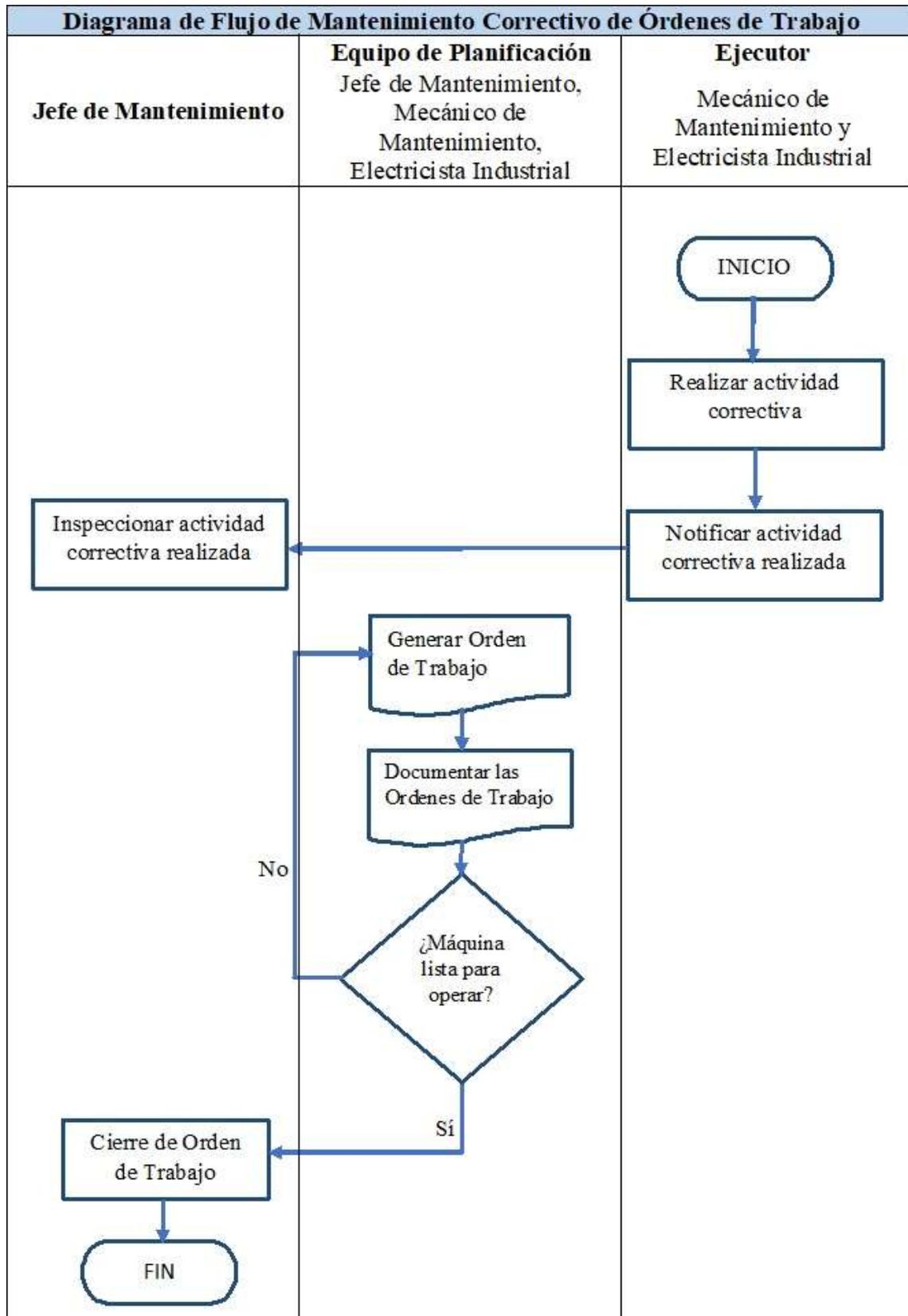
VII. Procedimiento del Mantenimiento Preventivo

- a. Descripción de actividades
- b. Diagrama de flujo de actividades
- c. **Documentos:** orden de trabajo, solicitud de repuestos e informe de mantenimiento.
- d. **Registros:** registro de mantenimiento preventivo y registro de mantenimiento correctivo.

VIII. Control de cambios

Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	[Nombre] [fecha]	[Nombre] [fecha]





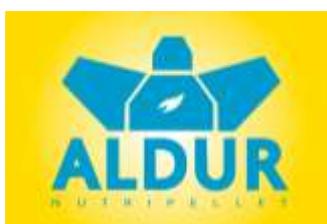
Anexo 7. Procedimiento de cambio de faja, lubricación y limpieza



Sistema de Gestión de
Mantenimiento Preventivo

CODIGO: SGMP – 001
VERSIÓN: 01
Pág. 19 de 22

Procedimiento de cambio de faja, lubricación y limpieza



Molino's Aldur S.A.C

RUC: 2088050274

Calle Juan Pablo II N° 140 – José Leonardo Ortiz

Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	(Nombre) (Fecha)	(Nombre) (Fecha)

	<p>Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p>CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 20 de 22</p>
---	---	---

I. Objetivo y Alcance.

Establecer un procedimiento seguro y práctico para realizar el trabajo de cambio de fajas, lubricación y limpieza de la maquinaria.

Aplicable a jefe de planta, técnico de mantenimiento y operador de Molino´s Aldur S.A.C

II. Riesgos

Potencial	Peligro	Riesgo	Métodos de Control
	Falta de orden y limpieza	Caída al mismo nivel	1. Estándar de Seguridad de "Orden y Limpieza".
	Ascenso/descenso a estructuras/equipos	Caídas a distinto nivel	1. Estándar de Seguridad de "Trabajo en altura".
	Suelo en mal estado/ irregular/ acceso accidentado	Caída al mismo nivel	1. Estándar de Seguridad de "Equipos de protección personal".
	Arranque/energización de equipos	Atrapamiento/ aprisionamiento	1. Uso de sirenas para aviso de arranque. 2. Señalización de uso de sirena para avisar arranque de equipo.
	Inadecuado bloqueo y rotulado	Atrapamiento/ aprisionamiento	1. Estándar de Seguridad de "Bloqueo etiquetado de fuentes de energía".
	Manipulación de herramientas y objetos varios	Golpes por contacto con herramientas y objetos varios	1. Estándar de Seguridad de "Herramientas Manuales". 2. Estándar de Seguridad de "Equipos de protección personal". 3. Verificación del uso obligatorio y correcto del EPP necesario.
	Herramientas en mal estado	Golpes/ cortes/ atrapamiento por contacto con herramientas en mal estado	1. Estándar de Seguridad de "Herramientas Manuales". 2. Estándar de Seguridad de "Equipos de protección personal". 3. Verificación del uso obligatorio y correcto del EPP necesario.
	Postura Inadecuada	Ergonómicos	Capacitación de Ergonomía

III. Equipo de protección personal

Descripción	Símbolo	Señal de Seguridad
Casco de seguridad y barbiquejo elástico.		
Botas de seguridad punta de acero.		
Guantes de seguridad de cuero.		
Protección ocular.		
Arnés de seguridad.		
Candado de bloqueo		
Tarjeta de bloqueo		

	Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 21 de 22
---	---	--

IV. Herramientas y Equipos

- Trapo Industrial
- Llaves
- Cincel
- Alicata
- Martillo
- Engrasadora Manual

V. Procedimiento del Mantenimiento Preventivo

- a. Descripción de actividades
- b. Diagrama de flujo de actividades
- c. Documentos: orden de trabajo, solicitud de repuestos e informe de mantenimiento.
- d. Registros: registro de mantenimiento preventivo y registro de mantenimiento correctivo.

VI. Descripción de actividades

a. Cambio de fajas

- El técnico de mantenimiento completa los cronogramas de trabajo programados para reemplazar la correa del equipo.
- El técnico de mantenimiento está en comunicación verbal con el ingeniero de planta que realice actividades de mantenimiento periódicos.
- El ingeniero de planta da permiso para detener la producción y de comienzo a las actividades mantenimiento.
- Los técnicos de mantenimiento y los operadores de máquinas desactivan las cintas transportadoras y bloquean y etiquetan el equipo apropiado según lo prescrito en los procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Los técnicos de mantenimiento revisan las herramientas que utilizan y se aseguran de que estén en buen estado. Utilice cinturones de seguridad según las normas para actividades en altura.

	<p>Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo</p>	<p>CODIGO: SGMP – 001 VERSIÓN: 01 Pág. 22 de 22</p>
---	---	---

b. Limpieza

- Limpiar la suciedad superficial.
- Colocar una solución limpiadora para eliminar capas de suciedad y bacterias.
- Enjuagar con agua cualquier suciedad adherida o residuos de detergente.
- Realizar desinfección profunda si se requiere en áreas o equipos.

c. Lubricación

- Cierre y bloquee el motor eléctrico de la máquina.
- Eliminar los restos de grasa de impresión y limpiar la suciedad, los residuos y la pintura del tapón de drenaje de grasa. Esto evita que entren objetos extraños en la cavidad grasa.
- Utilice cepillos si es posible. Esto eliminará la grasa endurecida.
- Retire el cepillo y retire la grasa. Añadir grasa dependiendo de las piezas y equipos a lubricar.
- Permita que la máquina opere aproximadamente de 30 a 40 minutos antes de empezar a utilizarla. Esto reduce la oportunidad de que se desarrolle presión en la máquina

VII. Control de cambios

Versión	Elaborado por	Revisado y aprobado por
01	[Nombre] [fecha]	[Nombre] [fecha]

Anexo 8. Costo de Capacitación de RCM

Áreas de Desarrollo Académico

ESTRUCTURA PROGRAMADA

Análisis Causa Raíz y priorización de fallas	35 hrs
Análisis de datos de vida (LDA)	35 hrs
Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (RAM)	35 hrs
Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM)	35 hrs

* Se consideran horas académicas de 50 minutos

Inversión:
Inscripción: PEN\$12,625.00
PEN\$12,625.00

Pago en cuotas:
Dos cuotas de S/ 1313.00

TEMARIO
DESCARGAR AQUÍ >

Medios de Pago:

Agent Offline

Anexo 9. Cotización de la compra y capacitación del software MP10

Molina's Aldur S.A.C
Mónica Acha Elias
3010-JLO
ochamonicafe@gmail.com
966927477

Descripción del producto	Precio
Suscripción anual a MP Básico versión 10 para 1 Usuario(s) con acceso total. <ul style="list-style-type: none"> Pago anual Usuarios técnicos ilimitados Usuarios sólo consulta ilimitados Usuarios para reportar solicitudes ilimitados Incluye soporte técnico gratuito vía teléfono, correo, chat y skype Incluye centro de aprendizaje documentado con videos y diagramas de implementación 	PEN\$750.00
10 horas de asesoría o capacitación en línea <ul style="list-style-type: none"> 10 horas de asesoría o capacitación en línea que puedes agendar como desees en un plazo de un mes (La duración de cada sesión será mínimo de 1 hora y máximo de 5 horas).Temario libre. Las sesiones podrán agendarse de lunes a viernes. De 1 a 10 participantes. Sujeto a disponibilidad. 	PEN\$1,610.00
	SUBTOTAL PEN\$2,360.00
	IVA 18% PEN\$425.00
	TOTAL PEN\$2,785.00

Anexo 10. Cuestionario de Auditoria de Gestión de Mantenimiento

CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE					
MANTENIMIENTO					
Nº	CRITERIO	DES		FAV	
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Aceptable, pero con inconvenientes	Inmediato
		X			
2	¿Hay personal que pueda considerarse 'imprescindible' cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?	Sí, varias personas	Sí, al menos una persona imprescindible.	En algunos casos, sí	No
		X			
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento al mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	No hay personal para m. Programad.	Si el correctivo aumenta, no	Sí, pero si aumenta mucho no	El mantenimiento es independiente
		X			
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	Sí, siempre	En general, sí	En general, no	Nunca
			X		
5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	No	Sí, pero no se cumple	Sí, en casi todos los puestos	Sí, en todos los puestos
		X			
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se	No	No siempre	Casi siempre	Si
			X		
7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Sí, pero la forma no es la adecuada	Mejorable, pero aceptable	Si
		X			
8	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		
9	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		
10	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		
11	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		
12	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		

CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
N°	CRITERIO	DESF			FAV
		0	1	2	3
13	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
			X		
14	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre
					X
15	¿Se respeta la duración de los descansos?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre
				x	
16	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
			X		
17	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
			X		
18	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
			X		
19	¿Los equipos de medida están calibrados?	En general no	No todos	Problemas menores	Si, todos
			x		
20	¿Existe un inventario de herramientas?	No	Si, pero no se ajusta a la realidad	Si, aunque no es exacto	Si
		X			
21	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
				x	
22	¿Está limpio y ordenado su interior?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excedente
		X			
23	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
		X			
24	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
		X			

CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE					
MANTENIMIENTO					
Nº	CRITERIO	DEF			FAV
		0	1	2	3
25	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Los más importante	Sí
		X			
26	¿El plan de mantenimiento se realiza? ¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte, correctivo	Mejorable, pero aceptable	Sí
		X			
27	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
		X			
28	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
		X			
29	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Sí, pero tiene graves defectos	Sí, pero es mejorable	Sí
		X			
30	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo? ¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
			X		
31	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	No	Análisis incompleto	Mejorable, pero aceptable	Sí
		X			
32	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	No	Faltan procedimiento. Importantes	Casi todos	Sí
		X			
33	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en un orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, sí	Siempre
		X			
34	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Sí pero no es válida	Mejorable, pero aceptable	Sí
		X			
35	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Sí	Excelente
		X			
36	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Sí	Excelente
		X			
37	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
		X			
38	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
			X		
39	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
			X		
40	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
			X		

RESUMEN DE RESULTADOS DE MANTENIMIENTO	
<i>Puntos analizados con graves deficiencias</i>	16
<i>Puntos analizados con deficiencias importantes</i>	17
<i>Puntos analizados susceptibles de mejora</i>	7
<i>Puntos analizados con resultado excelente</i>	-
INDICE OBTENIDO DE MANTENIMIENTO	40

Anexo 11. Constancia de Autorización**Carta de Autorización**

Chiclayo, 04 de diciembre del 2018

Escuela de Ingeniería Industrial

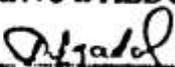
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Presente:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en nombre de la empresa Molino's Aldur S.A.C, con la finalidad de hacer de su conocimiento que la señorita Mónica Magdalena Acha Elías, estudiante de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ha sido admitida para el desarrollo de su proyecto de investigación, el cual puede hacer uso de nuestra información necesaria para el desarrollo de dicha investigación.

Aprovecha la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.

MOLINO'S ALDUR S.A.C.


Clariza Delgado de Delgado
GERENTE

Clariza Delgado de Delgado
Representante legal de Molino's Aldur S.A.C
Cell: 978933910